

А. В. ТЕРЕМОВ, Р. А. ПЕТРОСОВА

Биология

БИОЛОГИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ
И ПРОЦЕССЫ

11
класс



ГУМАНИТАРНЫЙ
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР

ВЛАДОС

А.В. ТЕРЕМОВ, Р.А. ПЕТРОСОВА

Биология

Биологические системы и процессы

11
класс

*Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации
к использованию в образовательном процессе
в общеобразовательных учреждениях*

Гуманитарный
издательский
центр



Москва • 2010

УДК 57(075.3)
ББК 28я721
Т35

Теремов А.В.
Т35 Биология. Биологические системы и процессы : 11 кл. : учеб. для учащихся общеобразоват. учреждений / А.В. Теремов, Р.А. Петросова. — М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2010. — 199 с. : ил.
И. Петросова, Р. А.

Агентство СІР РГБ
ISBN 978-5-691-01846-6

УДК 57(075.3)
ББК 28я721

ISBN 978-5-691-01846-6

© Теремов А.В., Петросова Р.А., 2010
© ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2010
© Оформление. ООО «Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС», 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Как пользоваться учебником	5
Введение	6
Глава 1. Эволюция и ее закономерности	9
§ 1. Эволюция и методы ее изучения	10
§ 2. Синтетическая теория эволюции	18
§ 3. Микроэволюция и ее результаты	23
§ 4. Направления и пути макроэволюции	30
Глава 2. Эволюция органического мира на Земле	35
§ 5. История Земли и методы ее изучения	36
§ 6. Возникновение жизни на Земле и неорганическая эволюция ...	40
§ 7. Начало органической (биологической) эволюции	47
§ 8. Основные этапы эволюции растительного мира	52
§ 9. Основные этапы эволюции животного мира	58
§ 10. Развитие жизни на Земле по эрам и периодам	65
§ 11. Классификация организмов	72
§ 12. Современная система органического мира	77
Глава 3. Человек – биосоциальная система	83
§ 13. Антропология как наука	84
§ 14. Развитие представлений о происхождении человека	89
§ 15. Сходства и различия человека и животных	93
§ 16. Движущие силы (факторы) антропогенеза	100
§ 17. Основные стадии эволюции человека	105
§ 18. Человеческие расы и природные адаптации человека	111
Глава 4. Организмы и окружающая среда	117
§ 19. Экология как наука	118
§ 20. Среды обитания и экологические факторы	124
§ 21. Абиотические факторы	130
§ 22. Биотические факторы	136
§ 23. Экологические характеристики вида и популяции	141

Глава 5. Сообщества и экологические системы	147
§ 24. Сообщества организмов	148
§ 25. Экосистемы и закономерности их существования	154
§ 26. Природные экосистемы	161
§ 27. Антропогенные экосистемы	167
Глава 6. Биосфера и человечество	173
§ 28. Биосфера – глобальная экосистема Земли	174
§ 29. Закономерности существования биосферы	179
§ 30. Человечество в биосфере Земли	185
§ 31. Сосуществование природы и человечества	190
Заключение	198

КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ УЧЕБНИКОМ

В учебник включены сведения по основным надорганизменным биологическим системам: видам, сообществам организмов, экосистемам и биосфере. Рассматриваются механизмы и направления эволюционного процесса, основные этапы исторического развития растительного и животного мира на Земле и современное его биоразнообразие; происхождение человека и закономерности существования биосферы и человечества в современных условиях запредельного мира, а также вопросы необходимости устойчивого развития природы и общества.

Для лучшей ориентировки в учебнике ознакомьтесь с его оглавлением. Это поможет вам быстро найти нужный материал. Кроме того, вверху на каждой странице дано название соответствующей главы. Перед параграфами приведены задания и вопросы, которые помогут вызвать интерес к предлагаемому материалу, желание разобраться в его содержании. При работе с текстом обращайтесь к соответствующим рисункам, схемам и подписям к ним.

В конце каждого параграфа помещены вопросы и задания для закрепления и самопроверки полученных знаний. Основные понятия (требующие запоминания) в тексте выделены курсивом и перечислены после параграфа под значком с изображением кончика заточенного карандаша () , вопросы – вопросительным знаком () , а исследовательские задания – значком с изображением микроскопа () .

Таблицы (в домашних заданиях) перед заполнением перечертите в тетрадь. Проверая усвоение учебного материала, обратите внимание на задания, связанные с проведением наблюдений в природе. При выполнении этих заданий ведите записи в рабочей тетради.

Текст, выделенный двумя треугольниками (►◄) – дополнительный: предназначен для тех, кто проявляет повышенный интерес к изучению биологии. После некоторых параграфов даны дополнительные научные сведения, тоже не обязательные для запоминания, и обозначенные изображением книги () .

Берегите учебник: не вкладывайте в него тетради, не перегибайте его, аккуратно перелистывайте страницы.

ВВЕДЕНИЕ

Вы продолжаете изучение биологических систем и процессов, начатое в 10 классе, когда рассматривались принципы организации и функционирования живого; химический состав, строение эукариотной, прокариотной клеток и вирусов; биологические процессы, обусловленные обменом веществ, превращением энергии и реализацией генетической информации; структурно-функциональная организация растений, животных и человека; процессы роста и воспроизведения клеток, тканей и органов; закономерности наследственности и изменчивости; этапы, методы и достижения селекции; использование биологических процессов в промышленности и медицине. В 11 классе знакомство с биологическими системами и процессами будет продолжено, но только уже на надорганизменном уровне организации живой природы, т.е. на уровне популяций и видов, сообществ, экосистем, биосферы как геологической оболочки, созданной и поддерживаемой деятельностью населяющих нашу планету организмов, в том числе и человека.

Одно из важнейших обобщений биологии — *эволюционная теория*. Она занимает централь-

ное место в системе естественнонаучных знаний, выступает «краеугольным камнем» современной науки о жизни. Основы этой теории были заложены Ч. Дарвином. Согласно им, все организмы, населяющие нашу планету, подвергаются в природных условиях изменчивости, на свете рождается особей больше, чем позволяют ресурсы среды и что это ведет к борьбе за существование между особями, т.е. происходит естественный отбор наиболее приспособленных. Сохраненные отбором особи оставляют потомство, и это обеспечивает существование того или иного вида на протяжении длительного времени. Но так как условия среды различаются между собой, то и приспособления формируются разными, т.е. идет расхождение признаков организмов, ведущее к появлению новых видов – видообразованию.

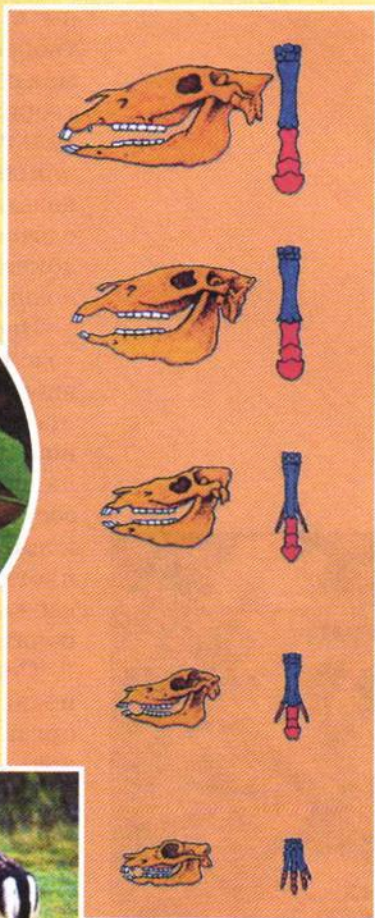
Все разнообразие видов, населяющих нашу планету – есть результат эволюции – процесса исторического развития органического мира. Фундаментальным следствием эволюции является признание того, что все организмы связаны между собой по происхождению, поскольку эволюционировали от общих предков. Данные в пользу эволюции столь внушительны, что ее уже можно признать не столько теорией, сколько доказанным научным фактом. Человек также является результатом эволюции. На ранних этапах его развития действовали те же эволюционные факторы, которые действуют в случае эволюции растений и животных. С появлением разума и становлением общественных отношений биологическая эволюция человека сменилась эволюцией социальной, обусловленной совершенствованием обществ и государств, развитием цивилизаций и культуры.

Биологические, или живые, системы связаны между собой не только происхождением, но

и отношениями, складывающимися в процессе их взаимодействия между собой, с окружающей их неживой природой. Формируя сообщества, организмы вместе с неживой природой образуют экологические системы – биологические системы наивысшего ранга. Являясь результатом исторического развития природы, они характеризуются самовоспроизводством, саморазвитием, устойчивостью и равновесием между образующими их структурными частями и компонентами. Любое нарушение исторически сложившегося равновесия в природе всегда сопровождается нарушением структуры экологических систем и иногда даже их гибелью. В современную эпоху наиболее неблагоприятные воздействия на природу связаны с антропогенными факторами, т.е. с деятельностью человека. В целях устойчивого сосуществования природы и общества возникла планетарной значимости проблема сохранения окружающей среды, рационального природопользования, регулирования отношений между обществом и природой, что особенно важно для будущего человечества, немыслимого без тесной связи с живой природой.

ГЛАВА 1

ЭВОЛЮЦИЯ И ЕЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ



§ 1.

ЭВОЛЮЦИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ

Вспомните, с именами каких ученых связано становление и развитие эволюционной идеи об историческом развитии органического мира на Земле.

Людей всегда поражали «целесообразность» строения организмов. Согласно идеалистическим воззрениям причина этого заключается в акте божественного творения и изначально заложенном Творцом в организмах совершенном плане строения. Материалистические теории считают сложность строения организмов результатом действия существующих в природе эволюционных факторов. С совершенствованием методов исследования природы материалистические представления о строении и развитии организмов получали все больше доказательств. Постепенно оформилась *эволюционная теория* – основа современной биологии.

Эволюционная теория и ее место в биологии. Термин «эволюция» (от лат. *evolutio* – развертывание, развитие) впервые был использован в 1762 г. швейцарским натуралистом Шарлем Бонне для описания всеобщей непрерывной связи живой и неживой природы (рис. 1). Под эволюцией ученый подразумевал постепенное усложнение составных частей природы, переход от неживой материи к живой, от растений к животным, далее к человеку и бесплотным духам, что нашло отражение в предложенной им «лестнице существ». Позднее эволюцией стали обозначать процесс исторического развития живой природы.

Основной задачей эволюционной теории является познание причин и общих закономерностей развития органического мира. Идеи эволюции позволяют составить научную картину мира, предположить этапы развития живой природы на Земле. Сущность и возникновение жизни – вечные проблемы, которые не ограничиваются только рамками биологии, а рассматриваются всеми естественными науками.

В биологии эволюционная теория занимает особое место. Пройдя сложный путь развития от идеи трансформизма Ж. Бюффона, теорий Ж.Б. Ламарка и Ч. Дарвина до современных научных представлений о возникнове-



Рис. 1. Шарль Бонне
(1720–1793)

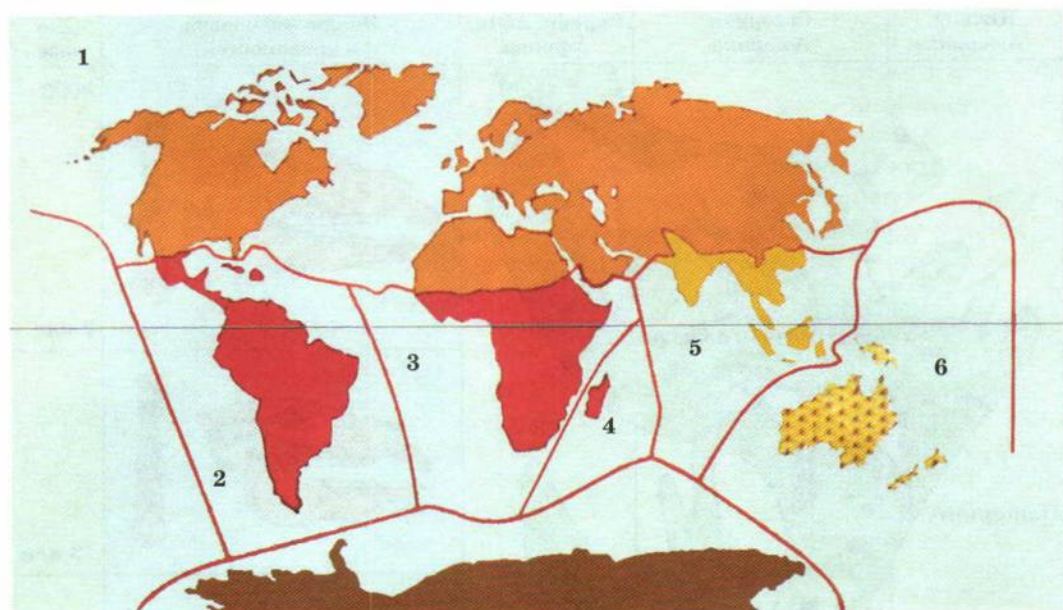


Рис. 3. Биogeографические области Земли: 1 – Голарктическая; 2 – Неотропическая; 3 – Эфиопская; 4 – Мадагаскарская; 5 – Индо-Малайская; 6 – Австралийская

нии жизни, появлении приспособлений у организмов и видообразовании, эволюционная теория основывается на многочисленных данных, полученных различными методами исследования исторического развития органического мира на Земле.

Палеонтологические методы. Палеонтология изучает ископаемые организмы. К основным палеонтологическим методам изучения эволюции относят исследование переходных форм организмов и восстановление филогенетических рядов.

Переходные формы сочетают в себе признаки как древних, так и молодых систематических групп организмов. Их исследование позволяет восстановить историческое развитие организмов. *Филогенетические ряды* составляют из ископаемых форм, связанных эволюционным происхождением. Они отражают ход филогенеза, т.е. исторического развития того или иного вида. Так, отечественный ученый-палеонтолог Владимир Онуфриевич Ковалевский воссоздал филогенетический ряд семейства Лошадиные (рис. 2). Согласно ему,

предки современных лошадей обитали в лесах, имели небольшие размеры тела, четырехпалые конечности и однотипные зубы. В ходе эволюции увеличились размеры тела, конечности постепенно стали однопалыми, видоизменились зубы. Лошади перешли к жизни на открытых пространствах степей, приспособились к бегу и питанию грубой растительной пищей.

Биогеографические методы. Биогеография изучает закономерности распространения видов организмов на планете. Так, сравнение фаун и флор разных континентов позволяет выделить биогеографические области Земли (рис. 3). Для каждой области характерны определенные *виды-эндемики* (от греч. *endemos* – местный), не встречающиеся в других областях. Степень сходства и различий между видовыми составами разных биогеографических областей Земли объясняется историей формирования материков и временем их изоляции. Так, согласно теории дрейфа континентов значительное сходство фауны и флоры Евразии и Северной Америки обусловлено долгой связью между ними через сухопутный мост – Берингию. Своеобразие и уникальность фауны и флоры Австралийской области свидетельствует о раннем обособлении Австралии от материка Гондваны, образовавшейся в результате разделения древнего суперконтинента Пангеи.

О животном и растительном мире прошлых эпох свидетельствуют также *реликты* – виды животных и растений с примитивными признаками, сохранившимися от вымерших групп (рис. 4).

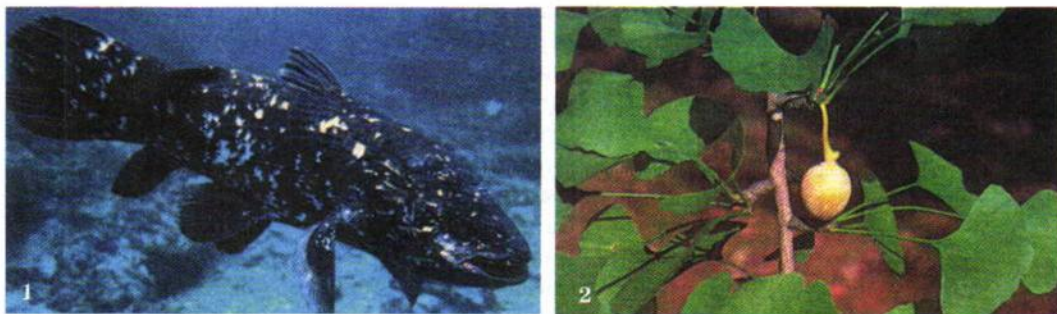


Рис. 4. Виды-реликты: 1 – латимерия – кистеперая рыба; 2 – гинкго двулопастной – примитивное растение из голосеменных

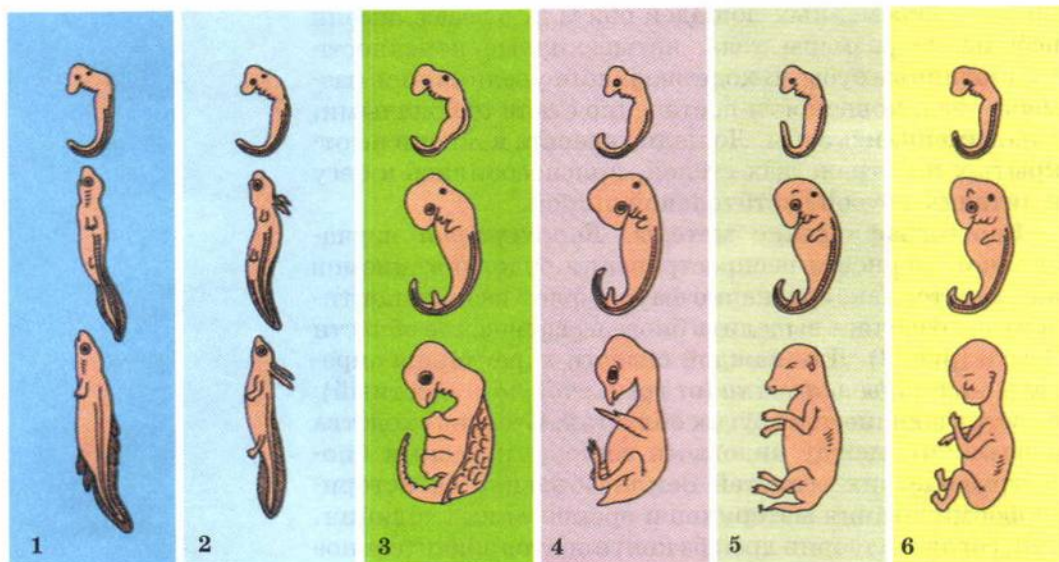


Рис. 5. Зародыши разных классов позвоночных животных: 1 — костные рыбы (треска); 2 — земноводные (саламандра); 3 — пресмыкающиеся (черепаха); 4 — птицы (голубь); 5, 6 — млекопитающие (крыса и человек)

Эмбриологические методы. В первой половине XIX в., изучая эмбриональное развитие различных позвоночных животных, отечественный ученый Карл Максимович Бэр установил закон *зародышевого сходства*. Этот закон гласит, что на ранних стадиях зародышевого развития организмы сходны с соответствующими стадиями развития предковых и родственных форм. Так, признаки типа образуются у зародышей, например, хордовых, раньше, чем специальные признаки классов (рис. 5). На первой стадии все зародыши имеют жаберные щели, хорду и двухкамерное сердце. На второй стадии появляются особенности, характерные для каждого класса, и лишь на третьей стадии формируются признаки отрядов, родов и видов.

Эмбриологические методы изучения эволюции позволили установить связи между индивидуальным развитием организмов — онтогенезом и историческим развитием систематических групп — филогенезом. Так, в середине XIX в. немецкий ученый Фриц Мюллер, проведя ряд наблюдений за развитием ракообразных, предположил, что их предки могли быть похожи на ли-

чинок современных форм. Позднее другой немецкий биолог – Эрнст Геккель – на основании открытий, сделанных Мюллером, составил первое филогенетическое древо животного мира и сформулировал биогенетический закон: онтогенез особи есть краткое и быстрое повторение ее филогенеза.

Согласно биогенетическому закону Геккеля–Мюллера в индивидуальном развитии любого вида на ранних стадиях обнаруживаются черты древних предковых форм, а на более поздних стадиях – эволюционно молодые. Например, головастик лягушки повторяет стадию рыб в развитии земноводных, а гусеница бабочки – червеобразную стадию предков насекомых.

Сравнительно-анатомические и морфологические методы. Эти методы основаны на принципе «чем ближе родство, тем больше сходство». Например, общий план строения всех позвоночных животных обнаруживает наличие у них двусторонней симметрии тела, осевого скелета, трубчатой нервной системы и т.п. Доказательства эволюции можно получить, изучая гомологичные, аналогичные, рудиментарные органы и атавизмы у организмов.

Гомологичные органы (от греч. *homologia* – согласие) имеют сходный план строения, развиваются из одинаковых зародышевых зачатков, выполняют у организмов как сходные, так и различные функции. Примером гомологичных органов служат конечности представителей различных отрядов млекопитающих, развившихся в процессе эволюции из одинаковых зародышевых зачатков и приспособленных к выполнению различных функций (рис. 6).

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ

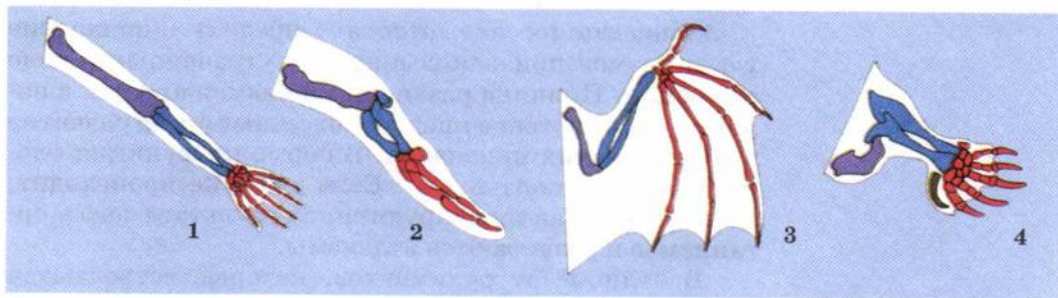
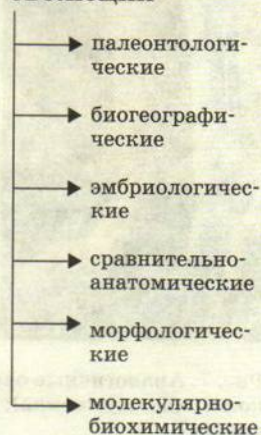


Рис. 6. Гомологичные органы: 1 – рука человека; 2 – ласт кита; 3 – крыло летучей мыши; 4 – роющая конечность крота

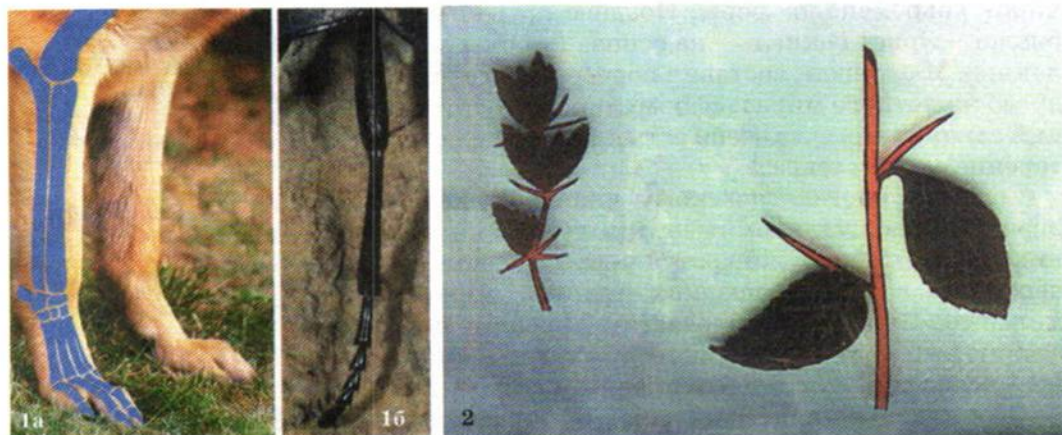


Рис. 7. Аналогичные органы: 1 – бегательные конечности млекопитающего (а – собака) и насекомого (б – жука); 2 – колючки барбариса (листья, слева) и колючки боярышника (побеги, справа)

Аналогичные органы (от греч. *analogia* – подобие) выполняют одинаковые функции, но не имеют единого плана строения и развиваются из разных зародышевых зачатков. Так, органы защиты от поедания – колючки барбариса являются видоизмененными листьями, а аналогичные им колючки боярышника – видоизмененными побегами (рис. 7).

Рудиментарные органы (от лат. *rudimentum* – зачаток) утратили в процессе эволюции свое первоначальное значение. Они закладываются в период эмбрионального развития, но полностью не развиваются. Например, рудименты тазовых костей в скелете кита (рис. 8) подтверждают факт происхождения этого животного от предков с конечностями.

Атавизмы (от лат. *atavus* – предок) – появление у организмов признаков предков, утраченных в ходе эволюции. Причина развития атавизмов кроется в наличии у особей генов предков, отвечающих за развитие атавистических признаков. В норме их функции блокируют гены-подавители. Если этого не происходит, гены предков активизируются, в результате чего у организмов и развиваются атавизмы.

В отличие от рудиментов, которые встречаются у всех особей какого-либо вида, атавизмы появляются только у единичных его представителей.

► **Молекулярно-биохимические методы.** Молекулярный анализ клеток различных организмов показал, что все они имеют сходный химический состав. В них встречаются одни и те же органические вещества – белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты. В состав белков тел организмов входят 20 обязательных аминокислот. У представителей разных систематических групп встречаются сходные по строению и составу белки. Так, белки-ферменты дыхательной цепи митохондрий одинаковы у бактерий, грибов, растений и животных. Универсальность генетического кода также доказывает эволюционное родство организмов, существующих на Земле.

Молекулярно-биохимические методы изучения эволюции по сравнению с другими методами имеют два преимущества. Во-первых, полученная на молекулярном уровне информация легко поддается количественной оценке. Во-вторых, с помощью этих методов можно сравнивать очень далеких в эволюционном родстве организмы, например, бабочку и обезьяну.◀

Универсальных методов изучения эволюции нет. Для получения наиболее точной картины необходимо использовать все имеющиеся в арсенале современной науки методы, т.е. подходить комплексно к изучению исторического развития органического мира на Земле.

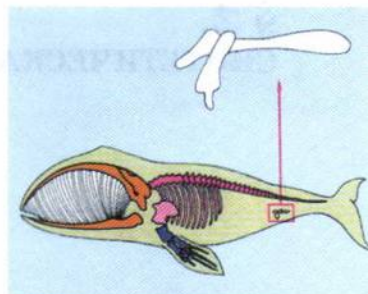


Рис. 8. Рудименты тазовых костей в скелете кита



Эволюционная теория, методы изучения эволюции: палеонтологические, биогеографические, эмбриологические, сравнительно-анатомические, морфологические, ► молекулярно-биохимические◀, переходные формы, филогенетические ряды, виды-эндемики, виды-реликты, закон зародышевого сходства, биогенетический закон, органы: гомологичные, аналогичные, рудиментарные, атавизмы.



1. Каково значение эволюционной теории для биологии? 2. В чем заключается сущность палеонтологических методов изучения эволюции? Что такое переходные формы и филогенетические ряды? 3. Какие данные дает биогеография для изучения эволюции? 4. Что такое виды-эндемики и виды-реликты? 5. Какие данные дает эмбриология для изучения эволюции? В чем сущность закона зародышевого сходства и биогенетического закона? 6. Какие органы называют гомологичными, аналогичными и рудиментарными? Приведите их примеры. 7. Что такое атавизмы? Что доказывают случаи появления у организмов атавизмов? ► На чем основаны молекулярно-биохимические методы изучения эволюции?◀

§ 2.

СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Вспомните основные положения дарвинизма. Почему популяцию считают единицей эволюции? Под влиянием каких факторов может измениться генетический состав популяции?

Учение об эволюции прошло сложный путь развития, в котором выделяют несколько периодов. Наряду с распространением знаний об естественном отборе и поиском его экспериментальных доказательств в природе, появились альтернативные эволюционные концепции, отрицавшие сформулированные Чарлзом Дарвином (рис. 9) движущие силы эволюции.

Развитие дарвинизма. Основная заслуга Ч. Дарвина перед наукой состояла в том, что он впервые объяснил процессы развития органического мира действием естественных законов природы. Изучив огромный материал, он обнаружил закономерности, установил причины и следствия эволюционного процесса. Влияние теории Дарвина на развитие биологии огромно. Она послужила мощным толчком для формирования и развития новых направлений в науке, в основе которых учеными стал использоваться *исторический метод* изучения живой природы.

Однако, не все ученые приняли теорию Дарвина. Например, против нее активно выступали Ч. Лайель и Р. Оуэн. В действительности, в теории Дарвина было немало уязвимых мест, ибо наука того времени еще не могла ответить на многие вопросы. Так, если принять идею Дарвина о расхождении признаков у организмов в процессе видообразования, то из этого положения следует, что когда-то на Земле был только один вид. Если приспособления у организмов возникли в результате естественного отбора, то, следовательно, было время, когда у организмов приспособления отсутствовали. Причину происходящей в природе борьбы за существование Дарвин видел в перенаселении видов. На самом деле, причина борьбы кроется в несовершенстве приспособлений у отдельных особей. Кроме того, вызывал возражение и сам термин «борьба за существование»,

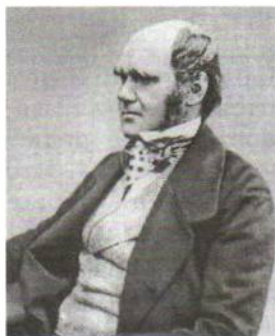


Рис. 9. Чарлз Роберт Дарвин (1809–1882)

так как не все взаимоотношения организмов в природе сводимы только к конкуренции за ресурсы среды.

► Английский инженер Ф. Дженкин опубликовал одно из существенных возражений против эволюционной теории Ч. Дарвина. По Дарвину, возникновение или исчезновение признаков у организмов происходило в результате того, что потомки наследовали по половине признаков каждого из родителей. Таким образом, полезные признаки как бы закреплялись в потомстве. Исходя из этого положения, Дженкин подсчитал, что при наличии какого-либо полезного признака у одного из родителей, у потомка оказывается лишь половина признака. При скрещивании этого потомка с особью, имеющей средний признак в следующем поколении, наследуется только четверть исходного признака. В итоге через несколько поколений признак должен был исчезнуть вовсе. Однако в природе происходит удивительно стойкое повторение некоторых признаков через ряд поколений. Дарвин пытался ответить на эти возражения, высказав мысль о «неразбавленной» наследственности. Полностью опровергнуть «кошмар Дженкина» (выражение самого Дарвина) он не мог: до становления генетики как науки оставалось еще около 20 лет. ◀

Кризис классического дарвинизма. Открытие законов наследственности и оформление генетики в начале XX в. как науки оказало огромное влияние на развитие теории эволюции: была доказана дискретная природа наследственности, введено понятие гена и установлена роль хромосом в передаче наследственной информации от родителей к потомству. «Кошмар Дженкина» получил научное объяснение, снявшее одно из главных возражений дарвинизму.

Однако свои усилия ученые-генетики, сделавшие ряд важнейших открытий в наследственности и изменчивости, направили на поиск причин появления мутаций и определении их роли в эволюции. Например, голландский ученый Г. Де Фриз (рис. 10) полностью отвергал роль естественного отбора в эволюции, так как считал, что каждый новый наследственный признак (мутация) уже может привести к образованию нового самостоятельного вида (рис. 11). Идея естественного отбора постепенно стала отходить на второй



Рис. 10. Гуго Де Фриз (1848–1935)



Рис. 11. Гигантская форма энотеры (ослиника), которую Г. Де Фриз приводил в качестве «доказательства» роли мутации в эволюции



Рис. 12. Сергей Сергеевич Четвериков (1880–1959)

план, а дальнейшее развитие генетики привело к кризису классического дарвинизма и оформлению *генетического антидарвинизма*.

Бурное развитие генетики в первой четверти XX в. привело к созданию новых концепций эволюции. Естественному отбору в них отводилась второстепенная роль. Следует отметить, что критика дарвинизма способствовала накоплению эмпирических данных в пользу эволюции и показала необходимость использования генетики для объяснения механизмов эволюции. Открытие мутаций подтверждало высказанную Дарвином идею о существовании в природе неопределенной, наследственной изменчивости. Экспериментальное изучение естественного отбора в природе и в лабораторных условиях положило начало новому этапу в развитии эволюционного учения.

Создание синтетической теории эволюции. В 20–40-х гг. XX в. начался новый этап в развитии эволюционного учения. Успехи в ряде областей биологии привели к формированию синтетического направления в теории эволюции, которое соединило классический дарвинизм с генетикой и экологией.

Решающий шаг для сближения генетики с дарвинизмом был сделан отечественным ученым Сергеем Сергеевичем Четвериковым (рис. 12). Он показал, что в популяциях периодически происходят вспышки размножения или сокращения численности особей – популяционные волны (рис. 13). Это ведет к появлению новых мутаций и комбинаций генов среди особей популяции. Открытие С.С. Четвериковым явления насыщенности популяций мутациями опровергало утверждение сторонников генетического антидарвинизма о нехватке в природе наследственного материала для действия естественного отбора.

Значительный вклад в становление нового научного направления – *эволюционной генетики*, внесли Ф.Г. Добржанский, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Э. Майр, Дж. Хаксли. Наш соотечественник В.Н. Сукачев опытным путем установил, что борьба за существование является одним из основных факторов эволюции и приводит к приспособительным изменениям. Благодаря исследованиям этих ученых сформировалось представление об элементарной единице эволюции (популяции), элемен-

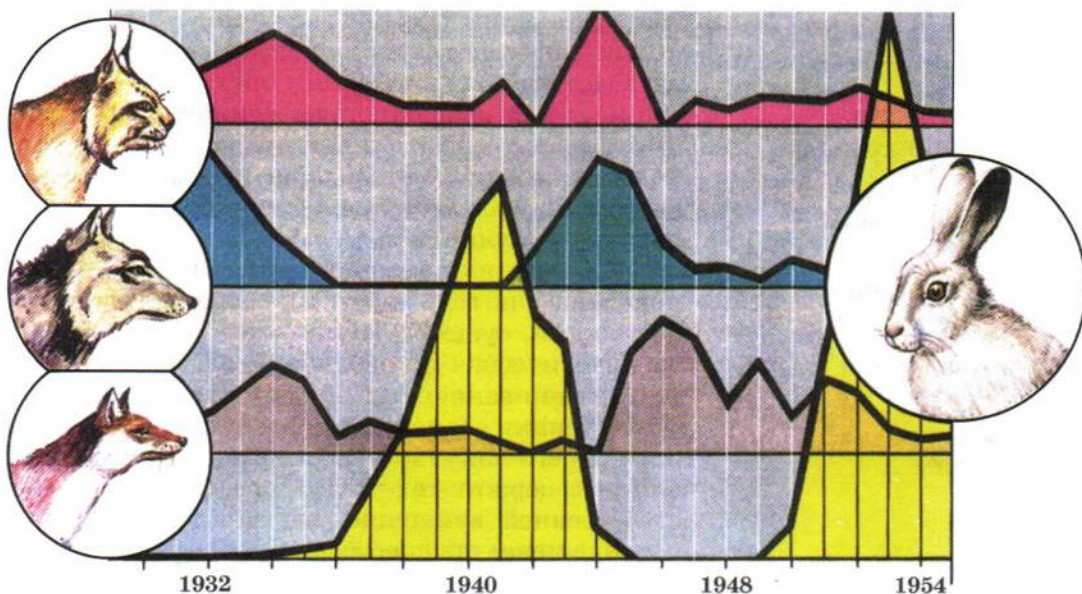


Рис. 13. Популяционные волны (по Четверикову С.С.). Связь колебаний численности хищников (рысь, волк, лисица) и жертвы (заяц) в разные годы

тарном эволюционном материале (мутациях и комбинациях) и элементарном эволюционном явлении (изменении генофонда популяции).

Таким образом, к 40-м гг. XX в. была создана *синтетическая теория эволюции (СТЭ)*. Последующее ее развитие связано с открытием структуры ДНК, генетического кода, использованием математических моделей и кибернетического подхода в изучении эволюционных процессов.

Основные положения синтетической теории эволюции (СТЭ).

1. Материалом для эволюции служит наследственная изменчивость организмов, т.е. мутации и комбинации генов.
2. Мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны – движущие силы (элементарные факторы) эволюции. Они поставляют исходный материал для действия в природе естественного отбора, носят случайный и ненаправленный характер.

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ



3. Направляющий фактор эволюции – естественный отбор – основан на сохранении и накоплении наследственных изменений у организмов.
4. Наименьшая эволюционная единица – популяция, а не особь или вид. Длительно и направленно изменяется в ходе эволюции только генофонд популяции – совокупность генов особей, составляющих популяцию.
5. Вид состоит из различающихся по некоторым признакам, но генетически однородных единиц – популяций, существующих в пределах его ареала. Генетическая однородность вида поддерживается скрещиванием особей популяций.
6. Обмен генами возможен лишь внутри вида между особями его популяций. Генофонд каждой популяции содержит генетический груз – часть наследственной изменчивости, определяющей появление менее приспособленных особей.
7. Эволюция имеет дивергентный характер, т.е. в ее процессе происходит расхождение признаков у потомков от исходных предковых форм.
8. Эволюция носит постепенный и длительный характер. Видообразование как этап эволюции называется микроэволюцией.
9. Эволюция на уровне выше вида, т.е. образование родов, семейств, отрядов, классов и других надвидовых систематических групп организмов, называется макроэволюцией. Она идет путем микроэволюции, т.е. складывается из нескольких процессов видообразования.
10. Эволюция непредсказуема: не имеет целенаправленного характера и финал в ней недостижим, т.е. эволюция будет происходить всегда.



Исторический метод, эволюционное учение, дарвинизм, генетический антидарвинизм, эволюционная генетика, синтетическая теория эволюции.



1. Какое влияние оказал дарвинизм на развитие биологии? 2. Охарактеризуйте основные этапы развития дарвинизма. В чем причина его кризиса? 3. Что такое генетический антидарвинизм? 4. На стыке каких наук сформировалась синтетическая теория эволюции? Перечислите основные положения синтетической теории эволюции.

§ 3.

МИКРОЭВОЛЮЦИЯ И ЕЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрите рисунки 16, 17. В чем состоят приспособления у изображенных на рисунках организмов к условиям обитания? Каким образом возникли эти приспособления в ходе эволюции?

Микроэволюция – процессы приспособительной перестройки внутри вида, ведущие к видообразованию, т.е. к появлению новых видов. Однако микроэволюция не всегда завершается видообразованием. Возникшие приспособления могут обеспечить длительное существование вида без изменений.

Движущие силы (элементарные факторы) эволюции. Основным поставщиком мутаций в популяциях организмов служит *мутационный процесс*, имеющий случайный и ненаправленный характер. Значение мутаций для эволюции зависит от условий среды. Вредные при одних условиях, мутации могут стать полезными при других. Так, в экспериментах на мухах дрозофилах ученые выяснили, что частота мутации «бескрылость» в популяциях мух, помещенных в открытые ящики на берегу моря, увеличилась в поколениях с 2,5 до 67%. Отсутствие крыльев в условиях продуваемого ветром морского берега оказалась для дрозофил полезным признаком.

Проявление мутаций увеличивается благодаря *комбинативной изменчивости*. В результате ее в популяции у особей возникают новые сочетания генотипов, в том числе и содержащие мутировавшие гены. Комбинативная изменчивость усиливает влияние мутационного процесса на популяцию.

Число особей в популяциях постоянно колеблется. *Популяционные волны* вызывают изменение доли наследственной изменчивости в генофонде популяции. При увеличении численности особей в популяции доля наследственной изменчивости в ней возрастает, а при снижении – уменьшается. Во втором случае следствием популяционных волн становится *дрейф генов* – случайное изменение частот аллелей в генофонде популяции при ее низкой численности.

БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ

- межвидовая
- внутривидовая
- с неживой природой

Борьба за существование и естественный отбор. Главный эволюционный фактор – *естественный отбор*. Он состоит в избирательном выживании и последующем размножении более приспособленных к данным условиям среды особей и гибели менее приспособленных. Основная предпосылка отбора – избыточная численность особей, составляющая популяцию. Конкуренция между ними за ресурсы среды ведет к борьбе за существование – деятельности организмов, направленной на поддержание своей жизни и размножение.

Борьба за существование является следствием недостаточной приспособленности отдельных особей к использованию ресурсов среды. Различают прямую и косвенную формы борьбы за существование (рис. 14). *Прямая* борьба за существование (межвидовая и с неживой природой) ведет к прямой гибели отдельных особей. Такую форму борьбы можно наблюдать во вза-

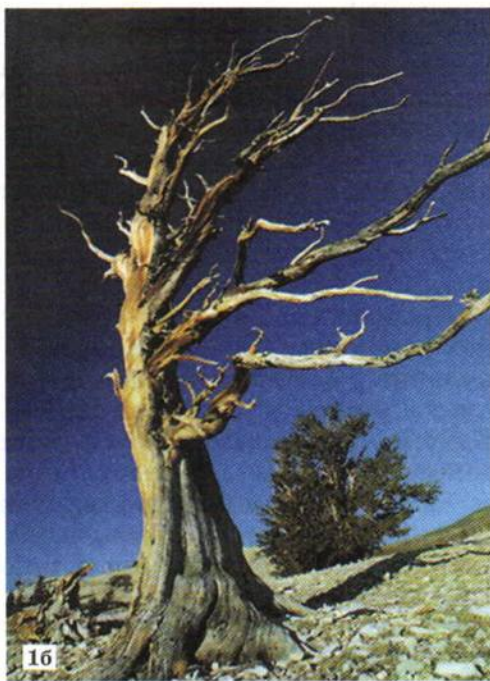


Рис. 14. Борьба за существование: 1 – прямая (а – межвидовая; б – с неживой природой); 2 – косвенная (внутривидовая)

имоотношениях между хищниками и их жертвами (рис. 14, 1). К прямой борьбе за существование относятся и неблагоприятное воздействие на организмы условий неживой природы. Например, на произрастающие в пустынях растения влияет недостаток влаги, питательных веществ в почве и высокая температура.

Косвенная борьба за существование (межвидовая и внутривидовая) наблюдается между организмами с одинаковыми потребностями и ведет не к их гибели, а к снижению устойчивости отдельных особей к воздействию условий среды. Так, ослабленные в результате бескормицы копытные млекопитающие зимой гибнут чаще, чем летом, от болезней и хищников. Другой иллюстрацией косвенной борьбы за существование служит внутривидовая конкуренция. Например, конкуренция за самку между самцами оленя исключает проигравших особей из размножения (рис. 14, 2).

Следствие борьбы за существование – естественный отбор. Отбору подвержены практически все признаки организмов. Как уже отмечалось выше, изменение признака у организмов осуществляется в пределах его вариационной кривой. Особи со средним значением признака встречаются чаще, а с отклонениями от среднего значения – реже. Если генотип особи изменяется настолько, что значение признака выходит за пределы вариационной кривой, то такая особь погибает. В зависимости от преобладающего выживания особей со средним значением признака или с отклонениями от нее действуют разные формы отбора (рис. 15).

При *движущем отборе* сохраняются особи с полезными отклонениями от ранее установившегося в популяции среднего значения признака. В результате такой формы естественного отбора происходит появление новых признаков у особей в изменяющихся условиях среды и могут возникнуть новые виды.

Примером движущего отбора служит индустриальный меланизм у бабочек березовой пяденицы (рис. 16). Окраска крыльев этой сумеречной бабочки имитирует лишайники, встречающиеся на коре деревьев, где бабочки проводят светлое время суток. В популяции существуют две основных формы бабочек – светлая и темная (меланистическая). При этом в лесах, где лишайники обильно покрывают кору деревьев, светлая

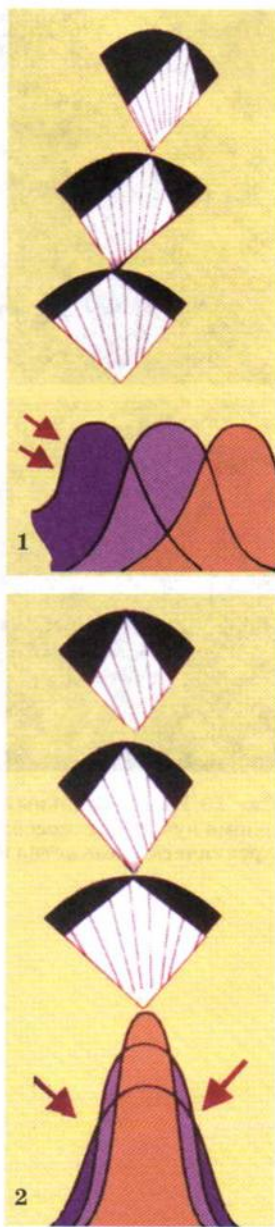


Рис. 15. Схема действия естественного отбора: 1 – движущего; 2 – стабилизирующего

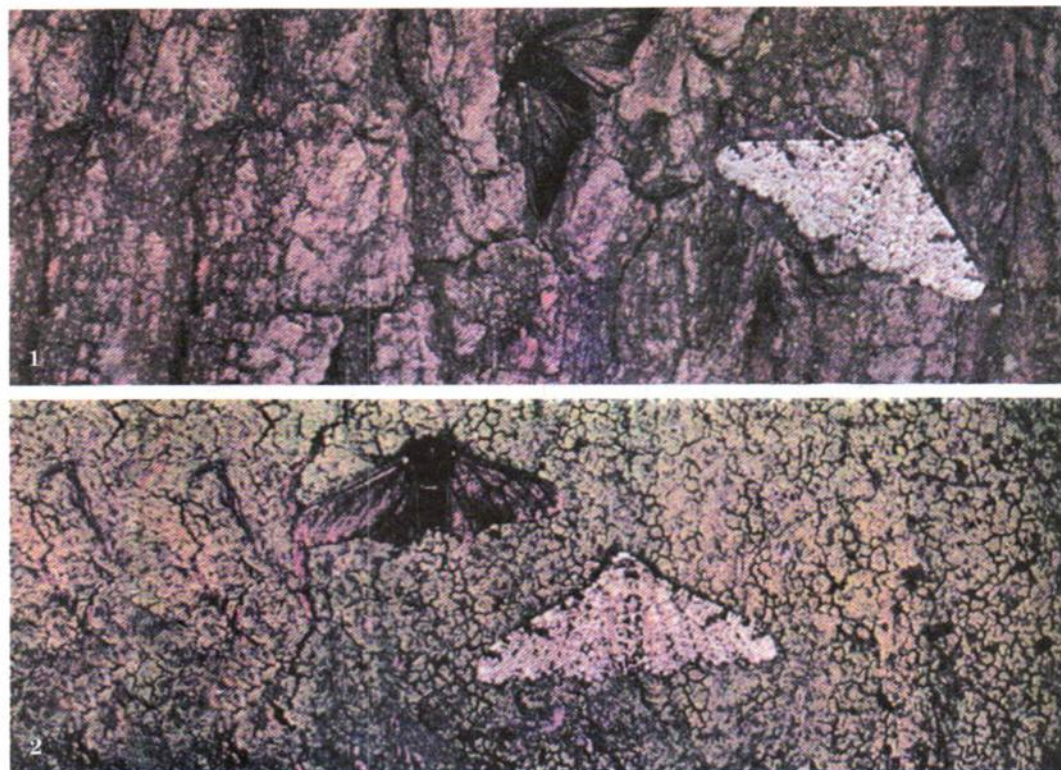


Рис. 16. Индустриальный меланизм у бабочек березовой пяденицы: 1 — темная (меланистическая) форма лучше приспособлена к темной коре деревьев, лишенной лишайников; 2 — светлая форма практически незаметна на коре, покрытой лишайниками

форма встречается чаще темной. Однако в Англии в середине XIX в., в окрестностях крупнейшего промышленного центра (Манчестера), преобладающей формой стали темные бабочки. Дело в том, что использование на заводах для выплавки чугуна каменного угля с повышенным содержанием серы за 100 лет настолько сильно загрязнило воздух сернистым газом и сажой, что лишайники на коре деревьев погибли. И значит, здесь исчез естественный маскирующий фон для светлых бабочек. Фактором отбора выступили насекомоядные птицы, которые склевывали светлых бабочек, заметных на коре без лишайников.

В настоящее время темная форма березовой пяденицы встречается гораздо чаще в лесах на юго-востоке

Англии, где загрязнение воздуха по-прежнему велико. Светлая форма, наоборот, распространена на юго-западе, где нет чугуноплавильных заводов. И здесь лишайники обильно покрывают кору деревьев.

Стабилизирующий отбор действует в неизменных условиях среды, сохраняя у организмов прежние признаки. Особи, имеющие отклонения от установившегося в популяции среднего значения признака, таким отбором выбраковываются. Поэтому стабилизирующий отбор сохраняет вид неизменным.

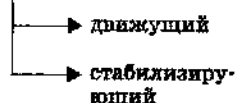
Примером стабилизирующего отбора может служить распространение в популяциях зайца-русака такого признака, как средний размер ушных раковин. Несмотря на значительное варьирование величины туловища у зайцев в популяциях, размер их ушных раковин остается стабильным признаком. Дело в том, что кровеносные сосуды ушных раковин зайцев играют важную роль в процессах терморегуляции. Короткоухие зайцы летом погибают от перегрева, а длинноухие – зимой от переохлаждения. В роли фактора отбора выступают сезонные колебания температуры, т.е. неживая природа.

Разные формы естественного отбора в эволюции чередуются. Обычно видообразование начинается под влиянием движущего отбора, что ведет к появлению в популяции новых подвидов, а затем и видов. Потом движущий отбор сменяется на стабилизирующий, в результате чего приобретенные у особей изменения сохраняются и новый вид стабилизируется.

Результаты микроэволюции. Первый результат микроэволюции – *приспособленность* организмов к среде обитания (рис. 17). Она обеспечивает успех одних особей в конкуренции с другими, устойчивость к воздействию условий неживой природы. Поскольку условия жизни организмов могут изменяться, абсолютных приспособлений к среде обитания не бывает, т.е. они всегда имеют относительный характер и процесс их появления в ходе микроэволюции бесконечен.

Второй результат микроэволюции – *видообразование*, т.е. процесс превращения отдельных популяций исходного вида в новые виды. Ключевым фактором видообразования служит *изоляция*, т.е. генетическое разобщение существующих в пределах ареала пре-

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР



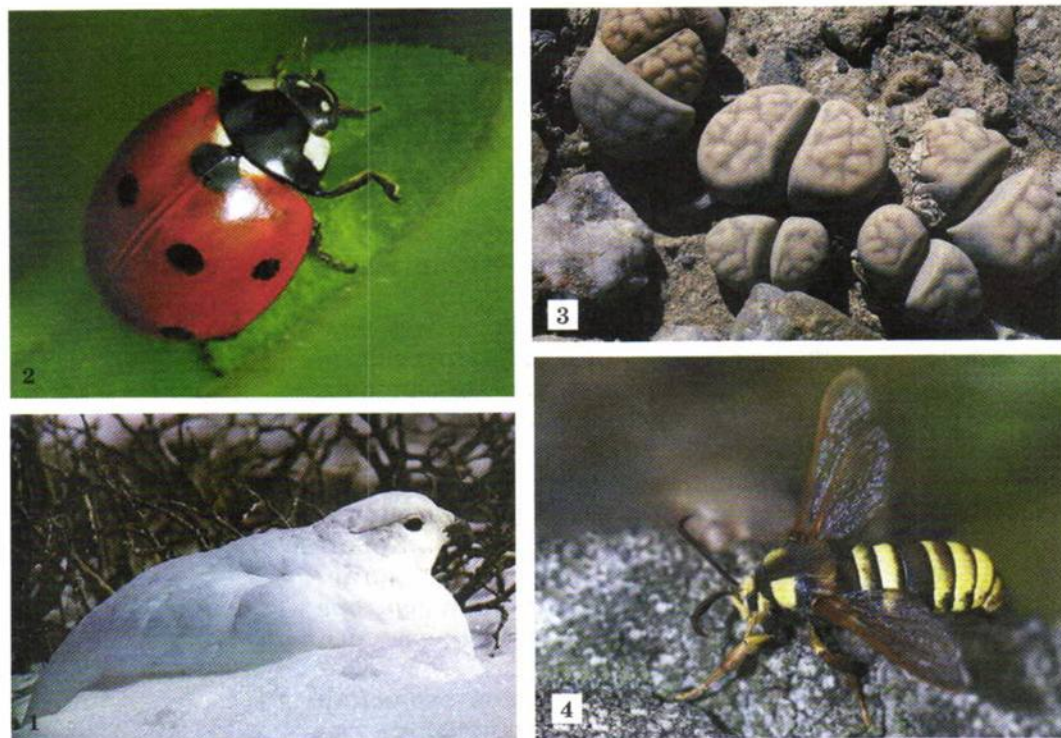


Рис. 17. Приспособленность организмов: 1 — покровительственная окраска у тундровой куропатки; 2 — предостерегающая окраска у божьей коровки; 3 — маскировка под камни у растений литопсов; 4 — мимикрия бабочки-стекляницы под осу

жного вида популяций. В зависимости от характера барьеров изоляции, различают разные способы видообразования. При *географическом видообразовании* в роли преград выступают различные географические объекты, например, пространства суши или моря, горные хребты, пустыни (рис. 18). *Экологическое видообразование* связано с изменением условий обитания особей исходного предкового вида в пределах его ареала. Вследствие этого в разных условиях образуются экологические расы вида, которые затем становятся родоначальниками новых видов.

С возникновением видов микроэволюция не заканчивается. Она ведет к появлению новых видов, образующих надвидовые систематические группы: роды, семейства, отряды, классы и т.д.

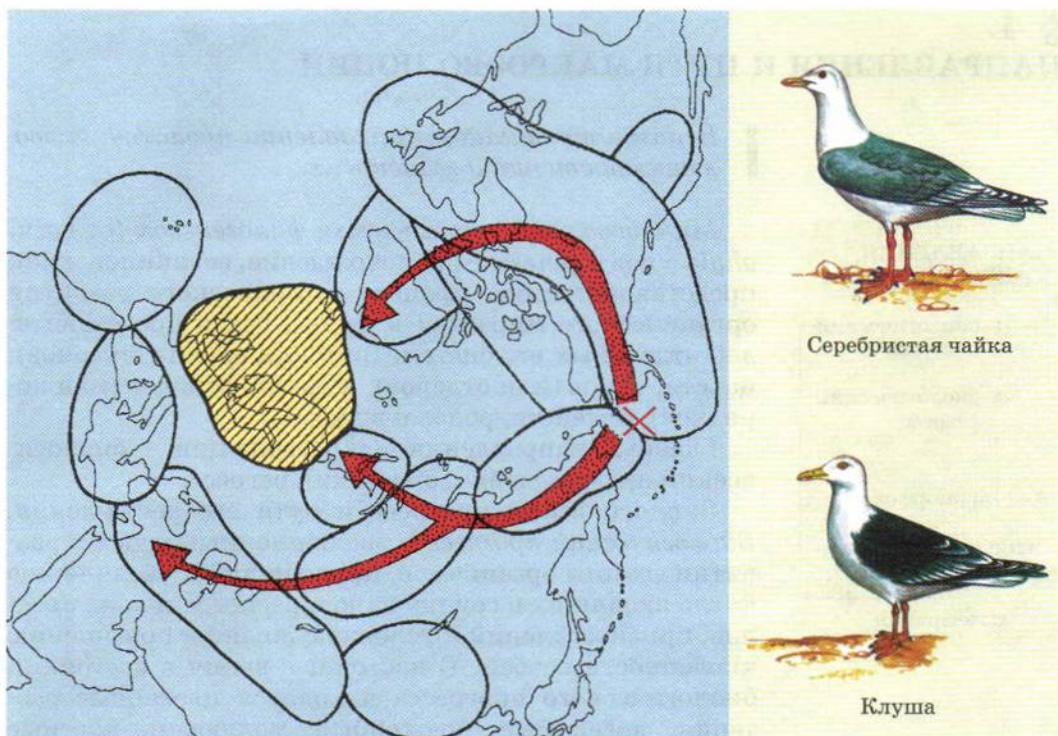


Рис. 18. Географическое видообразование двух видов чаек: серебристой и клуши (крестиком обозначено место возникновения предкового вида, штриховкой — перекрытие ареалов)



Микроэволюция, движущие силы (элементарные факторы) эволюции: мутационный процесс, комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов; борьба за существование, естественный отбор: движущий, стабилизирующий; приспособленность, изоляция, видообразование: географическое, экологическое.

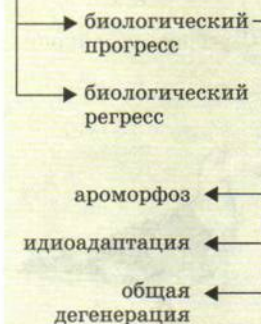


1. Что такое микроэволюция? 2. Каково эволюционное значение мутационного процесса, комбинативной изменчивости, популяционных волн и изоляции? 3. Что такое дрейф генов? Каковы его причины и последствия для эволюции? 4. Дайте определение естественного отбора. Каковы его причины, механизм действия и результаты? Охарактеризуйте формы естественного отбора. 5. Приведите примеры различных форм борьбы за существование. 6. Что является результатами микроэволюции? 7. Охарактеризуйте основные способы видообразования. Ответ проиллюстрируйте примерами.

§ 4.

НАПРАВЛЕНИЯ И ПУТИ МАКРОЭВОЛЮЦИИ

Вспомните, в каком направлении происходит эволюция растений и животных.

НАПРАВЛЕНИЯ
МАКРОЭВОЛЮЦИИ

Макроэволюция, называемая филогенезом (от греч. *phyle* – род и *genesis* – происхождение, возникновение), представляет собой процесс исторического развития органического мира как в целом, так и представителей отдельных его систематических групп (таксонов): царств, типов (или отделов), классов, отрядов (или порядков), семейств, родов и видов.

Главные направления макроэволюции – биологический прогресс и биологический регресс.

Биологический прогресс и пути его достижения. Биологический прогресс – эволюционный успех в развитии группы организмов, приводящий к увеличению числа входящих в группу видов, расширению их ареалов, приспособлений к условиям жизни и повышению численности особей. В настоящее время в состоянии биологического прогресса находятся цветковые растения, насекомые, брюхоногие моллюски, костные рыбы, птицы и плацентарные млекопитающие.

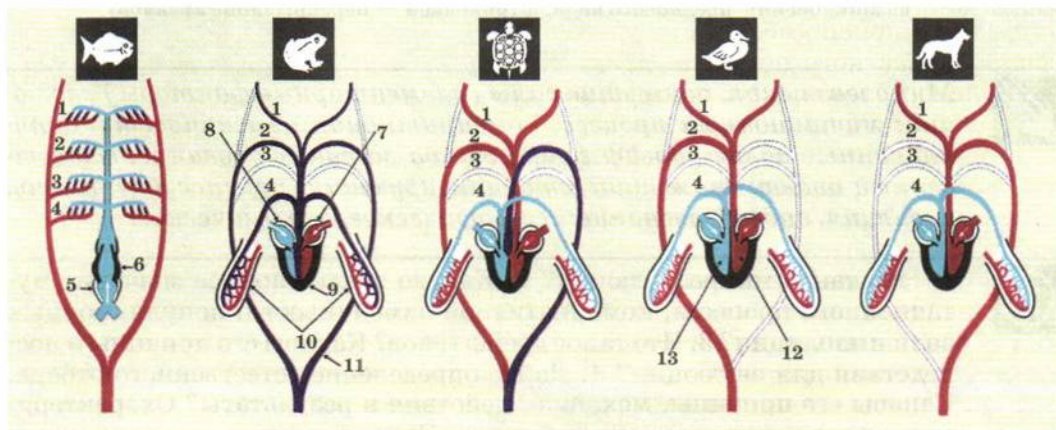


Рис. 19. Ароморфоз у животных. Усложнение строения кровеносной системы у позвоночных животных: 1, 2, 3, 4 – артерии; 5, 6 – двухкамерное сердце (предсердие и желудочек); 7, 8, 9 – трехкамерное сердце (два предсердия и желудочек); 10 – малый круг кровообращения; 11 – большой круг кровообращения; 12, 13 – четырехкамерное сердце (два предсердия и два желудочка)

Биологического прогресса организмы могут достигать в эволюции несколькими путями: ароморфозом, идиоадаптацией и общей дегенерацией.

Ароморфоз (от греч. *airo* – поднимаю, *morphe* – форма) – крупное, принципиально новое изменение строения организмов, сопровождающееся повышением общего уровня их организации. Этот путь достижения биологического прогресса в эволюции приводит к усилению процессов жизнедеятельности организмов, что существенно расширяет среду их обитания.

Примером ароморфоза у животных может служить эволюция кровеносной системы позвоночных: развитие от двухкамерного сердца и одного круга кровообращения у рыб до четырехкамерного сердца и двух кругов кровообращения у птиц и млекопитающих (рис. 19). У последних можно выделить еще ряд ароморфозов, например, совершенствование органов дыхания, кожных покровов, головного мозга и теплокровность. Все перечисленные прогрессивные преобразования привели к тому, что птицы и млекопитающие широко расселились по земному шару и освоили среды жизни.

Пример ароморфоза у растений – переход от размножения спорами у водорослей, мхов и папоротников к семенному размножению у голосеменных и покрытосеменных растений.

Идиоадаптация (от греч. *idios* – особенность и лат. *adaptatio* – приспособление) – изменения строения организмов частного порядка, являющиеся следствием их приспособления к условиям обитания и несопоставляющиеся изменением уровня их организации.

В результате идиоадаптаций происходит расхождение признаков (дивергенция) внутри одной систематической группы организмов, увеличивается численность, появляются новые отряды, семейства и роды. Так, путем идиоадаптации в классе Птицы появились представители экологических групп, приспособленные к обитанию в разных условиях (рис. 20). В каждой группе развиваются свои приспособления частного порядка, проявляющиеся в форме и размерах клюва, строении ног, способах добывания пищи и др.

У растений в результате идиоадаптаций появились семейства покрытосеменных, различные типы цветков с приспособлениями к разным способам опыления, разно-

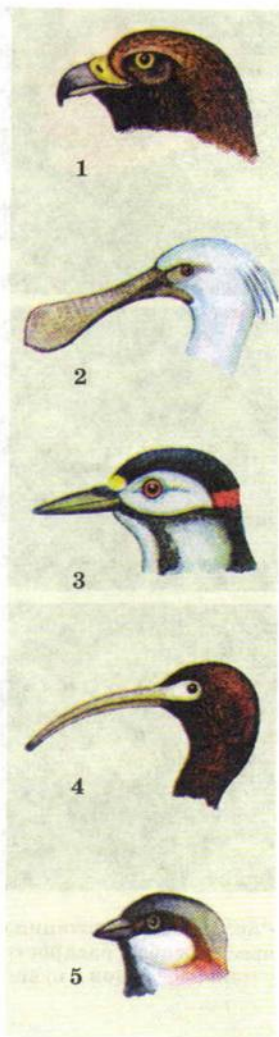


Рис. 20. Идиоадаптация у птиц. Приспособление к питанию разной пищей отражает форма клюва: 1 – ястреб (мясо); 2 – колпига (водоросли, рачки); 3 – дятел (личинки насекомых); 4 – каравайка (мелкие животные из ила); 5 – воробей (зерно, семена)

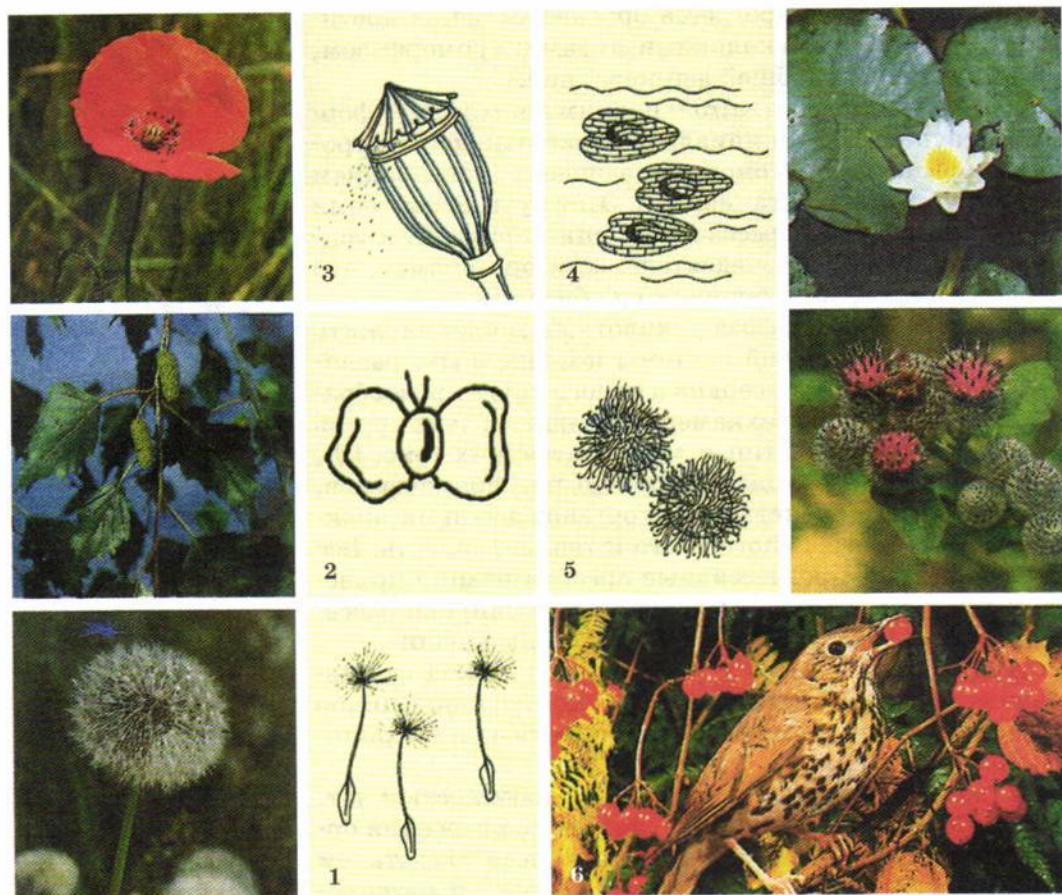


Рис. 21. Идиоадаптация у покрытосеменных растений. Приспособление плодов и семян к различным способам распространения: 1, 2 – ветром у одуванчика и березы; 3 – саморазбрасыванием у мака; 4 – водой у кувшинки; 5 – зверями у лопуха; 6 – птицами у калины

образные типы плодов и семян с приспособлениями к распространению ветром, животными, водой и др. (рис. 21).

Общая дегенерация (от лат. *degenero* – вырождаюсь) – упрощение организации и образа жизни организмов, сопровождающееся утратой ряда органов и систем. Этот путь достижения биологического прогресса в эволюции вызван переходом организмов к сидячему или паразитическому образу жизни. Вместе с утратой некоторых органов в результате общей дегенерации у организмов получают прогрессивное разви-

тие другие признаки. Например, у многих паразитов возрастает плодовитость и усложняются циклы развития, позволяющие обеспечить преемственность поколений и расширение ареалов обитания.

Биологический регресс и его следствия. *Биологический регресс* (от лат. *regressus* – движение назад) – эволюционный упадок в развитии систематической группы, приводящий к уменьшению числа входящих в нее видов, сужению их ареалов и понижению численности особей. Это направление макроэволюции противоположно биологическому прогрессу. Виды, роды, семейства и другие систематические группы организмов, не выдерживавшие конкуренции с более приспособленными формами в результате биологического регресса могут исчезнуть. В настоящее время в состоянии биологического регресса находятся почти все реликтовые группы организмов: древовидные папоротники, плеченogie моллюски, двоякодышащие и кистеперые рыбы, яйцекладущие млекопитающие (рис. 22).

Причина биологического регресса кроется в отставании темпов эволюции группы от скорости изменения условий среды. Его вероятность определяется уровнем пластичности вида: чем ниже степень его приспособительных возможностей, тем более вероятно вымирание. Узкоспециализированным видам трудно приспособиться к новой среде обитания, что резко уменьшает возможности их выживания. В то время в неизменных условиях узкоспециализированные виды существуют достаточно долго. Примером может служить крот, который приспособлен к обитанию только в почве, или реликтовый вид (из пресмыкающихся) – гаттерия.

► **Соотношение направлений и путей макроэволюции.** В процессе макроэволюции происходит закономерная смена одних направлений и путей другими. После возникновения какого-либо ароморфоза начинается длительный период идиоадаптации, проявляющийся в приспособлении группы к новым условиям жизни. В результате этого в данной группе возникают разнообразные организмы, различающиеся по образу жизни, способу передвижения, питанию, поведению и т.п. Например, ароморфозы, возникшие у предков современных млекопитающих, сменились в эволюции идиоадаптациями внутри этого класса.



Рис. 22. Организмы, находящиеся в состоянии биологического регресса: 1 – утконос в отличие от плацентарных млекопитающих имеет клоаку и откладывает яйца; 2 – секвойя сохранилась на западном побережье США; 3 – головоногий моллюск наутилус с раковинной

Одновременно с процессом идиоадаптации у какой-то группы при переходе к жизни в более стабильные условия эволюция может пойти по пути общей дегенерации. Этот процесс сопровождается упрощением и появлением уже на этом новом, более низком уровне новых идиоадаптаций. Так, смена среды обитания свободноживущих плоских червей привела к возникновению в ходе макроэволюции огромного числа видов паразитических плоских червей.

Чередование главных направлений и путей эволюции получило в науке название *закона А.Н. Северцова*: в филогенезе какой-либо систематической группы организмов за периодом крупных эволюционных перестроек, приводящих к усложнению (ароморфоз) или упрощению строения (общая дегенерация), всегда наступает период частных приспособлений – идиоадаптаций. ◀



Макроэволюция (филогенез), биологический прогресс, ароморфоз, идиоадаптация, общая дегенерация; биологический регресс, ► закон А.Н. Северцова. ◀



1. Дайте определение макроэволюции. Каковы ее направления и пути? 2. В чем сущность биологического прогресса? Приведите примеры организмов, находящихся в настоящее время в состоянии биологического прогресса. 3. Какими путями в эволюции достигается биологический прогресс? Охарактеризуйте каждый из них и приведите соответствующие примеры. 4. В чем сущность биологического регресса? Приведите примеры организмов, находящихся в настоящее время в состоянии биологического регресса. ► 5. Как чередуются в макроэволюции ее направления и пути? ◀



Охарактеризуйте два направления макроэволюции: биологический прогресс и биологический регресс. Заполните таблицу (в тетради).

Биологические прогресс и регресс

Характеристики	Биологический прогресс	Биологический регресс
Численность особей		
Число видов, родов, семейств и др.		
Ареалы видов		
Приспособленность к среде		
Внутривидовая специализация		

ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА НА ЗЕМЛЕ



§ 5.

ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ И МЕТОДЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ

Рассмотрите рисунок 25. Какие временные промежутки выделяют в истории Земли?

Картину развития жизни на Земле от момента появления первых организмов до наших дней воссоздает *палеонтология* (от греч. *palaaios* – древний, *ontos* – существо и *logos* – учение) – наука об ископаемых органических остатках прошлых геологических эпох. Будучи биологической наукой, палеонтология связана с *исторической геологией* – наукой об истории нашей планеты. Используя методы исторической геологии, ученые определяют возраст геологических пластов Земли и найденных в них ископаемых остатков.

Ископаемые остатки и формы их сохранности. Любые ископаемые остатки называют *окаменелостями*. Они представляют собой сохранившиеся тела, отпечатки растений и животных, а также следы жизнедеятельности вымерших организмов (рис. 23).

Известно, что под воздействием различных процессов на поверхности суши и в воде происходит быстрое разрушение трупов животных и отмерших частей растений. Лишь очень немногие организмы после смер-



Рис. 23. Окаменелости: 1 – ископаемое тело (насекомое в янтаре); 2 – отпечаток листа папоротника; 3 – ядро раковины моллюска аммонита

ти способны сохранять свою форму. Это происходит в том случае, если останки умершего организма сразу были погребены под плотными осадками, и процесс разложения прекратился. Наиболее благоприятной для сохранения окаменелостей средой является вода. В некоторых случаях возможна почти полная сохранность умерших организмов, например, в янтаре, соли, нефти или во льду.

В слоях горных пород окаменелости распределены неравномерно: иногда они почти полностью слагают породу, а нередко их приходится искать с помощью микроскопа. В любом случае для воссоздания картины развития жизни на Земле необходимо определить возраст горной породы и найденных в ней окаменелостей. Для этого используют методы геохронологии.

Геохронология и ее методы. Геохронология (геологическое летоисчисление) – учение о временной последовательности формирования горных пород, слагающих земную кору. Различают относительную и абсолютную геохронологии.

Относительная геохронология исходит из представления о том, что более поверхностный пласт земной коры всегда моложе лежащего под ним. В относительной геохронологии используют два метода: метод руководящих ископаемых и метод анализа комплекса ископаемых. Применяя первый метод, палеонтологи ищут в горных породах так называемые руководящие ископаемые – окаменелости организмов, принадлежащих к вымершим видам или родам, свойственные данному слою и за его пределами не встречающиеся (рис. 24). Второй метод более надежен, чем первый, так как основывается на изучении всех окаменелостей, найденных в слое. Однако методы относительной геохронологии, как бы детально ни были они разработаны, не дают реального представления о геологическом возрасте Земли и продолжительности отдельных периодов ее истории. На эти вопросы отвечает абсолютная геохронология.

ГЕОХРОНОЛОГИЯ

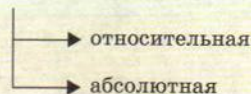


Рис. 24. Ученые-палеонтологи за работой

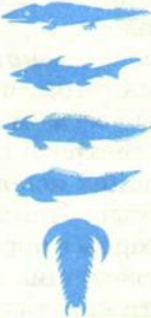
Эра	Период, возраст (млн лет)	Растительный мир	Животный мир
Кайнозойская	Четвертичный (антропогеновый) 2	Время покрытосеменных 	Время млекопитающих и птиц 
	Третичный (палеогеновый и неогеновый) 67		
Мезозойская	Меловой 135	Время голосеменных 	Время пресмыкающихся и аммонитов 
	Юрский 180		
	Триасовый 230		
Палеозойская	Пермский 270	Время папоротникообразных и мхов 	Время земноводных, рыб и трилобитов 
	Каменноугольный 330		
	Девонский 400		
	Силурийский 420		
	Ордовикский 480		
	Кембрийский 570		
Протерозойская	2500	Время водорослей 	Время медуз 
Архейская	3500—3800	Время архебактерий и цианобактерий 	
Катархей	> 3800	Жизни нет	

Рис. 25. Геохронологическая шкала и ее единицы

Абсолютная геохронология основывается на естественной радиоактивности некоторых химических элементов. В настоящее время для определения абсолютного возраста используют данные, полученные в результате радиоактивного распада так называемых долгоживущих радиоактивных изотопов урана, калия, углерода и некоторых других элементов. Эти методы называют радиометрическими. Их применяют для определения возраста окаменелостей, исчисляемых в сотни миллионов и миллиарды лет. Для этого измеряют содержание изотопа и продуктов его распада.

Радиометрические методы постоянно совершенствуются. Однако у них есть и недостатки. Во-первых, невелика еще точность радиометрических методов; во-вторых, не во всех горных породах и окаменелостях можно обнаружить радиоактивные изотопы; в-третьих, радиометрические методы сложны и дорогостоящи.

Геохронологическая шкала. Сравнение окаменелостей различных слоев земной коры позволяет выделить в истории нашей планеты ряд этапов, представляющих собой различные по временной протяженности интервалы, т.е. составить ее *геохронологическую шкалу* (рис. 25). Основными единицами геохронологической шкалы служат *эры, периоды, эпохи и века*. Их выделяют в соответствии с изменениями, когда-то происходившими на Земле и влиявшими на очертания морей и материков, а также на горообразовательные процессы, состав атмосферы, характер климата, растительный и животный мир.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА



Палеонтология, историческая геология, окаменелости; геохронология: относительная и абсолютная, радиометрические методы, геохронологическая шкала: эры, периоды, эпохи, века.



1. В каком виде в земной коре сохраняются ископаемые остатки организмов? 2. Какие методы позволяют определить возраст той или иной горной породы или окаменелости? Почему ученые для выяснения возраста горных пород и окаменелостей обычно используют не один, а несколько методов? 3. На чем основаны методы радиометрической датировки ископаемых остатков и горных пород? Почему эти методы нельзя назвать универсальными? 4. Из каких единиц складывается геохронологическая шкала? На основании чего выделяют единицы геохронологической шкалы?

§ 6.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Вспомните основные теории возникновения жизни на Земле. Рассмотрите рисунки 31, 32. Какие этапы неорганической эволюции показаны на них?



Возникновение жизни на Земле – один из самых сложных вопросов науки. Поиском ответа на него заняты многие ученые. Ученые-идеалисты, основываясь на *теологии* (от греч. *theos* – бог и *logos* – учение), считают возникновение жизни актом божественного сотворения. Теории ученых-материалистов можно свести к двум основным идеям – *биогенезу* и *абиогенезу*. Согласно биогенезу, все живое на Земле произошло от живого. Абиогенез основывается на противоположном утверждении о возможности возникновения живых тел природы из неживых.

История опровержения и доказательств теорий возникновения жизни. *Креационизм* (от лат. *creator* – творец) рассматривает возникновение жизни на Земле как единой свершившийся акт, недоступный для наблюдения. Убеждения сторонников этой теории основаны не на знаниях, а на вере. Креационизм не выдвигает никаких научных доказательств и ничего общего не имеет с научным мировоззрением. Наука занимается явлениями, доступными наблюдению, а потому она никогда не будет в состоянии ни опровергнуть, ни доказать теорию креационизма.

Теория самопроизвольного зарождения жизни (абиогенез), распространенная широко в древнейших цивилизациях Египта, Китая, Индии, а также в античной науке, считает, что живое способно зарождаться из неживого при определенных условиях. Сторонниками теории самопроизвольного зарождения жизни были Аристотель, Галилей и Ламарк. Однако еще в 1668 г. итальянский врач Франческо Реди серией опытов с открытыми и закрытыми материей сосудами показал, что появляющиеся в гниющем мясе личинки не самозарождаются, а развиваются из отложенных мухами яиц (рис. 26). Сформулированный и вошедший в науку



Рис. 26. Франческо Реди (1626–1698) и его опыт

под его именем «принцип Реди» гласит: «все живое из живого» (биогенез).

Другой итальянский ученый Ладзаро Спалланцани в 1765 г. поставил более сложный опыт. В запаянных колбах он кипятил в течение нескольких часов мясной и овощной бульоны. Исследовав через несколько дней бульоны под микроскопом, он не обнаружил в них микроорганизмов и плесени, которые обычно появлялись без кипячения.

Несмотря на убедительность опыты Реди и Спалланцани не привели к полному отказу от теории самопроизвольного зарождения жизни. Резкое возражение эти опыты вызвали у сторонников *витализма* (от лат. *vitalis* – жизненный, животворный) – учения о наличии в окружающем мире нематериальной жизненной силы, якобы необходимой для самозарождения жизни. Кипячение убивает жизненную силу, а в накрытые материей банки она не может проникнуть из воздуха, – утверждали виталисты.

Окончательный удар по теории самопроизвольного зарождения жизни нанес в 1860 г. французский ученый Луи Пастер (рис. 27). В своем опыте он доказал, что споры бактерий распространяются по воздуху. И если воздух, попадающий в колбу с прокипяченным питательным бульоном, свободен от спор, то бактерии в бульоне не появляются. «Ловушкой» для спор бактерий служило специальное S-образное горлышко колбы, через которое в нее свободно проникал воздух. Если горлышко отламывали, то бульон мутнел, так как в нем быстро развивались бактерии.

Согласно теории панспермии (от греч. *pan* – всё и *spërma* – семена), впервые высказанной в 1865 г. немецким ученым Германом Рихтером, жизнь на Земле имеет внеземное (космогенное) происхождение. Споры простых организмов, например, бактерий, так называемые «семена жизни», могли попасть на Землю вместе с метеоритами и космической пылью (рис. 28). Здесь они дали начало живому. Теорию панспермии поддерживали крупнейшие ученые – Ю. Либих, С. Аррениус, В.И. Вернадский. Вместе с тем, эта теория не может считаться полноценной, так как она не рассматривает вопрос о первичном возникновении жизни. Сторонники теории панспермии лишь утверждают, что жизнь



Рис. 27. Луи Пастер (1822–1895) и его опыт

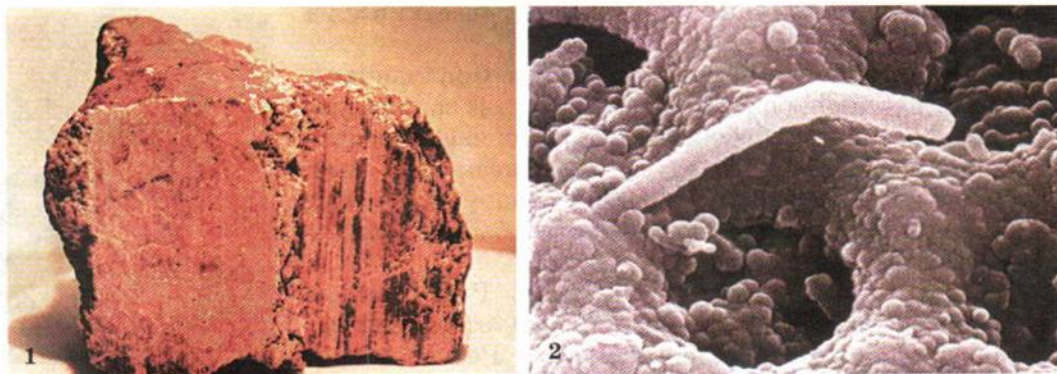
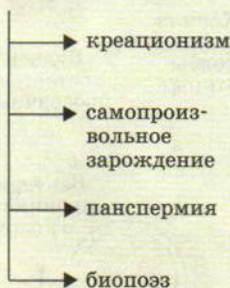


Рис. 28. Метеорит с Марса (1), в трещинах которого американские ученые в 1996 г. обнаружили органические формы (2), похожие на бактерий

ТЕОРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ



зародилась не на Земле, а в другом месте Вселенной, не отвечая на вопрос «как?».

Биопозз (от греч. *bios* – жизнь и *poiesis* – становление) рассматривает процесс возникновения живого из неживого как результат химической эволюции углеродных соединений. Биопозз можно рассматривать как абиогенез, осуществившийся на Земле в прошлом и невозможный в настоящее время.

На основании ряда гипотез и открытий основные положения этой теории сформулировал в 1947 г. английский ученый Джон Бернал. Согласно биопоззу, возникновение жизни на любой планете неизбежно, если создаются и существуют длительное время два условия – определенные неорганические соединения и источники энергии. В возникновении жизни биопозз выделяет три этапа: 1) абиогенный (вне живых систем) синтез органических соединений из неорганических; 2) образование из органических мономеров биологических полимеров; 3) формирование из биологических полимеров мембранных структур и первых клеток. Первые два этапа связаны с неорганической (планетарной и химической) эволюцией, третий – с органической (биологической) эволюцией.

Гипотезы и экспериментальное подтверждение неорганической эволюции. Согласно современным научным взглядам Земля и другие планеты Солнечной системы образовались в результате *планетарной эво-*

люции около 5 млрд лет назад из газопылевого облака первичного космического вещества. При вращении облако уплотнилось и разогревалось, в результате чего сформировались Солнце и планеты. Последующее охлаждение Солнца и планет привело к формированию их структур. Так, у Земли образовались кора, мантия, ядро и первичная атмосфера, состоявшая из метана (CH_4), аммиака (NH_3), углекислого газа (CO_2), угарного газа (CO), водорода (H_2) и паров воды (H_2O). Кислорода (O_2), присутствующего в современной атмосфере, тогда не было, т.е. первичная атмосфера Земли имела не окислительный, как сейчас, а восстановительный характер. Позднее благодаря конденсации паров воды сформировалась гидросфера – первичный океан.

Затем началась *химическая эволюция*. В условиях восстановительной первичной атмосферы Земли мог происходить абиогенный синтез органических соединений из неорганических с помощью электрической и световой энергии. Это предположение основывается на ряде гипотез и имеет экспериментальное подтверждение. Так, в 1924 г. отечественный ученый Александр Иванович Опарин (рис. 29) в работе «Происхождение жизни» высказал *коацерватную гипотезу*, согласно которой начальные этапы химической эволюции были связаны с формированием белковых структур. Первые белки могли создаваться из неорганических соединений в восстановительной атмосфере древней Земли за счет энергии мощных электрических разрядов.

В 1929 г. английский ученый Джон Холдейн сформулировал *гипотезу первичного бульона*. Согласно этой гипотезе, первичные органические вещества на Земле синтезировались из неорганических за счет энергии солнечной радиации (главным образом ультрафиолетового излучения).

В 1953 г. американские ученые Стенли Миллер и Гарольд Юри в специально сконструированной установке получили первое экспериментальное подтверждение гипотез Опарина и Холдейна (рис. 30). Обнаруженные ими в результате химических реакций органические соединения: молочная кислота, циановодород, мочевины и аминокислоты (глицин, аланин, аспарагиновая кислота и др.) образовались из смеси

ЭТАПЫ БИОПОЭЗА

- абиогенный синтез органических соединений из неорганических
- образование из органических мономеров биологических полимеров
- формирование из биологических полимеров мембранных структур и первых клеток



Рис. 29. Александр Иванович Опарин (1894–1980)

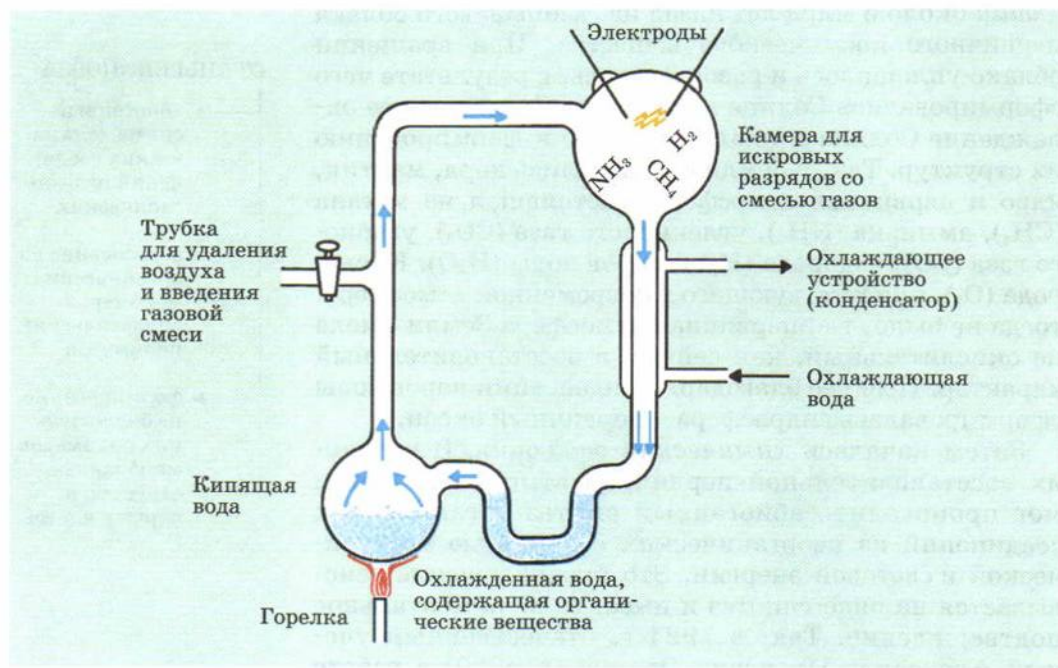


Рис. 30. Установка для абиогенного синтеза органических веществ С. Миллера и Г. Юри

газов (CH_4 , NH_3 , H_2) и паров воды под воздействием электрических разрядов.

Таким образом, можно считать доказанным, что абиогенный синтез органических веществ из неорганических с использованием энергии в восстановительных условиях возможен. Идет ли такой процесс сейчас на Земле? Не могут ли такие соединения образоваться, например, при извержении вулканов? Если это и происходит, то такие вещества мгновенно оказываются поглощенными в виде пищи микроорганизмами или сразу окисляются кислородом атмосферы.

Вторым шагом химической эволюции стало формирование из мономеров, синтезированных абиогенным путем, биологических полимеров. О механизмах подобного рода процессов ученые до сих пор спорят и не могут прийти к единому мнению. Ясно одно, что для полимеризации необходима энергия, а воды требуется не слишком много, иначе может пойти обратная реакция – расщепление полимеров на мономеры.

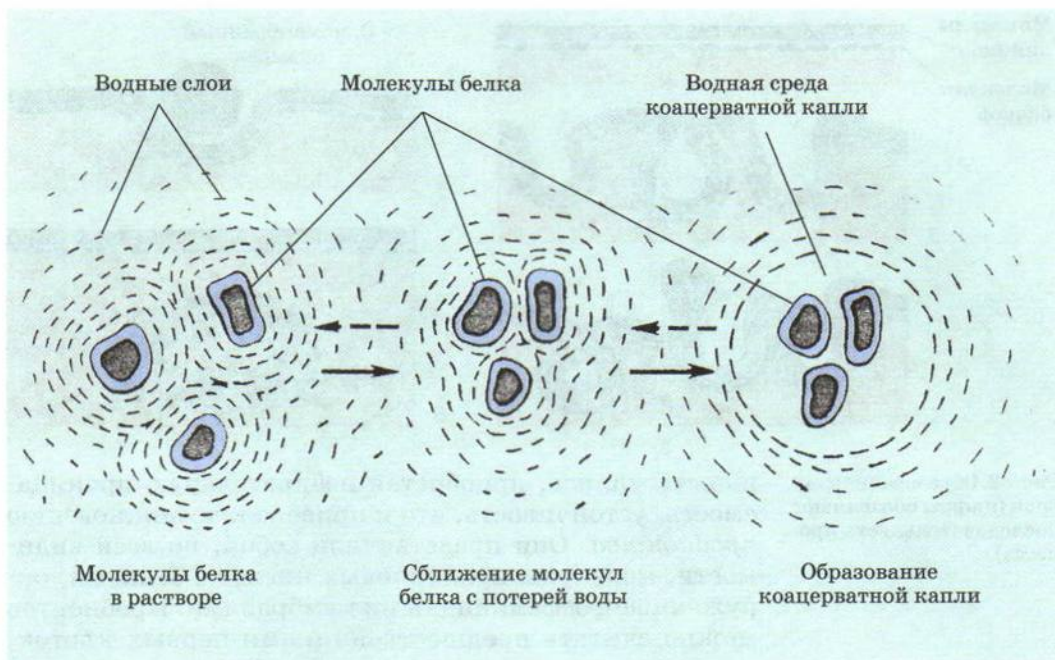


Рис. 31. Коацервация и коацерватные капли

По мнению Опарина, полимеризация происходила в результате *коацервации* (от лат. *coacervatus* — накопленный, собранный) — самопроизвольного разделения водного раствора мономеров на фазы с различной концентрацией. Белковые структуры обособлялись от массы воды и сливались друг с другом, формируя коацерватные капли (рис. 31). В них вещества вступали в дальнейшие химические реакции, что вело к их усложнению — химической эволюции.

Третьим, завершающим шагом химической эволюции стало формирование мембран и возникновение первых клеток. На границе трех сред (воздух, вода и суша) образовывалась пленка, состоящая из молекул белков и липидов. Она могла прогибаться, образуя одномембранные пузырьки (рис. 32). Пузырьки поднимались ветром и, падая на поверхность пленки, покрывались второй мембраной благодаря гидрофобному отталкиванию между неполярными хвостами молекул липидов. В течение миллионов лет мембраны совер-

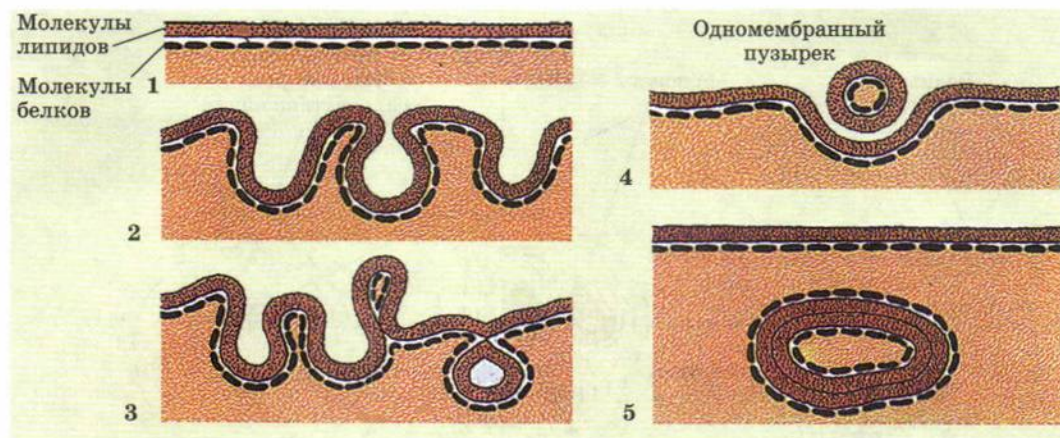


Рис. 32. Образование мембран (цифры обозначают последовательность процесса)

шенствовались, приобретая избирательную проницаемость, устойчивость, что и привело к возникновению *пробионтов*. Они представляли собой, по всей видимости, молекулы нуклеиновых кислот с белками, окруженные фосфолипидными мембранами. Пробионтов можно считать предшественниками первых клеток, так как в них еще не происходил обмен веществ, превращение энергии и отсутствовало точное копирование генетической информации. Переход от пробионтов к первым клеткам, обладавшим этими важнейшими признаками живого, означал появление жизни и начало органической (биологической) эволюции.



Биогенез, абиогенез, теории возникновения жизни на Земле: креационизм, самопроизвольное зарождение, панспермия, биопоэз; витализм, планетарная эволюция, химическая эволюция, коацерватная гипотеза, гипотеза первичного бульона, коацервация, пробионты.



1. Перечислите основные теории возникновения жизни на Земле. Какие из них могут быть причислены к биогенезу, а какие – к абиогенезу? 2. Кем и как была доказана невозможность самопроизвольного зарождения жизни на Земле? 3. Каковы основные этапы неорганической эволюции? 4. Какие условия и химические соединения необходимы для абиогенного синтеза органических соединений из неорганических? Почему невозможно повторное возникновение жизни на Земле? 5. Каким требованиям должны были удовлетворять молекулы органических соединений, чтобы химическая эволюция могла перейти в органическую (биологическую)?

§ 7.

НАЧАЛО ОРГАНИЧЕСКОЙ (БИОЛОГИЧЕСКОЙ) ЭВОЛЮЦИИ

Вспомните, какое строение имеет прокариотная и эукариотная клетки. Какие процессы метаболизма протекают в клетках?

Строение пробионтов постепенно в ходе эволюции усложнялось. Их оболочка все больше становилась похожей на плазматическую мембрану. Это создало условия для накопления внутри пробионтов веществ и протекания реакций метаболизма, что привело к превращению пробионтов в первые клетки.

Первые клетки и эволюция метаболизма. Первые одноклеточные организмы питались готовыми органическими веществами «первичного бульона», т.е. были гетеротрофами. Постепенное истощение запасов органических веществ вызвало конкуренцию первых *одноклеточных* организмов за пищевые ресурсы, что ускорило их эволюцию. В клетках стали синтезироваться ферменты, катализирующие образование органических веществ из неорганических, что привело к появлению автотрофного питания. Предполагают, что первые автотрофы были хемосинтезирующими организмами. Крупнейший ароморфоз в развитии жизни на Земле был связан с появлением фотосинтеза.

В ходе эволюции процесс фотосинтеза имел важные последствия для развития жизни на Земле. Были созданы запасы органического вещества, что привело к расцвету гетеротрофов. В результате фотосинтеза на Земле появился кислород. По мере его накопления в атмосфере создались предпосылки для появления клеток с аэробным дыханием. В верхних слоях атмосферы сформировался озоновый экран, защищавший поверхность планеты от губительных ультрафиолетовых лучей и создавший условия для выхода организмов из воды на сушу.

Существует теория, предполагающая, что уже в начале органической эволюции происходили изменения в метаболизме одноклеточных организмов. Они привели к одновременному появлению среди них производителей, потребителей и разрушителей органического вещества. Согласно этой теории, жизнь на Земле сра-



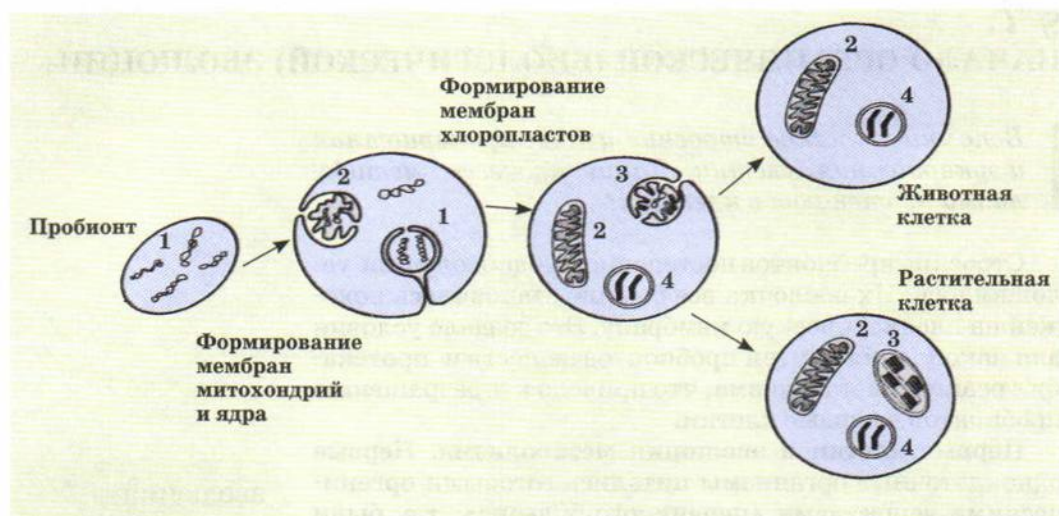


Рис. 33. Схема образования эукариот путем впячивания плазматической мембраны у прокариот: 1 – ДНК; 2 – митохондрия; 3 – хлоропласт; 4 – ядро

зу возникла в форме *первичного биоценоза*, уже включенного в биогеохимический круговорот веществ. Этот биоценоз объединял примитивные одноклеточные организмы, различавшиеся способами питания и был связан с неживой природой древней Земли в единый биогеоценоз. Дальнейшая органическая эволюция шла в направлении выделения из этого первичного биоценоза отдельных организмов, которые затем объединялись уже в другие сообщества.

Эволюция первых клеток. Первые одноклеточные организмы были прокариотами. Они появились около 3,5–3,8 млрд лет назад. Генетический аппарат у них был представлен молекулами РНК. Позднее эти функции перешли к молекулам ДНК, так как двухцепочечная структура оказалась стабильнее, чем одноцепочечная и могла копироваться с большей точностью.

Первые примитивные одноклеточные прокариоты постепенно исчезали. Им на смену приходили новые, более совершенные одноклеточные организмы. В их клетках сформировалось ядро, вследствие чего возросла устойчивость генетического аппарата, достиг совершенства процесс биосинтеза белка и развились новые органеллы, характерные для эукариот. Появление

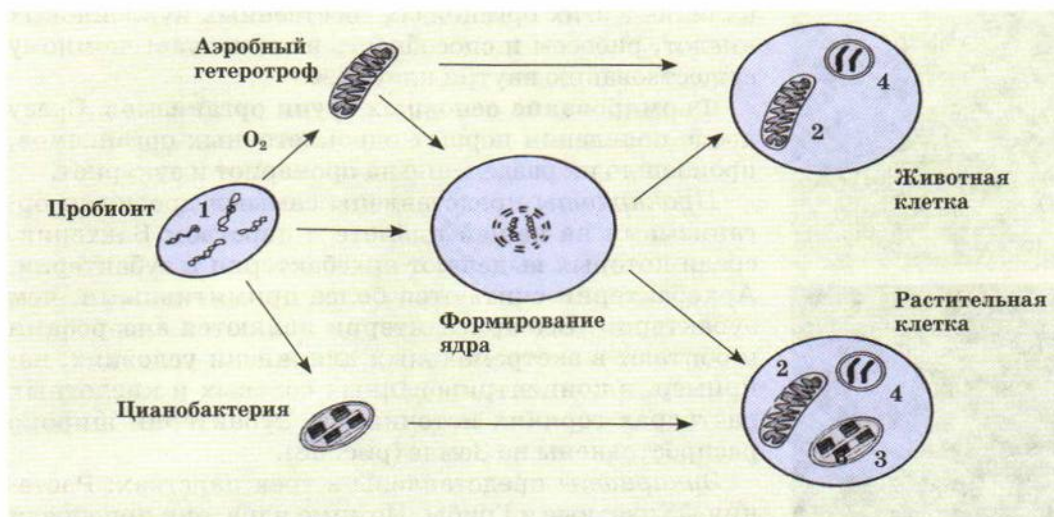


Рис. 34. Схема образования эукариот путем симбиоза прокариот: 1 – ДНК; 2 – митохондрия; 3 – хлоропласт; 4 – ядро

эукариот стало крупнейшим ароморфозом в развитии жизни на Земле.

► Происхождение эукариот от прокариот объясняют две гипотезы. Так, согласно *гипотезе мембраногенеза* животная и растительная клетки образовались из прокариотной путем впячивания ее плазматической мембраны и образования из этих впячиваний внутриклеточных мембранных органоидов (рис. 33). В пользу этой гипотезы свидетельствуют данные о двойном строении мембраны ядра, митохондрий и хлоропластов.

Гипотеза симбиогенеза объясняет возникновение эукариотных клеток как результат нескольких актов симбиоза первичных прокариотных организмов, образовавшихся от пробионтов (рис. 34). Согласно ей, одна группа анаэробных гетеротрофов вступила в симбиоз с первичными фотосинтезирующими цианобактериями и аэробными гетеротрофными бактериями, что привело к образованию растительной эукариотной клетки. Другая группа анаэробных гетеротрофов объединилась только с аэробными гетеротрофными бактериями, в результате чего образовалась животная эукариотная клетка. В пользу этой гипотезы свидетельствует сходство строения митохондрий и хлоропластов с бактериями,

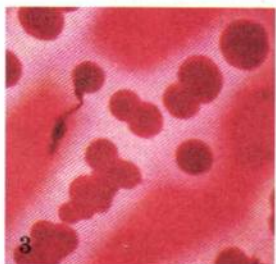


Рис. 35. Прокариоты (эубактерии): 1 – цианобактерии (сине-зеленые, или цианеи); 2 – кишечные палочки; 3 – стафилококки

наличие в этих органоидах собственных нуклеиновых кислот, рибосом и способность их к полуавтономному существованию внутри клетки.◀

Формирование основных групп организмов. Сразу после появления первых одноклеточных организмов, произошло их разделение на прокариот и эукариот.

Прокариоты представлены самыми древними организмами на нашей планете – царством Бактерии, среди которых выделяют архебактерии и эубактерии. Архебактерии считаются более примитивными, чем эубактерии. Все архебактерии являются анаэробами и обитают в экстремальных для жизни условиях, например, в концентрированных солевых и кислотных растворах горячих источников. Эубактерии широко распространены на Земле (рис. 35).

Эукариоты представлены в трех царствах: Растения, Животные и Грибы. Помимо ядра, они приобрели в ходе эволюции еще целый ряд крупных ароморфозов. Формирование у эукариот более сложных, чем у прокариот, хромосом создало предпосылку для появления митоза, обеспечивающего строго равное распределение генетического материала между дочерними клетками при клеточном делении. Дальнейшее усложнение строения привело к возникновению полового процесса, в результате которого стала формироваться диплоидная клетка – зигота. У такой клетки вся наследственная информация оказывается удвоенной, а также лучше, чем у гаплоидной, защищена от повреждения. Любое изменение одной из цепей ДНК у диплоидной клетки восстанавливается дублирующим участком ДНК гомологичной хромосомы. В диплоидных клетках в рецессивном состоянии сохраняются мутации – основной резерв наследственной изменчивости организмов. Диплоидность привела к появлению мейоза, что увеличило комбинативную изменчивость и ускорило темп эволюции клеток.

Крупнейший ароморфоз на начальных этапах органической эволюции – появление *многоклеточности*. Главное ее преимущество перед одноклеточностью состоит в том, что все клеточные структуры и механизмы повторены во много раз, что увеличивает шансы многоклеточных организмов на выживание. Промежуточной на пути к многоклеточности была *колониальность*.

Формирование многоклеточного организма – процесс длительный и сложный. В разных царствах эукариот он проходил по-разному, но основным способом формирования многоклеточности было, по-видимому, деление материнской клетки митозом, не сопровождающееся расхождением образующих дочерних клеток, т.е. дробление. Оно могло также привести к образованию многоядерных клеток. Современный представитель многоядерных организмов – плесневый гриб мукор (рис. 36). Следствием образования перегородок внутри многоядерных клеток также могла стать многоклеточность.

Существуют еще неклеточные формы жизни – представители царства Вирусы. Их эволюционное происхождение до сих пор окончательно не выяснено. Есть две гипотезы. Согласно одной из них, вирусы произошли от бактерий, приспособившихся к внутриклеточному паразитизму и утративших в связи с этим свои структуры: мембраны, рибосомы и др. По другой гипотезе, вирусы возникли до появления клеток и первоначально представляли собой примитивные живые существа, обладавшие простейшими жизненными функциями. В процессе эволюции они были поглощены клетками прокариот и эукариот – стали их внутриклеточными паразитами.

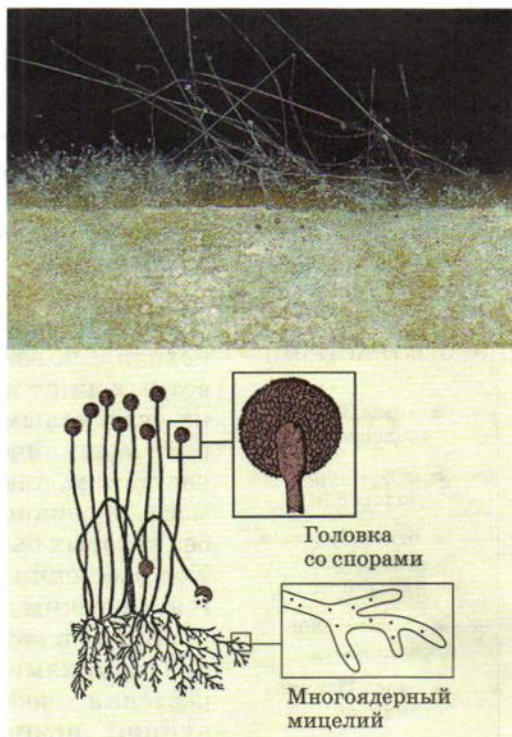


Рис. 36. Плесневый гриб мукор



Организмы: одноклеточные, колониальные, многоклеточные; первичный биоценоз, ► гипотезы мембраногенеза и симбиогенеза, ◄ надцарства: прокариоты, эукариоты.



1. Чем первые организмы отличались от пробионтов? 2. Перечислите основные ароморфозы в эволюции метаболизма у первых организмов. Каковы их последствия для органической эволюции? ► 3. Расскажите о гипотезах происхождения эукариот? ◄ 4. Назовите важнейшие ароморфозы в эволюции первых эукариот? 5. На чем основано выделение царств организмов? 6. Какие существуют гипотезы происхождения вирусов?

§ 8.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Рассмотрите рисунки 38–43. К каким систематическим группам относят изображенных растений? Установите эволюционную преемственность изображенных на рисунках систематических групп растений.

ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ

- отдел Зеленые водоросли
- отдел Бурые водоросли
- отдел Красные водоросли (Багрянки)
- отдел Моховидные
- отдел Плауновидные
- отдел Хвощевидные
- отдел Папоротниковидные
- отдел Голосеменные
- отдел Покрытосеменные

С самого начала эволюция растений и животных происходила во взаимосвязи. Растения поставляли для животных пищу и кислород, те, в свою очередь, снабжали их углекислым газом и удобрениями. Однако ведущая роль в органической эволюции принадлежала все-таки растениям, так как именно они образовали основную массу первичного органического вещества и кислорода, без которых была бы невозможна эволюция животных. Ход эволюции растительного мира представлен филогенетическим древом (рис. 37).

Жизнь в воде. Первые растения – водоросли. Родоначальниками растительного мира считают низшие растения – *водоросли*. Они произошли от первых древнейших ископаемых прокариот – цианобактерий. В своем эволюционном развитии водоросли прошли усложнение от одноклеточности через колониальность к многоклеточности. В их жизненном цикле наметилось разделение на два поколения: бесполое (*спорофит*) и половое (*гаметофит*).

Одноклеточные водоросли имеют микроскопические размеры. Многоклеточные водоросли в ходе эволюции достигли значительной величины тела (слоевища), не имеющего корней, стеблей и листьев. Жизнь большинства водорослей связана с водой. Объясняется это не только тем, что клетки их тела быстро высыхают на воздухе, но и тем, что их гаметы могут передвигаться с помощью жгутиков в водной среде. Приспособление водорослей к жизни в воде проявилось и в появлении у них разнообразных пигментов, с помощью которых осуществляется фотосинтез (рис. 38). Например, зеленые водоросли содержат хлорофилл и обитают в слоях воды, хорошо проникаемых для света. Бурые водоросли встречаются глубже, где света меньше, поэтому по-

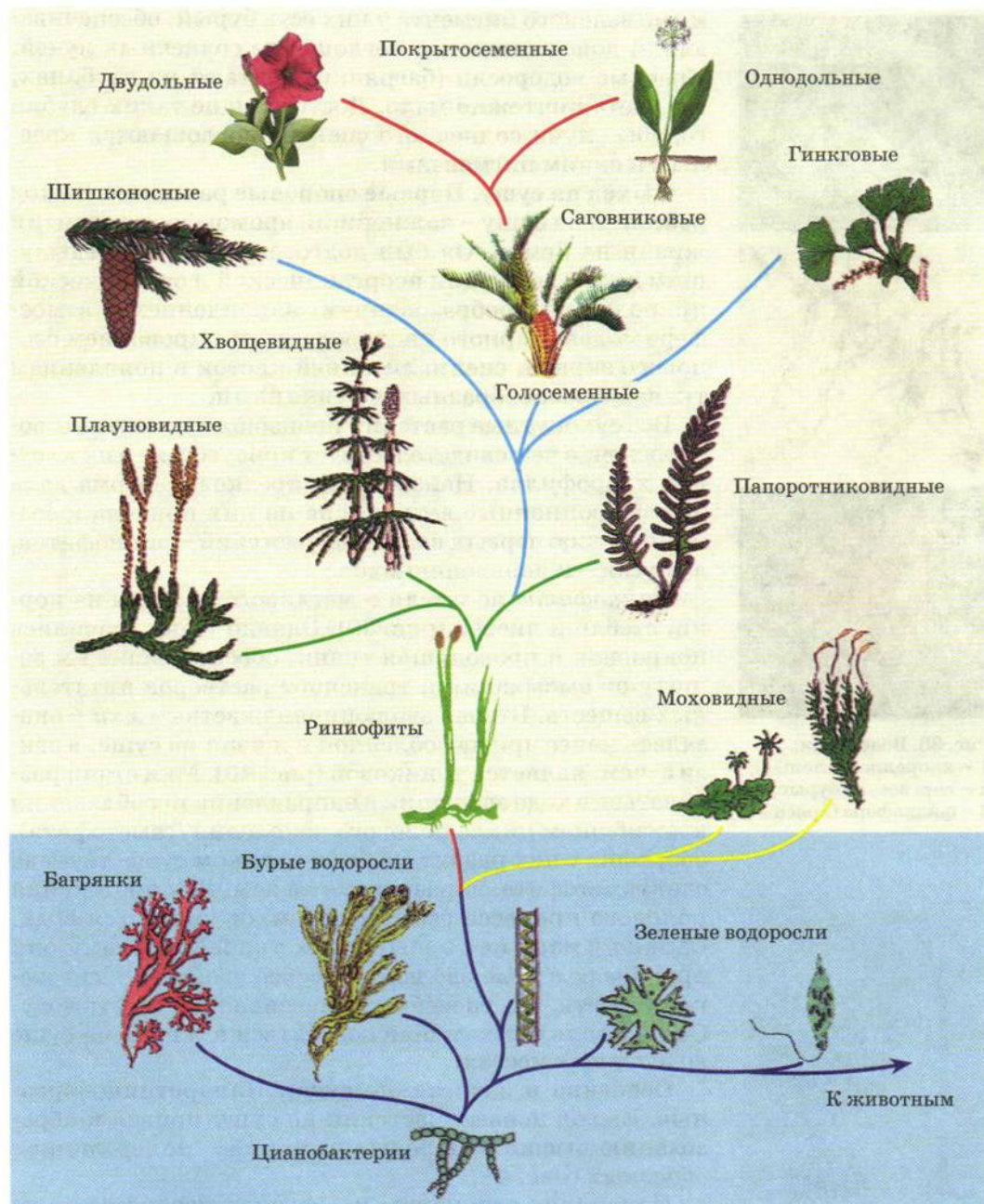


Рис. 37. Филогенетическое древо растительного мира

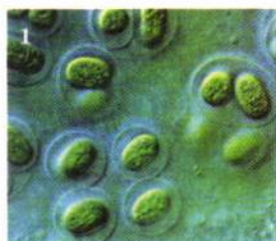


Рис. 38. Водоросли:
1 – хлорелла (зеленые);
2 – саргассум (бурые);
3 – филлофора (красные)

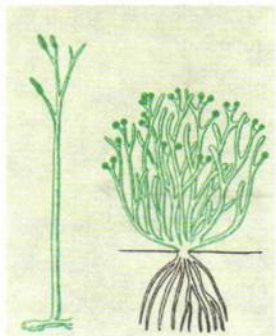


Рис. 39. Риниофиты

мимо зеленого пигмента у них есть бурый, обеспечивающий дополнительное поглощение солнечных лучей. Красные водоросли (багрянки) обитают на глубинах, где света ничтожно мало. Достигающие таких глубин голубые лучи солнечного спектра поглощаются красным и синим пигментами.

Выход на сушу. Первые споровые растения. Выход растений на сушу – важнейший ароморфоз в развитии жизни на Земле. Он был подготовлен всем предыдущим ходом эволюции неорганической и органической природы: почвообразованием, накоплением в атмосфере молекулярного кислорода и формированием озонового экрана, специализацией клеток и появлением тканей с разнообразными функциями.

Все сухопутные растения произошли от зеленых водорослей, о чем свидетельствует присутствие в их клетках хлорофилла. Неизвестная предковая форма дала две эволюционные ветви: одна из них привела к возникновению первых наземных растений – риниофитов, а другая – к появлению мхов.

Риниофиты не имели отчетливого деления на корни, стебли и листья (рис. 39). Однако у них развились покровная и проводящая ткани, обеспечившие им защиту от высыхания и транспорт растворов питательных веществ. Вторая эволюционная ветвь – *мхи* – оказалась менее приспособленной к жизни на суше, в связи с чем, является тупиковой (рис. 40). Мхи стали развиваться в ходе эволюции в направлении преобладания в жизненном цикле полового поколения (гаметофита), спорофит у них развит слабее и целиком существует за счет гаметофита, паразитируя на нем. Для протекания полового процесса гаметофиту мхов требуется вода. Однако у мхов нет проводящих тканей, поэтому они приобрели в ходе эволюции особое свойство – гигроскопичность, т.е. способность пассивно всасывать воду. Она позволила мхам приспособиться к жизни на суше во влажных местах.

Освоение и завоевание суши. Папоротникообразные. Выход первых растений на сушу привел к образованию высших споровых растений – *папоротникообразных* (рис. 41).

Изменение структуры их органов играло важную роль в их эволюции на суше. Ветвистая форма побегов

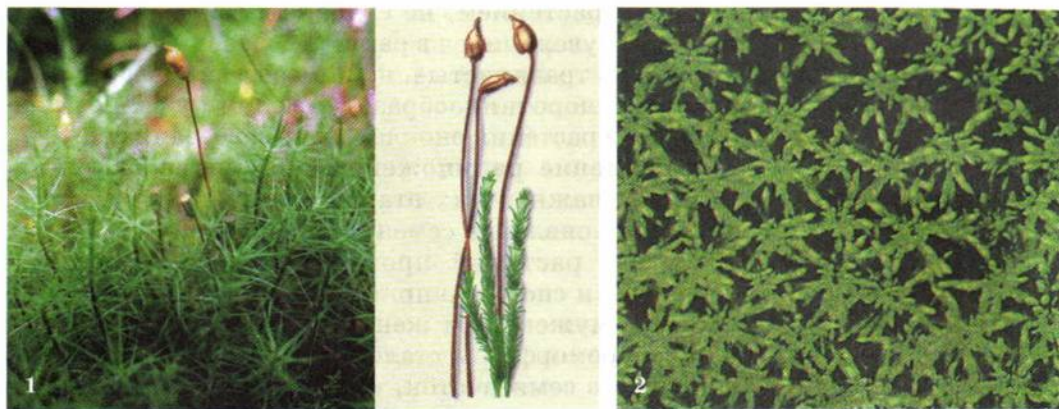


Рис. 40. Мхи: 1— кукушкин лен; 2 — сфагнум

во много раз увеличила площадь улавливания надземной частью растения солнечного света и поглощения углекислого газа. Корнеподобные выросты (ризоиды) и настоящие корни не только удерживают растения в почве, но и обеспечивают эффективное всасывание из нее воды и минеральных веществ.

Параллельно с усложнением строения и функций вегетативных органов эволюционировал у папоротникообразных и процесс размножения. В их жизненном цикле стал преобладать спорофит. Гаметофит представлен небольшой зеленой пластинкой — заростком. Этот ароморфоз имел важное значение для эволюции растительного мира на Земле. Спорофит стал самосто-



Рис. 41. Папоротникообразные: 1 — плаун булавовидный; 2 — хвощ лесной; 3 — папоротник страусопер



Рис. 42. Голосеменные – сосна обыкновенная. Побеги с женскими (а) и мужскими (б) шишками

ятельным растением, не связанным с гаметофитом, поэтому он увеличился в размерах и эволюционировал не только в травянистые, но и в древесные формы. Из древних папоротникообразных сформировались первые леса, и растения окончательно завоевали сушу.

Усложнение размножения. Семенные растения. Одним из важнейших этапов в эволюции растений считается появление семенных папоротников. У этих вымерших растений произошла дифференциация спорангиев и спор, что привело к развитию разных по размерам мужского и женского гаметофитов. Крупнейшим ароморфозом стало преобразование женского спорангия в семязачаток, а мужского – в пыльцевые гнезда. В результате этих процессов на Земле появились *голосеменные* (рис. 42), у которых женский гаметофит представлен семязачатком с яйцеклеткой, а мужской – пыльцевым зерном. Половые клетки у голосеменных формируются во внутренних тканях, поэтому вода перестала играть роль необходимого условия для протекания полового процесса.

Не менее важным ароморфозом у голосеменных растений стало размножение не спорами, лишенными запасов питательных веществ, а семенами. Семена хорошо защищены покровами и содержат запас питательных веществ, необходимых для развития зародыша при прорастании. Это позволило голосеменным широко распространиться по планете, даже в условиях засушливого и холодного климата.

У второй группы семенных растений – *покрытосеменных*, или *цветковых* (рис. 43) к этим ароморфозам добавились еще два. Первый состоял в появлении цветка, ставшего важнейшим приспособлением к опылению и оплодотворению. Другой ароморфоз – развитие плода, органа обеспечившего защиту и распространение семян. Кроме ароморфозов покрытосеменных в ходе эволюции приобрели ряд идиоадаптаций. Так, их цветки приспособлены к разным способам опыления, а плоды и семена – к разным способам распространения. Многие покрытосеменные стали листопадными растениями, что связано с приспособлением к сезонным изменениям климата. Все эти особенности обеспечили покрытосеменным в настоящее время господствующее положение в растительном мире.



Рис. 43. Покрытосеменные (цветковые): 1 – боярышник; 2 – шафран

Основные черты эволюции растительного мира.

1. Уменьшение от водорослей к голосеменным и покрытосеменным растениям в жизненном цикле доли полового (гаметофита) и преобладание бесполого (спорофита) поколения.
2. Переход от наружного оплодотворения (у водорослей, мхов) к внутреннему оплодотворению; утрата зависимости полового процесса от воды.
3. Разделение тела растений на корни, стебли и листья. Развитие тканей для выполнения функций опоры, защиты, питания, транспорта и др.
4. Приспособление семенных растений к разным способам опыления, распространения семян и плодов.



Водоросли, риниофиты, мхи, папоротникообразные (плауны, хвощи, папоротники), семенные папоротники, голосеменные, покрытосеменные (цветковые).



1. Почему ведущую роль в эволюции органического мира играли растения? 2. Какие ароморфозы обеспечили широкое распространение водорослей на Земле? 3. Каковы предпосылки выхода растений на сушу? 4. Какие ароморфозы обеспечили освоение папоротникообразными суши? 5. Почему мхи считают тупиковой ветвью эволюции? 6. В чем преимущества семенного размножения над споровым? 7. Какие ароморфозы и идиоадаптации обеспечили семенным растениям господствующее положение в растительном покрове Земли? 8. Перечислите основные черты эволюции растительного мира.

§ 9.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ЖИВОТНОГО МИРА

Рассмотрите рисунки 44, 46–53. К каким систематическим группам относят изображенных животных? Установите эволюционную преемственность систематических групп.

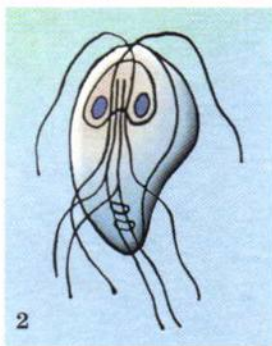


Рис. 44. Простейшие:
1 – амёба; 2 – лямблия;
3 – трипаносома

Эволюция животного мира неразрывно связана с эволюцией растений. Животные нуждаются в органических веществах, создаваемых растениями. Это обусловило главное направление их эволюции по пути развития органов, обеспечивающих поиск, захват и переваривание пищи. Ход эволюции животных представлен филогенетическим деревом (рис. 45).

Жизнь в воде. Первые животные – простейшие. Предки всех животных – древние *простейшие*, имевшие жгутики. На это указывает их сходство с одноклеточными водорослями – предками растений. Несмотря на одноклеточность, простейшие – довольно сложно организованы. В их клетках находятся органеллы, выполняющие функции, аналогичные органам многоклеточных животных (рис. 44). Клетка простейших – самостоятельный организм, у которого произошла специализация органелл. Жгутик отвечает за движение, пищеварительные вакуоли – за переваривание пищи. В этих условиях дальнейшие эволюционные изменения простейших могли пойти лишь по пути увеличения числа органелл в клетке. Появились многожгутиковые и многоядерные формы, у которых процессы жизнедеятельности стали протекать более интенсивно.

Двухслойные животные – кишечнополостные. Специализация клеток у кишечнополостных привела к появлению у них тканей, органов, обособлению наружного и внутреннего слоев. Внешне почти все кишечнополостные похожи на мешок, в верхней части которого расположено ротовое отверстие, ведущее в пищеварительную полость (рис. 46). Ее обособление привело к развитию у кишечнополостных ловчих щупалец, снабженных стрекательными клетками. Способность щупалец к сокращению стала стимулом к развитию у кишечнополостных сетчатой нервной системы и ор-

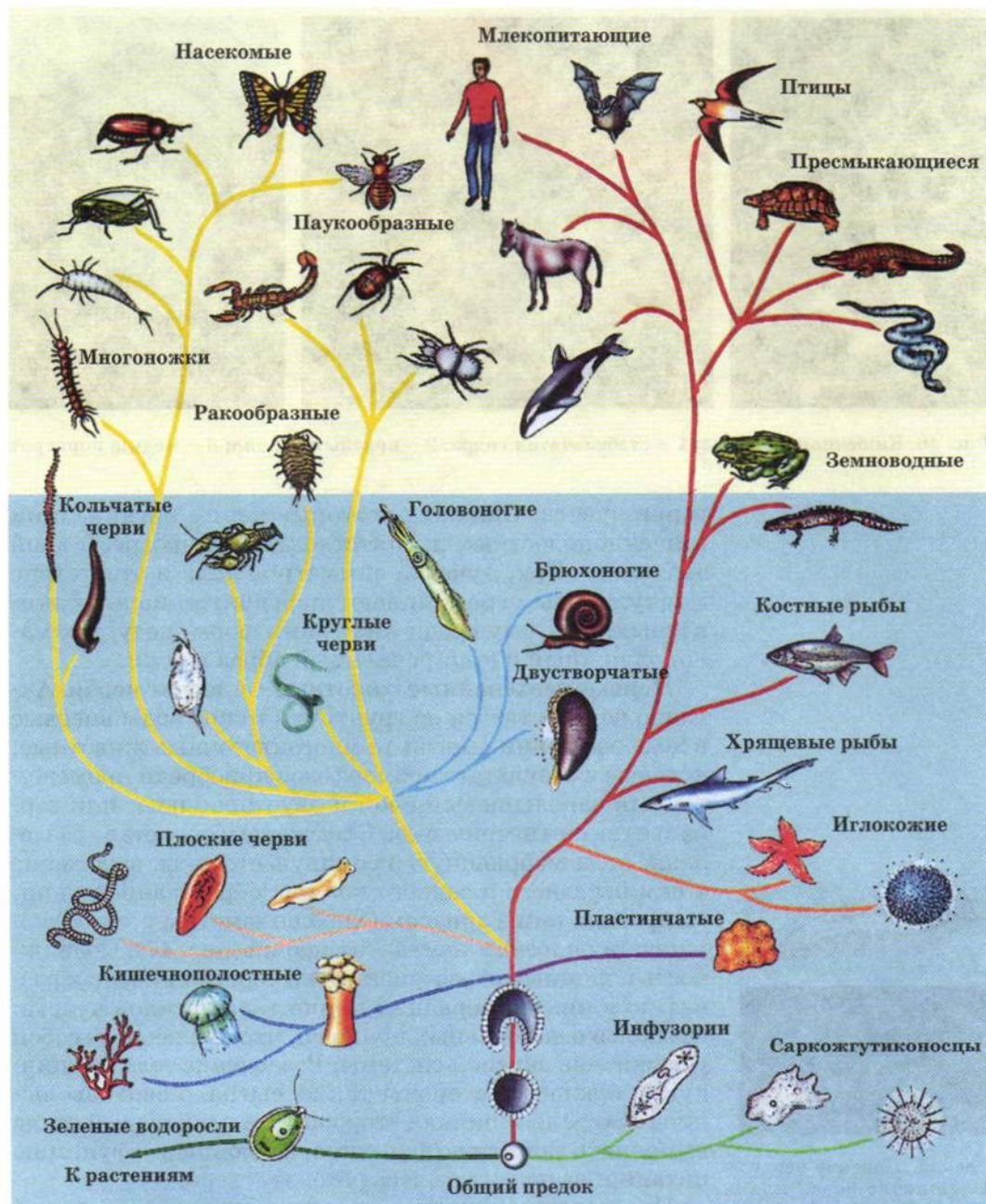


Рис. 45. Филогенетическое древо животного мира



Рис. 46. Кишечнополостные: 1 – стебельчатая гидра; 2 – красный коралл; 3 – медуза корнерот

ганов чувств. Однако некоторые черты организации кишечнополостных препятствовали их прогрессивной эволюции. Так, лучевая симметрия тела и отсутствие мускулатуры ограничивают передвижение этих животных. Поэтому среди них много форм, ведущих малоподвижный и прикрепленный образ жизни.

Первые трехслойные животные – плоские черви. Активно передвигаться по грунту и в толще воды впервые в ходе эволюции смогли те многоклеточные животные, которые в результате ароморфозов приобрели промежуточный зародышевый слой и двустороннюю, или зеркальную, симметрию тела. Следствием этого стало разделение тела на брюшную и спинную стороны, выделение в нем переднего и заднего концов, образование мышц. Например, такие признаки хорошо заметны у свободноживущих *плоских червей* – планарий (рис. 47). Подвижность и хищный образ жизни этих червей привели к развитию у них на переднем конце тела органов чувств: глазков и осязательных щупалец, что повлекло за собой усложнение нервной системы. Разделение тела на спинную и брюшную стороны также сыграло свою эволюционную роль. Спинная сторона тела этих червей стала выполнять защитную функцию, а брюшная – функцию питания: на ней открылось ротовое отверстие.

Прогрессивные черты организации плоских червей позволили им не только освоить водную среду, но и про-

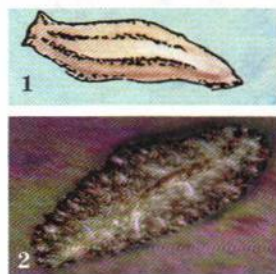


Рис. 47. Плоские черви: 1 – молочно-белая планария; 2 – морская планария

никнуть на сушу. Черви ряда видов стали обитать в почве. Другие перешли к паразитическому образу жизни. От плоских червей произошли круглые и кольчатые черви, а от последних – *членистоногие*, у которых появились признаки, обеспечившие им выход на сушу и распространение на ней.

Первый выход и освоение животными суши. Членистоногие. Главной предпосылкой завоевания членистоногими суши было развитие у них в результате ароморфозов расчлененных конечностей рычажного типа и твердого хитинового покрова. Такие группы членистоногих, как ракообразные, остались жить в воде, а паукообразные и насекомые освоили наземно-воздушную и почвенную среды (рис. 48). Наибольшего эволюционного расцвета среди членистоногих достигли насекомые. Этому способствовали их рычажные конечности, ротовые аппараты и трахеи. Вместе с тем некоторые черты организации насекомых ограничили возможности их эволюции. Например, хитиновый покров препятствовал увеличению размеров тела вследствие своей жесткости и большой массы. Это было преодолено в развитии хордовых, достигших на Земле не меньшего, чем насекомые, эволюционного расцвета.

Первые хордовые животные. Жизнь в воде. Рыбы. Самый крупный ароморфоз *хордовых* – появление внутреннего скелета. Он служит опорой тела и защитой органов. Предками хордовых животных были вымершие бесчелюстные рыбы. От них в ходе эволюции произошли первые челюстноротые *рыбы*, у которых из первой пары жаберных дуг образовались подвижные челюстные кости, а на теле из кожных складок развились плавники. Эти ароморфозы позволили рыбам активно захватывать пищу и значительно увеличили их скорость и маневренность передвижения в воде, что способствовало развитию головного мозга. Дальнейшая эволюция рыб шла по пути совершенствования скелета и плавников. У рыб одной группы (хрящевых) развился хрящевой скелет, у рыб другой группы (костных) – костный (рис. 49).

Второй выход животных на сушу. Земноводные. От первых наземных позвоночных – ихтиостег – потомков кистеперых рыб произошли стегоцефалы, а от них остальные *земноводные*, вставшие на путь идиоадап-



Рис. 48. Членистоногие:
1 – краб; 2 – сенокосец;
3 – бабочка дневной павлиний глаз

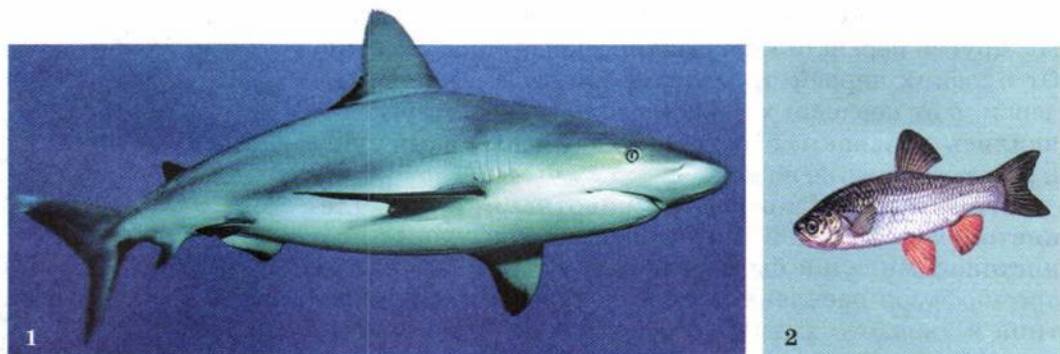


Рис. 49. Рыбы: 1 – рифовая акула (хрящевые); 2 – голавль (костные)



Рис. 50. Земноводные: 1 – квакша; 2 – саламандра

тации к разным условиям существования (рис. 50). Земноводные приобрели ряд эволюционно продвинутых черт. У них появились легкие и трехкамерное сердце, два круга кровообращения, пятипалые конечности, приспособленные к передвижению по суше. Соединение отделов в конечностях стало подвижным, развились суставы. Земноводные внесли заметный вклад в эволюцию животного мира, но их размножение осталось тесно связанным с водой. Поэтому им не удалось широко освоить сушу.

Завоевание позвоночными суши. Пресмыкающиеся. Птицы. Млекопитающие. Первыми позвоночными животными, завоевавшими сушу, стали *пресмыкающиеся* (рис. 51). Этому предшествовали два крупных ароморфоза – появление роговой чешуи и амниотического яйца. Кожные покровы пресмыкающихся стали непроницаемыми для воды и атмосферного воздуха.

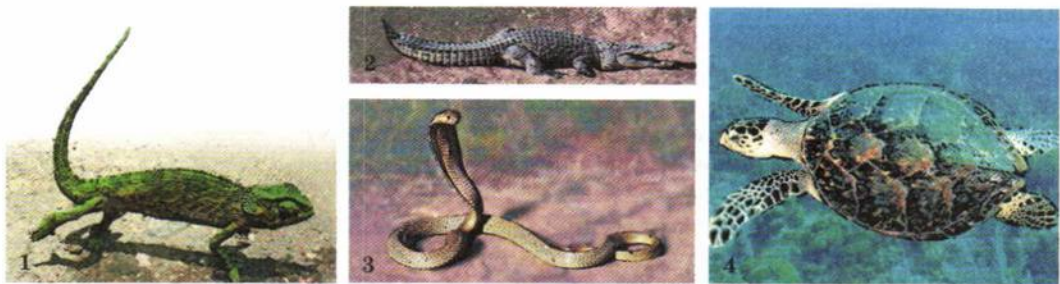


Рис. 51. Пресмыкающиеся: 1 – хамелеон; 2 – нильский крокодил; 3 – кобра; 4 – морская черепаха

Вследствие этого дыхательная поверхность лёгких у пресмыкающихся увеличилась, а в желудочке сердца появилась неполная перегородка. Зародышевые оболочки вокруг яйцеклетки обеспечили питание, дыхание и процессы выделения у зародыша, что сделало размножение пресмыкающихся не зависящим от водной среды. Внутреннее оплодотворение яйцеклетки, происходящее в организме самки, повысило надёжность размножения. Однако в то же время оно снизило плодовитость амниотических животных – пресмыкающихся, птиц и млекопитающих – по сравнению с земноводными и рыбами.

Дальнейшее освоение в процессе эволюции наземно-воздушной среды обитания продолжили *птицы* и *млекопитающие* (рис. 52, 53). Они приобрели ряд эволюционно продвинутых черт, главные из которых теплокровность и сложное поведение.

Теплокровность, т.е. поддержание температуры тела постоянной, не зависящей от окружающей среды, осуществляется в основном благодаря повышению уровня обмена веществ. Этому способствовали четырехкамерное сердце, более совершенные легкие, перьевой и волосной покровы, защищающие тело от колебаний



Рис. 52. Птицы: 1 – колибри; 2 – африканский страус



Рис. 53. Млекопитающие: 1 – бурый медведь; 2 – рыжий кенгуру

ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ

- тип Саркожгутиконосцы
- тип Инфузории
- тип Кишечно-полостные
- тип Плоские черви
- тип Круглые черви
- тип Кольчатые черви
- тип Моллюски
- тип Членистоногие
- тип Хордовые

температуры окружающей среды. Теплокровность расширила рамки суточной и сезонной активности птиц и млекопитающих, тем самым создав условия для их широкого распространения на Земле.

Развитие головного мозга у птиц и млекопитающих, особенно его больших полушарий, привело к усложнению их поведения. Оно проявилось прежде всего в сильно выраженной заботе о потомстве у этих животных и способности к обучению, т.е. к выработке условных рефлексов. Сложное поведение привело к различным формам группового сотрудничества, к появлению представителей высшего отряда млекопитающих – приматов, и к возникновению в ходе дальнейшей биологической и социальной эволюции человека.

Основные черты эволюции животного мира.

1. Развитие многоклеточности, специализация клеток, появления тканей, органов и систем органов.
2. Образование наружного и внутреннего скелетов – опоры тела и защиты органов, развитие подвижных рычажных конечностей.
3. Появление нервной системы и усложнение поведения, обеспечивших приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды.
4. Становление форм группового взаимодействия, отделяющих биологическую форму эволюции от социальной.



Простейшие, кишечнополостные, плоские черви, членистоногие, хордовые: рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие.



1. Почему в процессе эволюции не все одноклеточные животные превратились в многоклеточных? 2. В чем проявилось усложнение организации многоклеточных животных по сравнению с одноклеточными? 3. Перечислите ароморфозы, предшествовавшие выходу беспозвоночных и позвоночных животных на сушу? 4. Какими преимуществами в организации и жизнедеятельности обладают позвоночные животные по сравнению с беспозвоночными? 5. Почему среди позвоночных животных наибольшего эволюционного расцвета достигли костные рыбы, птицы и млекопитающие? 6. Перечислите основные черты эволюции животного мира. 7. Какое значение имело появление млекопитающих для эволюции органического мира на Земле?

§ 10.

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ ПО ЭРАМ И ПЕРИОДАМ

Вспомните, из каких единиц состоит геохронологическая шкала. В каком виде в земной коре сохраняются ископаемые остатки организмов?

Самые древнейшие эры в истории Земли: архейская и протерозойская. Время, предшествовавшее этим эрам, называют катархеем. Эти эры характеризуются малым количеством ископаемых остатков. Три следующие эры – палеозойская, мезозойская и кайнозойская – изучены достаточно хорошо, так как ископаемых остатков этих времен много, и они хорошо сохранились.

Катархей и архейская эра. В первые 1,5 млрд лет после образования Земли организмов на ней не существовало. Это был доорганизменный этап развития нашей планеты – *катархей* (от греч. *kat* – ниже, *archaios* – древнейший). Около 4–4,5 млрд лет назад начала формироваться поверхность Земли, происходили интенсивные вулканические процессы, горообразование и возникновение первичной атмосферы (рис. 54).

ЭРЫ

- архейская
- протерозойская
- палеозойская
- мезозойская
- кайнозойская



Рис. 54. Катархей



Рис. 55. Строматолиты – известковые отложения, образовавшиеся в результате жизнедеятельности древних цианобактерий



Рис. 56. Морское дно протерозойской эры: 1 – примитивный сидячий полип; 2 – листовидные организмы – предшественники плоских червей; 3 – организмы неясного систематического положения; 4 – бурая водоросль; 5 – медуза; 6 – предок трилобитов

Жизнь возникла на границе катархея и архейской эры (от греч. *archaios* – древнейший). Об этом свидетельствуют находки остатков микроорганизмов в породах возрастом 3,5–3,8 млрд лет. Сохранившиеся следы жизни незначительны (рис. 55), поэтому об организмах архея известно немного. Это были прокариоты – примитивные гетеротрофные архебактерии и фотосинтезирующие цианобактерии. Развитие древних прокариот привело к появлению первых эукариот – одноклеточных зеленых водорослей. На границе архейской и протерозойской эр уже существовали многоклеточные зеленые водоросли.

Протерозойская эра. *Протерозойская эра* (от греч. *proteros* – ранний и *zoe* – жизнь) – самая продолжительная в истории Земли. Она началась около 2,5 млрд лет назад. Бактерии и водоросли достигли в протерозое расцвета. В результате жизнедеятельности микроорганизмов образовались месторождения железа, никеля, марганца и серы. Принципиально изменился и газовый состав атмосферы. Благодаря фотосинтезу содержание свободного кислорода в атмосфере достигло 0,2%, что обеспечило возникновение аэробных организмов. На планете начал формироваться озоновый экран. Господство прокариот сменилось расцветом эукариот (рис. 56). Возникли красные и бурые водоросли, появились грибы. Животный мир составляли губки, кишечнополостные, плоские, кольчатые черви, членистоногие, моллюски и иглокожие.

Палеозойская эра. *Палеозойская эра* (от греч. *palaaios* – древний и *zoe* – жизнь) началась 570 млн лет назад. В ней выделяют: первую (кембрийский, ордовикский, силурийский периоды) и вторую половину (девонский, каменноугольный и пермский периоды).

Кембрийский период характеризовался умеренным климатом. Растительный мир был представлен различными водорослями. В фауне преобладали древние членистоногие – трилобиты (рис. 57). В *ордовикском периоде* произошло значительное погружение суши: большая ее часть оказалась занята морями. В них преобладали бурые и красные водоросли. В фауне появились головоногие моллюски и полухордовые животные. **Силурийский период** характеризовался образованием значительных площадей суши (рис. 58). Завершилось

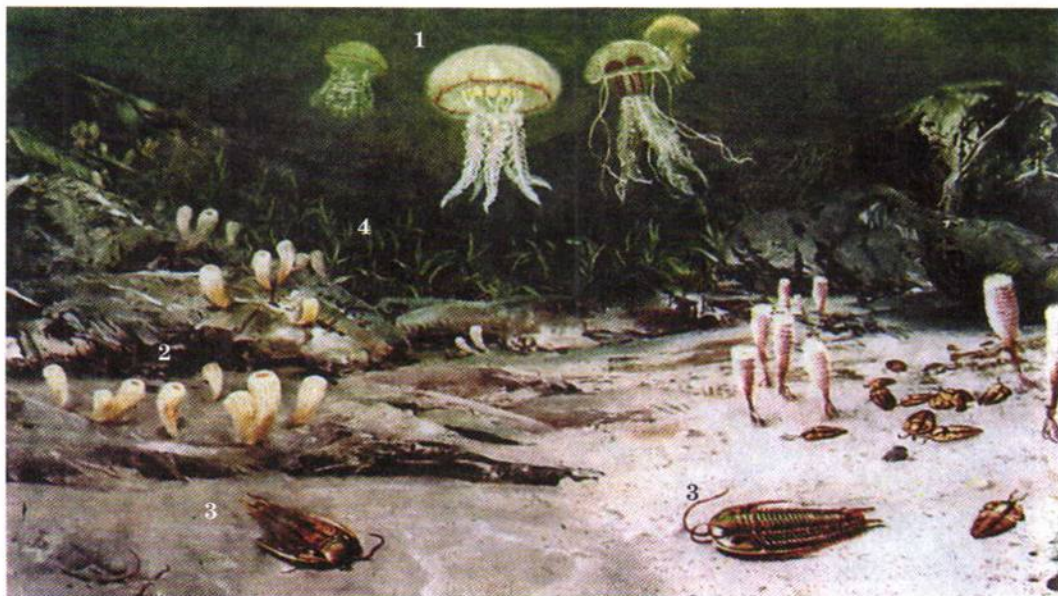


Рис. 57. Дно кембрийского моря: 1 – медузы; 2 – губки; 3 – трилобиты; 4 – водоросли

формирование озонового экрана. На берегах водоёмов появились первые наземные растения – риниофиты. В *девонском периоде* произошло поднятие суши (рис. 59). Климат стал резко континентальным и появились пустыни. Концентрация кислорода в атмосфере достигла современной. Начался расцвет споровых растений – плаунов, хвощей и папоротников. В морях было много панцирных рыб, от которых произошли хрящевые и костные рыбы. В конце периода появились первые земноводные – стегоцефалы. *Каменноугольный период* характеризовался теплым и влажным климатом. Образовались первые леса из споровых растений (рис. 60). Во флоре появились и первые голосеменные растения. Это привело к накоплению в атмосфере Земли кислорода (до 40%), что вызвало впоследствии бурное развитие животного мира. Богаче в каменноугольном периоде стала наземная фауна. Среди беспозвоночных животных преоблада-



Рис. 58. Дно силурийского моря: 1 – рако-скorpion; 2 – бесчелюстная рыба

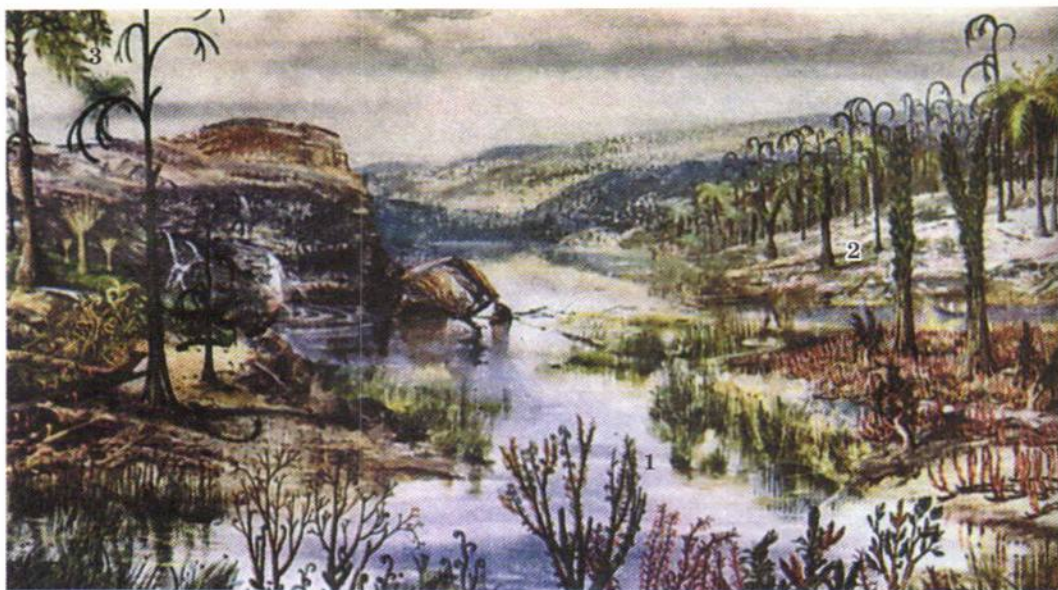


Рис. 59. Девонский период: 1 – риниофиты; 2 – древние плауны; 3 – древний папоротник

ПАЛЕОЗОЙСКАЯ ЭРА

- кембрийский период
- ордовикский период
- силурийский период
- девонский период
- каменноугольный период
- пермский период

ли скорпионы, пауки, клещи и летающие насекомые. В конце периода от земноводных произошли первые пресмыкающиеся – котилозавры. В *пермском периоде* климат стал сухим. Произошло отступление морей и образовались внутренние водоемы (рис. 61). В связи с иссушением климата исчезли леса из древовидных плаунов, хвощей и папоротников, образовав залежи каменного угля. На смену папоротникообразным пришли голосеменные растения. Вымерли стегоцефалы и увеличилось разнообразие пресмыкающихся.

Мезозойская эра. *Мезозойская эра* (от греч. *mesos* – средний и *zoe* – жизнь) началась около 230 млн лет назад. В ней выделяют триасовый, юрский и меловой периоды.

В *триасовом периоде* начался распад древнего суперконтинента Пангеи на Лавразию и Гондвану. Флора состояла в основном из голосеменных растений: хвойных, гинкговых и саговниковых. От группы звероподобных рептилий в триасе произошли первые яйцекладущие млекопитающие – триконодонты (рис. 62). *Юрский период* характеризовался появлением на суше, в воде и воздухе разнообразных пресмыкающихся – ящериц,



Рис. 60. Каменноугольный период: 1 – гигантское насекомое (меганевра); 2 – каламиты; 3 – лепидодендрон; 4 – семенной папоротник (птеридосперм); 5 – кордаит (первое голосеменное)

черепах, крокодилов, а также крупных форм – динозавров (рис. 63). В конце периода от птицетазовых пресмыкающихся произошли первоптицы – археоптерикс и протоавис. В меловом периоде произошел раскол Гондваны и обособление Африки, Австралии, Антарктиды и Южной Америки. В начале периода появились первые покрытосеменные растения – тополя, эвкалипты, пальмы и дубы. В морях широко распространились моллюски и костистые рыбы. Одновременно происходит массовое вымирание животных. На суше все еще продолжалось господство пресмыкающихся, но уже появились настоящие птицы. От триконодонтов к концу периода произошли сумчатые и плацентарные млекопитающие.

Кайнозойская эра. Кайнозойская эра (от греч. *kainos* – новый и *zoe* – жизнь) началась 67 млн лет назад и продолжается до настоящего времени. В эре выделяют палеогеновый, неогеновый и антропогенный периоды. Иногда палеогеновый и неогеновый периоды объединяют в третичный, а антропогенный называют четвертичным периодом. В начале эры в большинстве районов Земли был теплый климат. В конце третично-

МЕЗОЙСКАЯ ЭРА





Рис. 61. Пермский период. Стегоцефалы



Рис. 62. Триасовый период. Первое млекопитающее – триконодонт

го периода наступило похолодание, захватившее и четвертичный период. Во флоре господствующее место заняли покрытосеменные растения. В палеогеновом периоде преобладали однодольные, а в неогеновом – двудольные растения. Изменилась и фауна. Место вымерших динозавров заняли птицы и млекопитающие. Появляются хищные, копытные, хоботные, грызуны, китообразные и приматы (рис. 64). К концу неогено-

КАЙНОЗОЙСКАЯ ЭРА

- третичный период (палеогеновый, неогеновый)
- четвертичный период (антропогеновый)

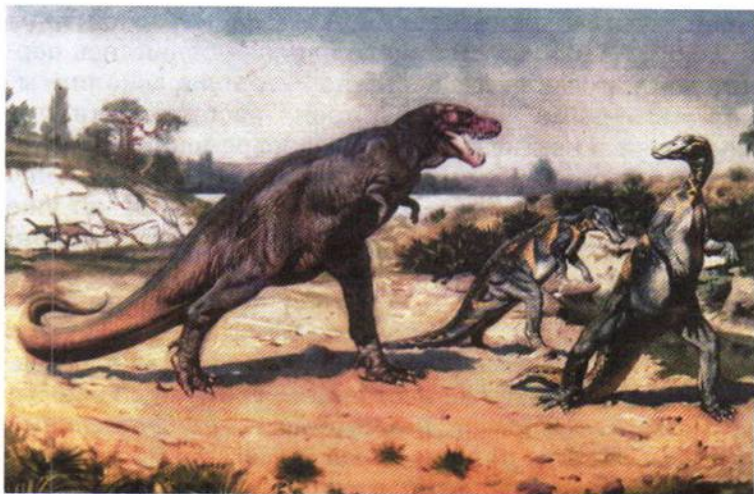


Рис. 63. Юрский период. Тираннозавр нападает на утконосых ящеров

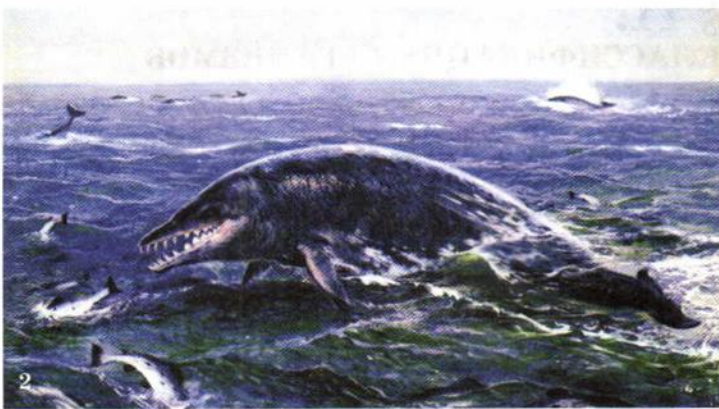


Рис. 64. Вымершие животные кайнозойской эры: 1 – индрикотерий; 2 – первое китообразное – цетглодон

вого периода завершается формирование современной фауны. Важнейшее эволюционное событие, отличающее четвертичный период от всех других, – появление человека. Постепенно человек занял господствующее положение на Земле, существенно преобразовав растительный и животный мир планеты.



Катархей, эры: архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская, кайнозойская; периоды: кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский, триасовый, юрский, меловой, палеогеновый и неогеновый (третичный), антропогеновый (четвертичный).



1. Назовите основные события в развитии органического мира архейской и протерозойской эр. 2. Когда появились первые наземные растения и животные? Какие процессы предшествовали их выходу на сушу? 3. Чем объясняется процветание папоротникообразных в каменноугольном периоде и их вымирание в пермском? 4. Приведите примеры ароморфозов у растений и животных, обеспечивших их эволюцию в мезозойской и кайнозойской эрах.



Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

Развитие жизни на Земле

Эра	Возраст	Период	Растительный мир	Животный мир

§ 11.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЗМОВ

Рассмотрите рисунки 66, 68. На чем основаны изображенные на них системы классификации растений и животных? Отражают ли данные системы эволюционное родство изображенных организмов? Ответ поясните.

Возникшие в ходе эволюции организмы составляют *биологическое разнообразие* нашей планеты. Оно, кроме общего числа видов растений, животных, грибов и микроорганизмов, включает всю совокупность генов живущих на Земле особей – ее генофонд. Для того, чтобы понять, какие организмы составляют биологическое разнообразие, их необходимо сгруппировать по родству. Этим занимается *систематика* – наука о классификации организмов.

Зарождение и развитие систематики. Самые первые попытки классификации организмов принадлежат ученым Античности. Так, древнегреческий ученый Аристотель весь животный мир разделил на животных с кровью и животных без крови. Его ученик и последователь – Теофраст предпринял попытку классификации растений. В более поздние времена целостную систему растительного мира создал итальянский ученый Андреа Чезальпино (1519–1603). Его система объединяла около 800 растений и была основана на особенностях строения семян, плодов и цветков. Все вышеназванные *системы классификации* были искусственными, так как не отражали родства между организмами, а основывались лишь на произвольно взятых отдельных признаках.

Вершина создания искусственных систем – классификации растительного и животного мира шведского ученого Карла Линнея (рис. 65). В книге «Система природы» он разделил все растения на 24 класса, различавшихся строением тычинок и пестиков цветков (рис. 66). Произвольно взятые признаки растений привели к путанице. Так, в один класс растений с пятью тычинками попали неродственные колокольчик, смородина и морковь, а родственные черника и брусника оказались в разных классах.

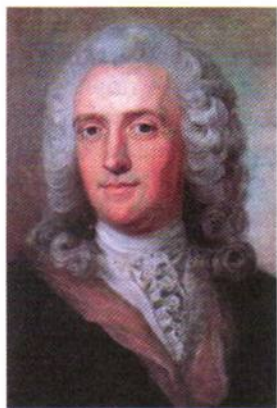


Рис. 65. Карл Линней (1707–1778)

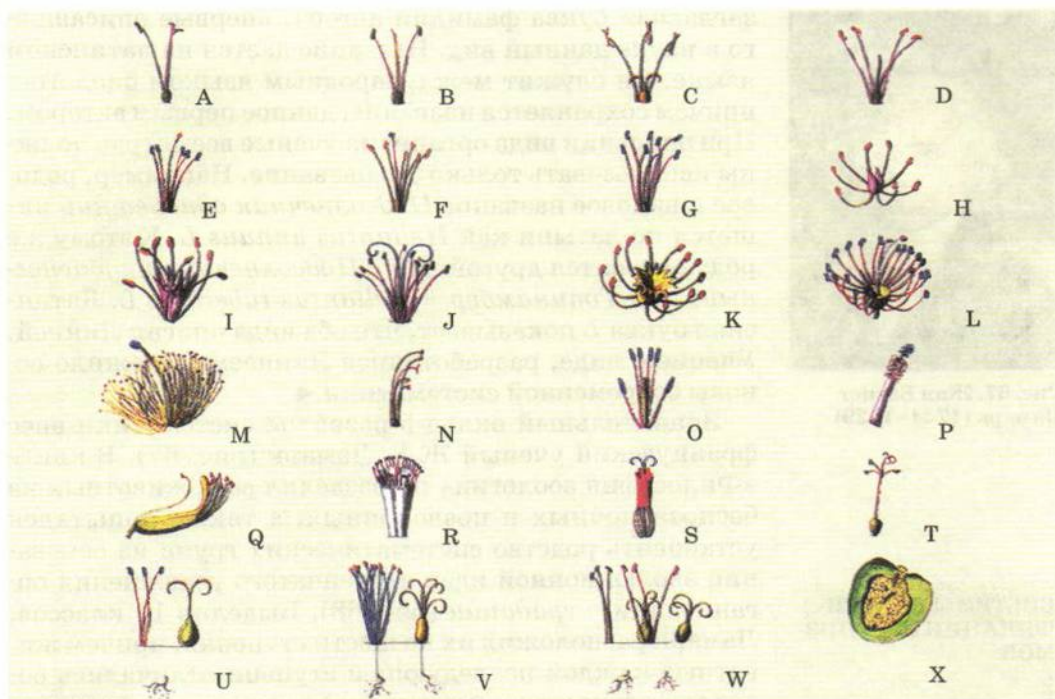


Рис. 66. Классификация растений по Линнею: А – Х – разные классы

Искусственной была у Линнея и система классификации животного мира. Всех животных он разделил на 6 классов: Млекопитающие, Птицы, Гады, Рыбы, Насекомые и Черви. Человека Линней отнес к отряду Приматы, в который также поместил обезьян и летучих мышей. В класс Гады он включил земноводных и пресмыкающихся, а в класс Насекомые – ракообразных и паукообразных. В класс Черви попали все остальные беспозвоночные животные.

► Несмотря на искусственность созданных Линнеем систем классификаций организмов, его работы оказали существенное влияние на развитие систематики. Благодаря Линнею в науке широко распространилась *бинарная номенклатура*, или *система двойных названий*. В соответствии с ней, каждый вид организма имеет только одно присущее ему название, состоящее из двух слов – родового (существительное) и видового (прилагательное). После видового названия ставится

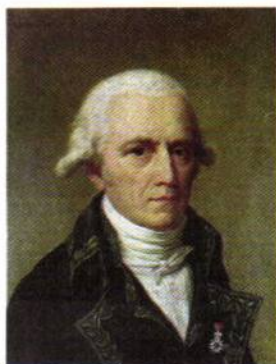
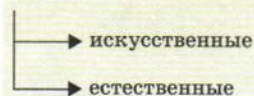


Рис. 67. Жан Батист Ламарк (1744–1829)

СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОРГАНИЗМОВ



ЦАРСТВО



заглавная буква фамилии автора, впервые описавшего в науке данный вид. Название дается на латинском языке. Он служит международным языком биологов, причем сохраняется название, данное первым автором. При описании вида организма ученые всех стран должны использовать только это название. Например, родовое и видовое название *Подсолнечник однолетний* пишется по-латыни как *Heliantus annuus L.* К этому же роду относится другой вид – *Подсолнечник клубненосный*, или *Топинамбур* – *Heliantus tuberosus L.* Латинская буква *L* показывает, что оба вида описал Линней. Учение о виде, разработанное Линнеем, заложило основы современной систематики. ◀

Значительный вклад в развитие систематики внес французский ученый Ж.Б. Ламарк (рис. 67). В книге «Философия зоологии» он разделил всех животных на беспозвоночных и позвоночных, а также попытался установить родство систематических групп на основании эволюционной идеи ступенчатого усложнения организации – *градации* (рис. 68). Выделив 14 классов, Ламарк расположил их на шести ступенях, причем животные каждой последующей ступени отличались более сложным строением нервной и кровеносной систем. Принцип градации имел важное значение для развития систематики, так как отражал эволюционное развитие организмов от простого к сложному. Поэтому предложенную Ламарком систему животного мира можно считать прообразом *естественных систем классификации организмов*.

Дальнейшие успехи систематики связаны с историческим методом познания природы, сменившим описательный период развития биологии. Накопленные сведения о видах организмов необходимо было упорядочить в соответствии с ходом эволюции. В конце XIX в. Э. Геккель впервые ввел в науку понятие о филогенетическом древе, в котором главными категориями стали так называемые стволы – три царства организмов: Протисты (одноклеточные), Животные и Растения. Из каждого ствола происходили типы (отделы), классы, отряды (порядки), семейства и роды. Причем такая система классификации организмов строилась на основе естественного родства и происхождения. С развитием систематики в филогенетическом древе выделялись

VI	14 Млекопитающие	Нервы сходятся в головном мозге, заполняющем всю полость черепа; сердце с двумя желудочками; кровь горячая
	13 Птицы	
V	12 Рептилии	Нервы сходятся в головном мозге, не заполняющем всю полость черепа. Сердце с одним желудочком; кровь холодная
	11 Рыбы	
IV	10 Моллюски	Нервы сходятся в головном или продольно-узловатом мозге; для дыхания служат жабры, для кровообращения – артерии и вены
	9 Усоногие	
	8 Кольчецы	
	7 Ракообразные	
III	6 Паукообразные	Есть нервы, сходящиеся к продольно-узловатому мозгу. Дыхание трахейное; кровообращения нет или оно несовершенное
	5 Насекомые	
II	4 Черви	Нет ни продольно-узловатого мозга, ни кровеносных сосудов. Кроме органов пищеварения имеются и другие внутренние органы
	3 Лучистые	
I	2 Полипы	Нет ни нервов, ни сосудов и никаких внутренних специальных органов, кроме пищеварительных
	1 Инфузории	

Рис. 68. Классификация животных по Ламарку в соответствии с принципом градации: I–VI – ступени градации; 1–14 – классы животных

все новые и новые веточки – отдельные систематические группы организмов. Таким образом, учет сходства строения и эволюционных связей между организмами стал основным направлением в систематике, сделав ее эволюционной наукой.

Принципы и методы систематики. Заложенный Линнеем в систематике *принцип иерархичности*, или *соподчиненности*, систематических единиц (таксонов) различного ранга, до сих пор используется учеными. Следует учитывать, что ранг таксонов может быть разным. Например, Кошка домашняя – это таксон уровня вида, а Кошачьи – таксон уровня семейства.

Принцип иерархичности систематических групп отражает, а иногда даже предсказывает свойства организмов. Для этого необходимо воспользоваться специальными книгами – определителями, в которых описаны важнейшие признаки систематических групп растений, животных, грибов. Используя эти признаки, можно выяснить систематическое положение того или иного организма, определить к какому виду, роду, семейству он относится. Расположив неизвестный вид организма в существующей

системе, можно предсказать некоторые его свойства, не изучая их предварительно. Например, если определяемое растение по ряду признаков явно относится к семейству Бобовые (Мотыльковые), то оно обязательно должно иметь плод боб и семена, богатые белком.

Методы систематики разнообразны. Главный из них – сравнительно-морфологический. Он основан на изучении сходства и различий во внешнем строении организмов. Однако использовать этот метод как единственный нельзя, так как организмы разных систематических групп могут обладать одинаковыми внешними признаками. Поэтому систематика, кроме изучения внешнего строения организмов, занимается рассмотрением их образа жизни, подсчетом числа хромосом в клетках, определением последовательности нуклеотидов в молекулах ДНК и др. Только сочетание разных методов дает возможность точно установить систематическую принадлежность организма.



Биоразнообразие, систематика, системы классификации: искусственные и естественные; ► бинарная номенклатура (система двойных названий) ◄, принцип градации, принцип иерархичности (соподчиненности).



1. Что такое систематика? 2. Кем были предприняты первые попытки классификации организмов? 3. Чем искусственные системы классификации организмов отличаются от естественных? 4. Какой вклад внес в развитие систематики К. Линней? 5. В чем значение для систематики работ Ж.Б. Ламарка и Э. Геккеля? 6. Какие методы используют ученые для классификации организмов?



Используя определительные карточки, установите видовую и родовую принадлежность выданных вам гербарных образцов растений.



В ботанической классификации К. Линнея (рис. 66) первые 13 классов растений различались по числу тычинок; 14-й и 15-й классы – по разной длине тычинок; 16-й, 17-й и 18-й – по характеру срастания тычинок; 19-й – по признаку срастания пыльников; 20-й класс – по способу срастания нитей тычинок с пестиком. К 21-му классу были отнесены однодольные растения; к 22-му – двудольные; к 23-му – те растения, у которых одна часть цветков раздельнополая, другая – обоеполая. К 24-му классу принадлежали тайнобрачные растения, размножающиеся спорами (мхи, папоротники).

§ 12.

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Рассмотрите рисунок 69. На чем основано выделение царств, надцарств и империй организмов? Что такое вид? По каким признакам один вид организма отличается от другого?

За всю историю развития органического мира на нашей планете существовало огромное число видов. Некоторые из них сохранились до наших дней, а другие – вымерли. Часть видов исчезла естественным путем в результате изменений условий среды, конкуренции или под влиянием других факторов. Другие виды вымерли вследствие деятельности человека.

Основные систематические группы организмов. Все организмы, обитающие на Земле, образуют пять царств живой природы: Бактерии, Растения, Животные, Грибы и Вирусы (рис. 69). Царства входят в состав



Рис. 69. Основные крупные таксоны современной системы органического мира



таксонов более высокого ранга – *надцарств*: *Доядерные*, или *Прокариоты* и *Ядерные*, или *Эукариоты*. Надцарства составляют *империю Клеточные*, царство Вирусов – *империю Неклеточные*. Различия между империями, надцарствами, а также характерные черты вирусов были рассмотрены в предыдущих параграфах. Остановимся на характерных особенностях организмов основных царств и подцарств живой природы.

Царство Бактерии включает микроскопические организмы – одноклеточные и состоящие из групп соединенных клеток. У бактерий нет оформленного ядра, ЭПС, комплекса Гольджи, лизосом, митохондрий и пластид. Роль генетического аппарата выполняет кольцевая молекула ДНК, а рибосомы расположены непосредственно в цитоплазме клетки. Многие бактерии имеют жгутики, обеспечивающие их передвижение. По типу питания большинство бактерий гетеротрофы, но есть среди них и автотрофы (хемотроты и фототрофы). Размножаются бактерии прямым делением и способны к спорообразованию.

Царство Растения объединяет автотрофные одноклеточные, колониальные и многоклеточные организмы, для которых характерны способность к фотосинтезу и клеточные оболочки, состоящих из целлюлозы. Запасным веществом в клетках служит крахмал. В классификации растений выделяют три подцарства: Багрянки, Настоящие водоросли и Высшие растения.

Подцарство Багрянки (Красные водоросли) – растения многоклеточные, тело которых представлено слоевищем. Хроматофоры клеток помимо хлорофилла содержат красный и синий пигменты. От настоящих водорослей багрянки отличаются отсутствием в жизненном цикле подвижных стадий, даже гаметы лишены жгутиков и не передвигаются.

Подцарство Настоящие водоросли представлено одноклеточными, колониальными и многоклеточными растениями. Настоящие водоросли, как и багрянки, относят к низшим растениям, у которых тело не имеет корней, стеблей и листьев. Водорослей классифицируют на несколько отделов: зеленые, бурые, диатомовые и др. Различия между ними состоят в наборе пигментов, расположенных в хроматофорах и осуществляющих процесс фотосинтеза. Так, зеленые водоросли содержат

зеленый пигмент – хлорофилл. Бурые водоросли, помимо хлорофилла, имеют бурый и оранжевые пигменты. Размножаются настоящие водоросли с помощью подвижных одноклеточных спор и гамет. Кроме того, у них есть и способ размножения кусочками слоевища.

Подцарство Высшие растения объединяет растительные организмы, тело которых расчленено на корень, стебель и листья. Эти части связаны системой проводящих тканей (за исключением мхов), обеспечивающих транспорт водных растворов неорганических и органических веществ. В клетках высших растений есть хлоропласты, содержащие зеленый пигмент – хлорофилл, участвующий в фотосинтезе. В жизненном цикле высших растений происходит чередование полового и спорового поколений. В зависимости от способов размножения различают высшие растения споровые и семенные. К первым относят представителей отделов Моховидные, Плауновидные, Хвощевидные и Папоротниковидные, ко вторым: отделов Голосеменные и Покрытосеменные (Цветковые).

Царство Животные объединяет организмы, способные, как правило, к активному передвижению. Клетки животных не имеют плотной наружной оболочки. По способу питания все животные гетеротрофы, так как их клетки лишены хлоропластов. Основное запасное вещество клеток животных – гликоген. В классификации царства Животные выделяют два подцарства – Простейшие и Многоклеточные.

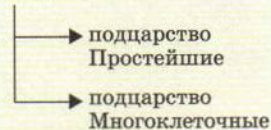
Подцарство Простейшие объединяет одноклеточных животных. Органеллы простейших могут иметь общее назначение, например, ядро, митохондрии, комплекс Гольджи, лизосомы, рибосомы и специальное – ложноножки, реснички, жгутики и др. Размножаются простейшие бесполым путем. Характерная особенность простейших – их жизненные циклы. Есть виды, у которых происходит смена хозяев и чередование личиночных стадий. При наступлении неблагоприятных условий простейшие переходят в состояние цисты.

Подцарство Многоклеточные объединяет всех остальных животных. Их тело состоит из клеток, образующих ткани и органы, специализирующиеся на выполнении определенных функций. Многоклеточных животных классифицируют на две группы: беспозво-

ЦАРСТВО РАСТЕНИЙ



ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ



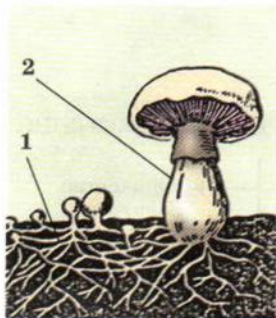


Рис. 70. Шляпочный гриб: 1 – грибница; 2 – плодовое тело

ночные и позвоночные. К первым относят животных из типов: Кишечнополостные, Плоские черви, Круглые (Первичнополостные) черви, Кольчатые черви, Моллюски и Членистоногие. К позвоночным животным принадлежат все представители классов, относящихся к типу Хордовые: Головохордовые, Хрящевые рыбы, Костные рыбы, Земноводные, Пресмыкающиеся, Птицы и Млекопитающие.

Царство Грибы включает одноклеточные и многоклеточные организмы (рис. 70), обладающие своеобразными признаками, свойственными как растениям, так и животным. Например, как и растения, грибы обладают относительной неподвижностью, неограниченным ростом и имеют клеточные стенки. На животных грибы похожи тем, что питаются готовыми органическими веществами, т.е. гетеротрофно: запасают гликоген, а в состав их клеточных оболочек входит полисахарид хитин. Тело многоклеточных грибов представлено грибницей, состоящей из гифов. Размножаются грибы вегетативно с помощью грибницы, спорами, образующимися в плодовых телах, или посредством гамет, формирующихся на концах гифов.

Особый *отдел* в царстве Грибы – *Лишайники*. Они представляют собой комплексные организмы, образованные грибницей гриба, одноклеточными водорослями и азотфиксирующими бактериями (рис. 71). С помощью грибницы лишайник поглощает из окружающей среды воду и минеральные вещества, благодаря клеткам водорослей способен к фотосинтезу, а с помощью бактериальных клеток фиксирует атмосферный азот. Размножаются лишайники кусочками слоевища, или группами клеток, оплетенными гифами.

Вид как основная категория систематики. Реально существующая в природе систематическая категория – *вид*. Остальные таксоны придуманы учеными для упорядочения биоразнообразия организмов. Первое научное определение вида дал в 1699 г. английский натуралист Джон Рей. Согласно ему, организмы, относящиеся к одному виду, должны иметь сходство в строении и обладать способностью воспроизводить себе подобных. Современное представление о виде основывается на эволюционном понимании его происхождения, т.е. вид – результат действия в природе движущих сил эволюции.

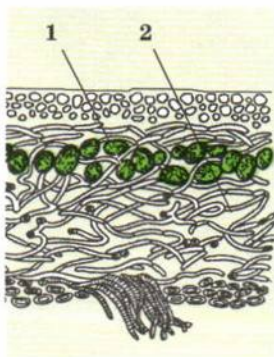


Рис. 71. Слоевище лишайника: 1 – клетки водорослей; 2 – гифы гриба

Существует ряд критериев (признаков), по которым один вид организма отличается от другого. *Морфологический критерий* основывается на сходстве строения особей, принадлежащих к одному виду. Этот удобный и простой критерий широко используется для определения вида (рис. 72). *Физиолого-биохимический критерий* выявляет разницу между особями разных видов в протекающих физиологических процессах и биохимических структурах – ферментах, пигментах и др. *Географический критерий* определяет территорию (ареал), в пределах которого встречаются особи одного вида. Ареал вида – важный признак, так как он связан с эволюцией вида. *Экологический критерий* основывается на различиях у двух видов в местообитаниях. Их характеризует экологическая ниша вида. *Генетический критерий* проявляется в разных числах, размерах, формах хромосом и различных нуклеотидных составах ДНК у особей разных видов.

► **Современное состояние изучения видов.** По наиболее взвешенным оценкам на Земле в настоящее время обитает около 10 млн видов организмов, из которых науке известно всего лишь около 2 млн (табл. 1).



Рис. 72. Внутри одного вида может наблюдаться полиморфизм – присутствие нескольких форм (полиморфизм у бабочки дубового коконопряда: 1 – самка; 2 – самец)

Таблица 1

Примерное число видов в основных систематических группах организмов

Систематическая группа организмов	Число видов
Подцарство Простейшие	27 000
Тип Кишечнополостные	9 000
Типы Плоские, Круглые (Первичнополостные) и Кольчатые черви	56 000
Тип Моллюски	115 000
Тип Членистоногие	1 000 000
Тип Хордовые	46 000
Надцарство Прокариоты (архебактерии, эубактерии, цианобактерии)	3 600
Отделы Зеленые, Бурые, Дiatомовые водоросли	29 000
Подцарство Багрянки (Красные водоросли)	4 000
Отдел Моховидные	26 000
Отделы Плауновидные, Хвощевидные и Папоротниковидные	15 000
Отдел Голосеменные	800
Отдел Покрытосеменные (Цветковые)	250 000
Царство Грибы	90 000

Каждый год ученые описывают десятки новых видов и работа эта не завершена. Негативное воздействие человека на природу снижает биоразнообразие. Редкие и малочисленные виды исчезают с лица Земли, так и не ставшими известными науке. Вместе с тем каждый вид уникален, необходим природе, а также имеет потенциальную полезность и для человека, так как невозможно предсказать, какие организмы будут в будущем использоваться в хозяйственных целях и станут незаменимыми для людей. Знания о видах необходимы не только для рационального природопользования, но и для сохранения биоразнообразия нашей планеты как условия стабильного существования природных сообществ и всей биосферы. ◀



Империи: Клеточные и Неклеточные; надцарства: Прокариоты, Эукариоты; царства: Бактерии, Растения, Животные, Грибы, Вирусы; подцарства Багрянки, Настоящие водоросли, Высшие растения, Простейшие, Многоклеточные; вид и его критерии: морфологический, физиолого-биохимический, географический (ареал), экологический (экологическая ниша), генетический.



1. Перечислите основные царства, надцарства и империи организмов. 2. Какие признаки взяты за основу при классификации царства Растения? 3. На чем основано выделение в царстве Животные подцарств? 4. Чем грибы отличаются от растений и животных? 5. Почему вид принято считать основной систематической категорией? 6. По каким критериям один вид отличается от другого? 7. С какой целью ученые проводят описание новых видов?



Заполните таблицу (в тетради).

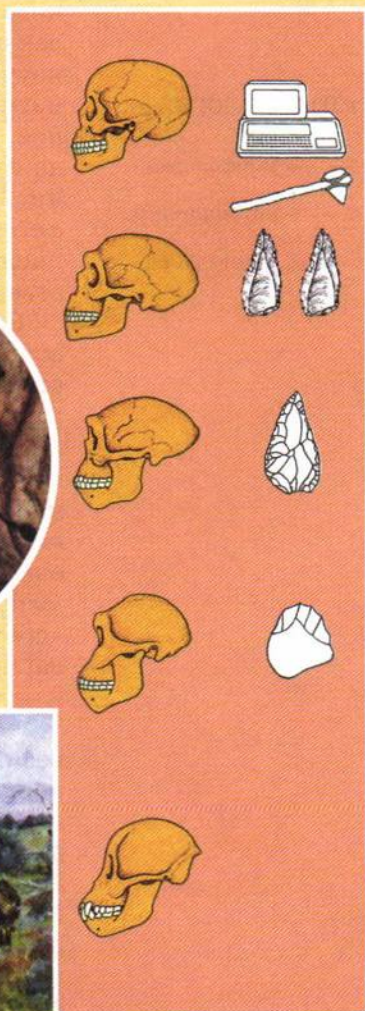
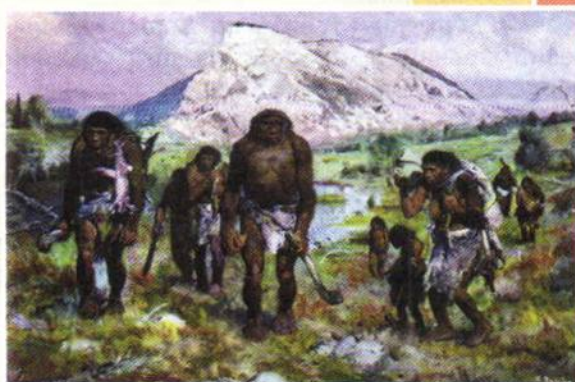
Основные систематические группы организмов

Царство	Общая характеристика группы	Представители



Древнегреческого ученого Аристотеля (384–322 гг. до н.э.) по праву можно считать первым систематиком и отцом зоологии. В 15 сочинениях («О частях животных», «О возникновении животных», «О душе», «История животных» и др.) он описал около 500 видов животных и предпринял попытку классифицировать их на основе внешнего и внутреннего строения.

ЧЕЛОВЕК – БИОСОЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА

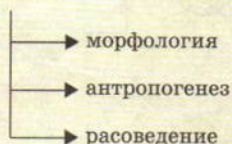


§ 13.

АНТРОПОЛОГИЯ КАК НАУКА

Вспомните, какие биологические науки изучают организм человека. Какие гуманитарные науки изучают человека и общество?

АНТРОПОЛОГИЯ



Ученых, философов, художников и писателей всегда интересовал вопрос о сущности человека. Сотни лет выдающиеся умы стремились проникнуть в тайну одного из великих чудес природы, но и по сей день человек остается загадкой. Одна из причин этого в том, что изучать человека так же, как, например, орнитология изучает птиц, нельзя. Человек существо биосоциальное, в нем воедино связаны его биологическая природа и общественный, т.е. социальный, характер жизни. Поэтому наука о человеке *антропология* (от греч. *anthropos* – человек и *logos* – учение) – комплексная дисциплина, включающая самые разные области естественнонаучных и гуманитарных знаний.

Разделы и задачи антропологии. Антропология состоит из нескольких разделов. *Морфология* изучает строение тела человека, устанавливает общие стандарты развития, рассматривает отклонения в строении и выявляет их причины. Особое значение морфологии состоит в изучении тех изменений, которые претерпела животная природа человека в ряду его предков, а также изменений, вызванных влиянием условий жизни, в первую очередь климата. Важные области морфологии – анатомия и физиология человека. Они дают характеристику «среднего» типа человека и изучают закономерности его вариаций, которые обнаруживаются у отдельных людей и целых народов.

Антропогенез (от греч. *anthropos* – человек и *genesis* – возникновение) – процесс историко-эволюционного становления человека как вида, развитие его трудовой деятельности, речи, формирование общества. В этом разделе антропологии изучается место человека в системе животного мира, реконструируется путь, по которому шло его развитие. Особое место в антропогенезе уделяют движущим силам эволюции человека, переходу биологической эволюции в социальную, направлениям эволюционного развития человека.

Расоведение, или *этническая антропология* изучает человеческие расы, их распространенность на Земле и причины расообразования. С расоведением тесным образом связаны генетика и биометрия, рассматривающие наследственность человека и биологические параметры. С расоведением связаны и гуманитарные науки – социология, языковедение и история.

Методы антропологии. Основа методов антропологии – *антропометрия*, т.е. измерение величины человеческого тела и отдельных его частей. Измерять можно живого человека, его рост, массу, окружности головы или груди, толщину подкожного жирового слоя, мышечную силу, жизненную ёмкость легких. Можно также подвергнуть антропометрии и палеонтологические остатки, найденные в слоях земной коры. В этом случае к антропометрическим методам добавляются методы радиометрического датирования, позволяющие определить возраст находок (рис. 73).

Особое место в антропологии занимают *методы реконструкции* внешнего облика предков современного человека. Предложенный отечественным ученым и скульптуром М.М. Герасимовым метод восстановления мягких тканей лица позволил реконструировать облик наших далеких предков (рис. 74). Реконструкции поддается не только внешний облик предков, но и некоторые детали их жизни. Так, французский ученый Ж. Тиксье исследовал каменные орудия и реконструировал способы их изготовления. Его метод ножевидных пластин позволил восстановить основные этапы производства кремниевых ножей и наконечников, которыми пользовался человек каменного века (рис. 75).

Археологические методы дают возможность реконструировать быт наших предков, понять истоки появления искусства, религии, письменности и др. *Этнографические методы* (от греч. *ethnos* – племя) позволяют изучить жизнь архаичных племен, находящихся на низшей стадии общественно-исторического развития. Так, в 1971 г. в джунглях филиппинского острова Минданао ученые-антропологи обнаружили племя тасаде-ев, обитавшее в полной изоляции от внешнего мира (рис. 76). Их образ жизни сопоставим с жизнью людей каменного века. Тасадеи до сих пор пользуются только каменными орудиями, живут в пещерах, занимаются



Рис. 73. Стерильная перчатка предохраняет от загрязнения кусочек кости во время его подготовки к радиометрическому анализу



Рис. 74. Михаил Михайлович Герасимов (1907–1970) с реконструированным скульптурным портретом человека каменного века

охотой на мелких животных, собирательством съедобных плодов и клубней. И хотя тасадеи – представители современного типа человека, тщательное изучение их жизни антропологами способствует пониманию закономерностей эволюции человека.

Косвенные данные о становлении речи и развитии интеллекта предков человека в процессе антропогенеза дают *этологические методы* (от греч. *ethos* – характер, нрав). Они основаны на наблюдениях за жизнью человекообразных обезьян в природе и обучении общению их с людьми в лабораторных условиях. Рекордсменкой по общению среди человекообразных обезьян стала самка шимпанзе по кличке Вапо. Она с помощью экспериментаторов выучила более 130 знаков языка жестов, которым пользуются глухонемые люди. Некоторые человекообразные обезьяны предпочитают для общения с людьми искусство рисования. Картины шимпанзе-художника Конго в 50-х гг. прошлого века выставлялись в галерее Института современного искусства в Лондоне, где получили высокую оценку таких художников, как Пикассо и Дали, а орангутан по кличке Джакарта Джим из зоопарка в Канзасе (США) выиграл даже соревнование по рисованию среди детей младше трех лет (рис. 77).

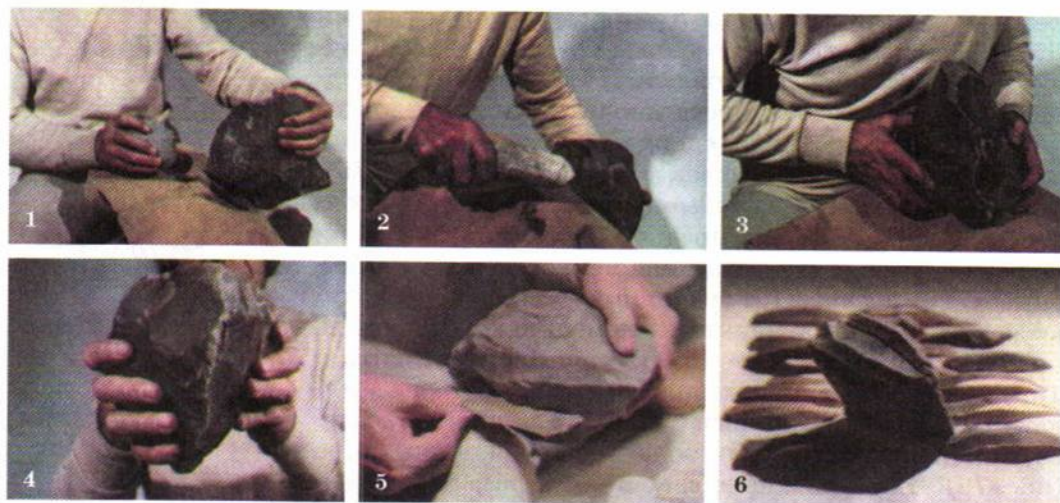


Рис. 75. Реконструкция последовательности изготовления каменных орудий

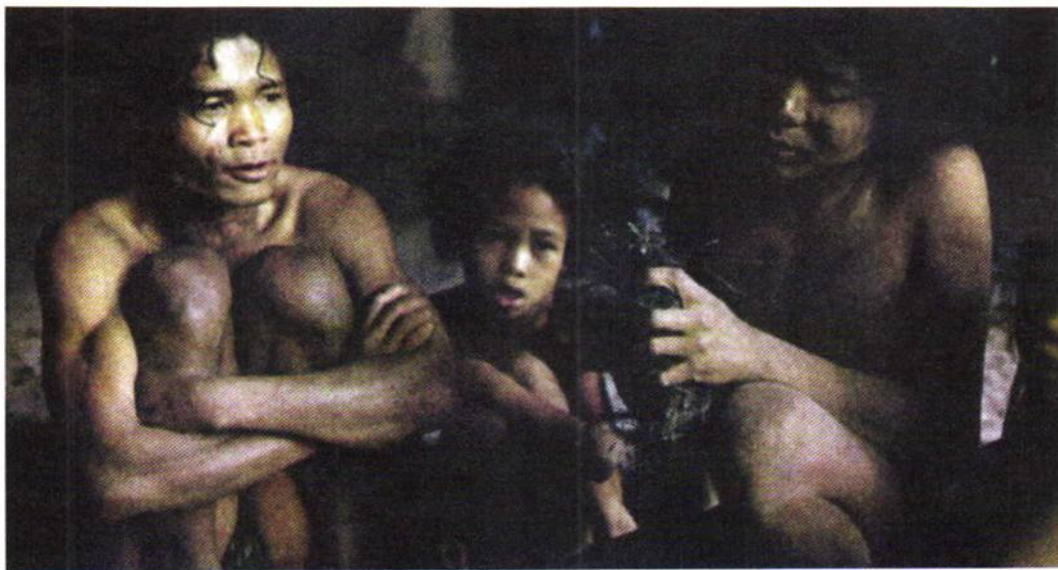


Рис. 76. Племя тасадеев — современные люди «каменного века»

► С развитием во второй половине XX в. молекулярной биологии и биохимии антропология обогатилась современными методами исследования. *Иммунологический метод* позволил на основании изучения сходства и различия белков крови человека и животных более точно установить их эволюционное родство. Например, если сыворотку крови какого-либо животного ввести другому животному, то в организме последнего начнут вырабатываться антитела против белков введенной чужеродной сыворотки. Если сыворотку с антителами смешать с кровью третьего животного, то произойдет связывание антител с аналогичными белками сыворотки крови, результатом чего будет выпадение осадка. Чем сильнее выражена эта реакция, тем ближе родство между первым и третьим животным.

Генетическое сходство человека с животными, например, человекообразными обезьянами, определяется с помощью *метода гибридизации ДНК* (рис. 78). В его основе лежит способность молекул ДНК восстанавливать комплементарные основания в нуклеотидах при разрушении связей между ними. Например, для установления родства человека с шимпанзе разрывают



Рис. 77. Орангутан по кличке Джакарта Джим за рисованием



Рис. 78. Метод гибридизации ДНК

специальными химическими реакциями связи между двумя цепями ДНК человека и шимпанзе. Затем другими химическими реакциями соединяется одна цепь ДНК человека с другой цепью от ДНК шимпанзе. Все химические связи между такими цепями восстанавливаются, за исключением тех мест, где последовательности нуклеотидов различаются. Генетическое сходство определяется процентом восстановившихся химических связей, чем их больше, тем ближе эволюционное родство человека и сравниваемых животных, и наоборот.◀



Антропология: морфология, антропогенез, расоведение; методы антропологии: антропометрия, реконструкция, археологические, этнографические, этологические, ▶ иммунологический, гибридизация ДНК.◀



1. Какие задачи стоят перед антропологией? Из каких разделов состоит эта наука? 2. С какими естественными и гуманитарными науками связана антропология? 3. Какие методы исследования используют ученые-антропологи? Каково значение этих методов?



Сущность антропологии как науки в разные времена ученые понимали по-разному. Французские просветители-энциклопедисты XVIII в. антропологией обозначали всю совокупность знаний о человеке. Немецкие философы XVIII – начала XIX в. ограничивали антропологию главным образом вопросами психологии. В Англии и США с XIX в. и поныне под антропологией подразумевают учение о физической природе человека и вместе тем науку о культуре и быте различных племен и народов.

§ 14.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЧЕЛОВЕКА

Вспомните, какие существуют в культурах разных народов мира мифы и легенды о появлении на Земле первых людей.

История представлений о происхождении человека уходит в глубокую древность. Дошедшие до нас легенды свидетельствуют о том, что у многих народов существовали *антропозонические мифы*, т.е. мифы о сотворении человека высшими существами – богами (рис. 79). Позднее эти мифы нашли свое отражение в Библии – священной книге христиан.

► **Религиозно-мифологические воззрения.** В библейской христианско-иудейской мифологии имеются два варианта сказания о божественном сотворении человека. Одно содержит рассказ о сотворении Богом первого человека – мужчины Адама, и первой женщины – Евы: «...и не было человека для возделывания земли. И создал Бог Яхве человека из праха земного и вдунул в лицо его дыхание жизни, и стал человек душою живою... И сказал Бог Яхве: нехорошо быть человеку одному; сотворим ему помощника, соответственного ему... И создал Бог Яхве из ребра, взятого у человека, жену, и привел ее к человеку» (Книга Бытия, 2,5). Другое, более позднее *библейское сказание*, принятое в современном христианстве, исходит из представления о Боге как Творце Вселенной (рис. 80); в нем сотворение людей завершает шестидневное творение мира: «И сказал Бог: сотворим человека по образу нашему, по подобию нашему... И сотворил Бог человека по образу своему, по образу Божию сотворил его, мужчину и женщину, сотворил их» (Книга Бытия 1).

Наряду с этим издавна существовала вера в животную природу человека. Так, среди племен Африки и Южной Азии бытует мнение, что люди произошли от человекообразных обезьян и до сих пор не утратили с ними кровную связь. Например, коренное население Малайзии в деревнях до сих пор верит, что орангутаны произошли от ленивых людей, которые не захотели

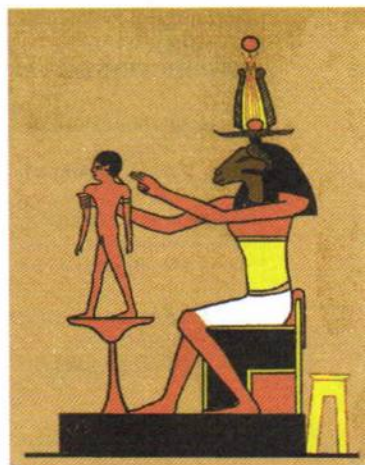


Рис. 79. В Древнем Египте верили, что первых людей из глины вылепил на гончарном круге Бог Хнум

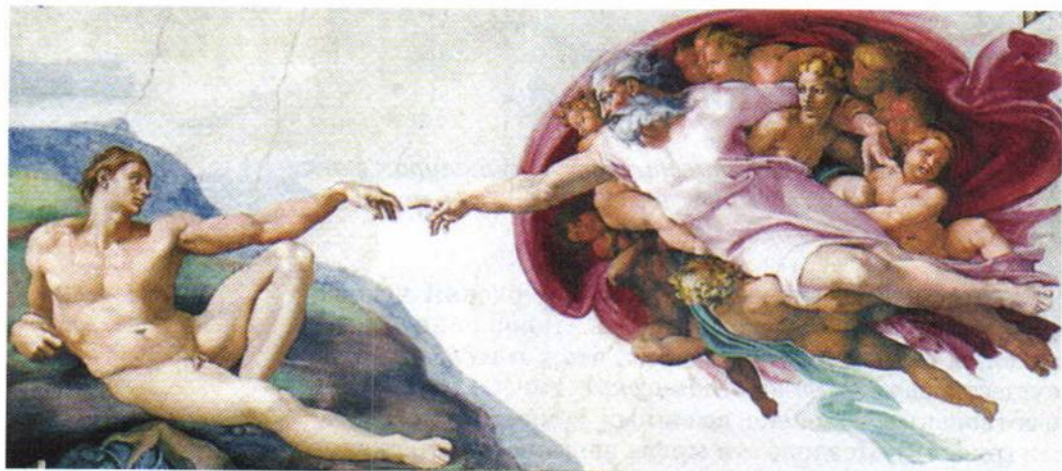


Рис. 80. Микеланджело Буонарроти. Сотворение Адама. Фрагмент росписи Сикстинской капеллы. Ватикан. Рим

НАУЧНЫЕ ГИПОТЕЗЫ И ТЕОРИИ АНТРОПОГЕНЕЗА

- антропогенная гипотеза (Ж.Б. Ламарк)
- симиальная теория (Ч. Дарвин)
- трудовая теория (Ф. Энгельс)

трудиться и перебрались жить в лес («орангутан» по-малайски означает «лесной человек»). ◀

Научные гипотезы и теории. Родство человека с животными было отмечено еще учеными античного мира. Так, Аристотель относил человека в своей классификации к группе «животные с кровью». Древнеримский врач Клавдий Гален, производя анатомические вскрытия обезьян, убедился в значительном сходстве строения органов тела человека и животных. Однако несмотря на развитие анатомии и медицины, вплоть до начала XVIII в., в науке прочно господствовало представление о сотворении человека Богом.

Мысли о божественном сотворении человека придерживался и К. Линней, который в 1735 г. впервые дал научное описание вида *Человек разумный* (*Homo sapiens L.*). Поместив человека в отряд Приматы, Линней в то же время не предполагал его родства с животными и обращался к нему со словами: «Memento Creatoris Tui» (Помни своего Творца).

Первым, кто установил непосредственное родство человека с животными, был Ж.Б. Ламарк, сформулировавший в 1809 г. *антропогенную гипотезу* происхождения человека. Он высказал предположение, что предком человека могла быть одна из ныне живущих человекообразных обезьян – «ангольский оранг», т.е.

по современной систематике – шимпанзе. Движущими силами ее превращения в человека Ламарк считал прямохождение, что привело к превращению передней конечности обезьяны в руку человека.

Антропогенная гипотеза не получила подтверждения. Наиболее убедительные доказательства происхождения человека от животных были приведены позже, в 1871 г. Ч. Дарвином в книге «Происхождение человека и половой отбор». Сформулированная им *симиальная теория* (от лат. *simia* – обезьяна) основывалась на положении, что современный человек представляет последнее, высокоорганизованное звено в цепи эволюции живых существ и имеет общих далеких предков с современными человекообразными обезьянами. Этот научный труд вызвал большой общественный резонанс. У симиальной теории появились сторонники и противники. В газетах и журналах того времени можно было встретить злые карикатуры на Дарвина (рис. 81). Почти все, кто выступал против этой теории, попросту ее не понимали, полагая, что речь идет о происхождении человека от существующих в настоящее время человекообразных обезьян. Такое заблуждение и ныне свойственно некоторым противникам теории животного происхождения человека.

Соотношение биологических и социальных факторов в процессе происхождения человека было раскрыто в трудах немецкого ученого Фридриха Энгельса, создавшего *теорию антропогенеза*. Ее положения были изложены им в работе «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» (1874).

Краткие тезисы трудовой теории антропогенеза.

1. При переходе от древесного образа жизни к наземному предки человека стали отвыкать от пользования руками для передвижения и усваивали все более прямую походку.
2. Предок человека вначале использовал естественные орудия, а с освобождением руки от передвижения начал изготавливать искусственные орудия. В последующих поколениях рука совершенствовалась в изготовлении орудий труда.
3. Развитие руки влекло за собой развитие всего тела человека, в том числе и головного мозга, отвечающего за орудийную деятельность.

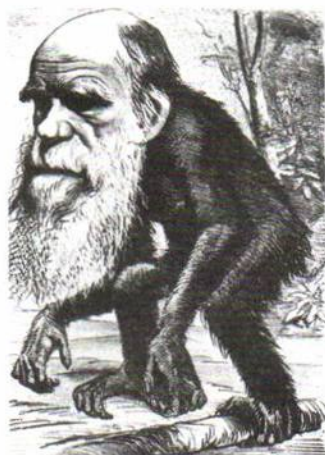
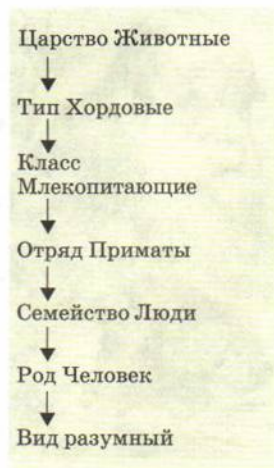


Рис. 81. Карикатура на Чарльза Дарвина, помещенная в журнале «Punch» в 1871 г., изображает его в виде «достопочтенного орангутана», внесшего немалый вклад в «противоестественную историю»



4. С появлением более совершенных орудий человек стал заниматься охотой, рыбной ловлей. Сытная белковая пища заменила более объемистую растительную и в комбинации с увеличением активности в трудовой деятельности привела к развитию способностей и головного мозга.
5. Шкуры убитых животных, а также употребление огня, полученного во время грозы, извержения вулкана, а позднее добываемого при помощи примитивных орудий, позволили человеку расселиться в местностях с более суровым климатом.
6. Обработанная огнем пища легче усваивалась, требовала меньших нагрузок от челюстей и зубов и жевательной мускулатуры. Лицо нашего предка приняло более благородный облик.
7. Древний человек начал приручать животных, а затем возделывать посевы растений. Это увеличило разнообразие питания – человек стал меньше страдать от голода.
8. Коллективная охота и совместное изготовление орудий труда требовали взаимной помощи и поддержки. Благодаря этому у людей развилась речь. С речью появилась способность к мышлению.

Таким образом, согласно трудовой теории антропогенеза общественный характер трудовых отношений стал основным условием, определившим превращение древних человекообразных обезьян в человека.



Антропогонические мифы, библейское сказание о сотворении человека, Человек разумный (Homo sapiens), научные гипотезы и теории антропогенеза: антропогенная, симиальная, трудовая.



1. Как исторически формировались взгляды на происхождение человека? 2. Чем характеризовались донаучные воззрения на происхождение человека? 3. С именами каких ученых связано развитие научных взглядов на происхождение человека? 4. Какое значение для выяснения вопроса о происхождении человека имели труды К. Линнея, Ж.Б. Ламарка, Ч. Дарвина и Ф. Энгельса? 5. Какое заблуждение свойственно противникам теории животного происхождения человека? 6. Перечислите краткие тезисы трудовой теории антропогенеза. 7. Что стало основным условием, определившим превращение древних человекообразных обезьян в человека? Каковы его последствия для становления и развития человеческого общества?

§ 15.

СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Рассмотрите рисунки 82–89. Найдите на них черты сходства и различия человека и животных.

Несмотря на то, что человек уже много веков находится в центре внимания философов, ученых-естественников, художников, писателей и религиозных деятелей, процесс его изучения продолжается. С самой общей точки зрения, организм человека устроен так же, как и организм других высших млекопитающих, главным образом – приматов. Вместе с тем человек по ряду признаков отличается от животных.

Место человека в системе органического мира. Систематическая принадлежность человека к царству Животные обусловлена целым комплексом признаков. Возникновение в эмбриональном развитии у человеческого зародыша хорды, жаберных щелей и нервной трубки определяет принадлежность человека к типу Хордовые. Теплокровность, млечные железы, волосяной покров свидетельствуют о принадлежности человека к классу Млекопитающие. Хватательные конечности, бинокулярное зрение, крупный головной мозг говорят о том, что человек – представитель отряда Приматы. В этом отряде человек вместе с человекообразными обезьянами (шимпанзе, горилла, орангутан, гиббон) принадлежит к секции узконосых обезьян (рис. 82). В секции узконосых обезьян есть два семейства: Вы-



Рис. 82. Человекообразные обезьяны: 1 – горилла; 2 – гиббон; 3 – орангутан; 4 – шимпанзе

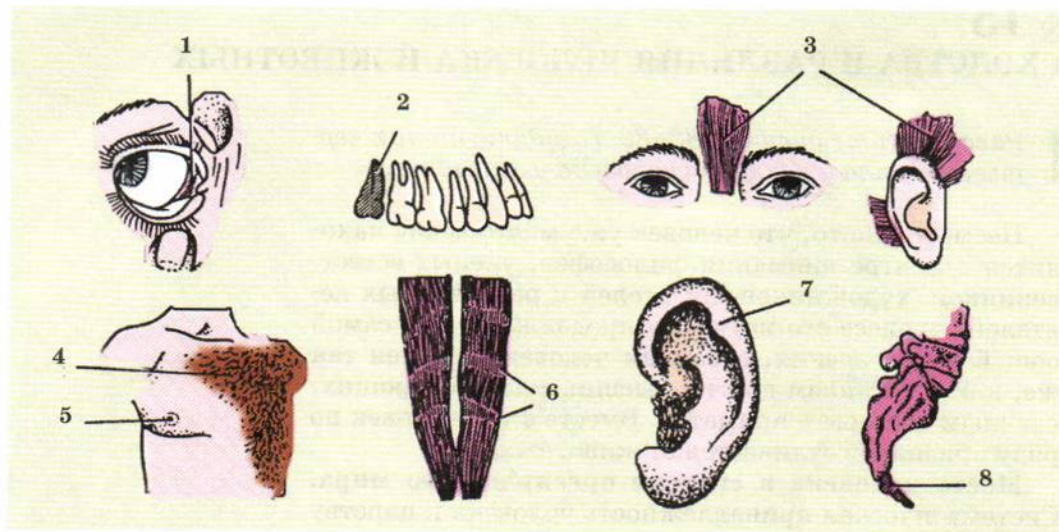


Рис. 83. Рудименты человека: 1 – мигательная перепонка; 2 – зуб мудрости; 3 – мышцы носа и ушной раковины; 4 – волосяной покров на теле; 5 – сосок у мужчины; 6 – сегментация мышц живота; 7 – дарвинов бугорок на ушной раковине; 8 – копчиковые позвонки



Рис. 84. Атавизм у «львиного мальчика» Стефана Бобровского

шие человекообразные обезьяны (Понгиды) и Люди (Гоминиды). К последнему семейству и относится род *Человек (Ното)*, представленный в настоящее время одним единственным видом – *разумный (sapiens)*.

Сравнительно-морфологическое сходство человека с животными. По общему плану строения человек сходен с позвоночными животными, у него имеются парные конечности, внутренний осевой скелет, отделы тела: голова, шея, туловище и т.д. Кроме того, человек обладает рудиментами, несомненно доказывающими его животную природу (рис. 83). Например, тело человека (за исключением головы) покрывает недоразвитый волосяной покров, который служит рудиментом. Но иногда встречаются люди, на теле которых волосы густые и длинные – это атавизм (рис. 84). Такие волосы имелись у наших далеких предков – древних человекообразных обезьян. Другой пример атавизма – хвостатость. Безусловно, наши далекие предки имели развитый хвост, но у современного человека развитый хвост – это большая редкость. Обычно он бывает мягким, но известно несколько случаев, когда в таком хвосте были найдены и позвонки. Интересен тот факт,

что при паталогоанатомическом исследовании трупов людей примерно в 10% случаев у них обнаруживаются зачатки хвостовых мышц.

Эмбриологическое сходство человека с животными. О родстве человека с животными свидетельствует и процесс его эмбрионального развития. В эмбриогенезе человек проходит стадии дробления, бластулы, гаструлы и т.д. К концу первого месяца эмбрионального развития у зародыша человека закладывается хорда, нервная трубка, жаберные щели и хвост (рис. 5, 6). На пятом месяце у плода на всем теле появляется мягкая шерсть, которая затем исчезает (рис. 85). Эти факты, иллюстрируя биогенетический закон и закон зародышевого сходства, служат весомыми доказательствами происхождения человека от животных.

Молекулярно-генетическое родство человека с животными. Исследование хромосом человека и человекообразных обезьян также подтверждает их родство. Например, диплоидный набор у шимпанзе равен 48, а у человека — 46 хромосомам (рис. 86). Это позволяет сделать вывод о том, что одна хромосома из второй пары у человека могла образоваться в результате слияния двух хромосом от общих предковых с шимпанзе форм. Более точные данные о генетическом родстве



Рис. 85. Расположение волос у человека на пятом месяце эмбрионального развития

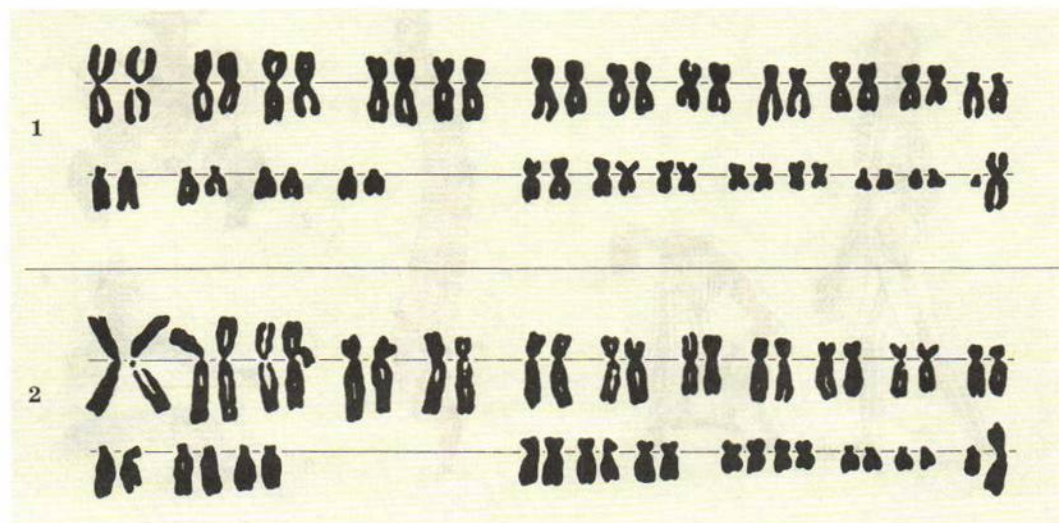


Рис. 86. Хромосомные наборы шимпанзе (1) и человека (2)

человека и человекообразных обезьян дает метод гибридизации ДНК, о котором говорилось выше. С его помощью учеными установлено, что наибольшим генетическим родством с человеком из современных человекообразных обезьян обладает карликовый шимпанзе бонобо (99%), а наименьшим – гиббон (48%).

Итак, многочисленные данные доказывают эволюционное родство человека с животными, в первую очередь с человекообразными обезьянами. Вместе с тем, ряд черт человека отличает его от животных.

Прямохождение и изменение строения черепа. Наиболее характерной особенностью человека является *прямохождение* (рис. 87). Некоторые животные могут вставать на задние конечности, но только у человека развит комплекс признаков, связанных с прямохождением. Позвоночник человека приобрел S-образную форму и вместе со сводчатой стопой стал смягчать толчки и сотрясения, возникающие при ходьбе, беге и прыжках. Возрастание нагрузки на стопу привело к увеличению размеров ее большого пальца и параллельному расположению остальных. Для поддержания органов брюшной полости в скелете человека развились широкие тазовые кости.

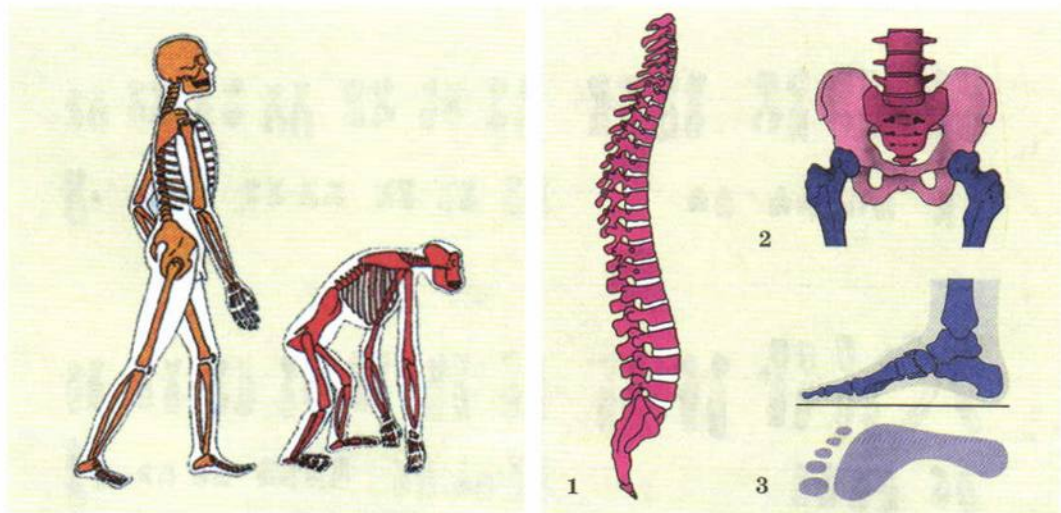


Рис. 87. Комплекс признаков человека, связанный с прямохождением: 1 – S-образная форма позвоночника; 2 – широкие тазовые кости; 3 – свод стопы (слева скелет человека и шимпанзе)

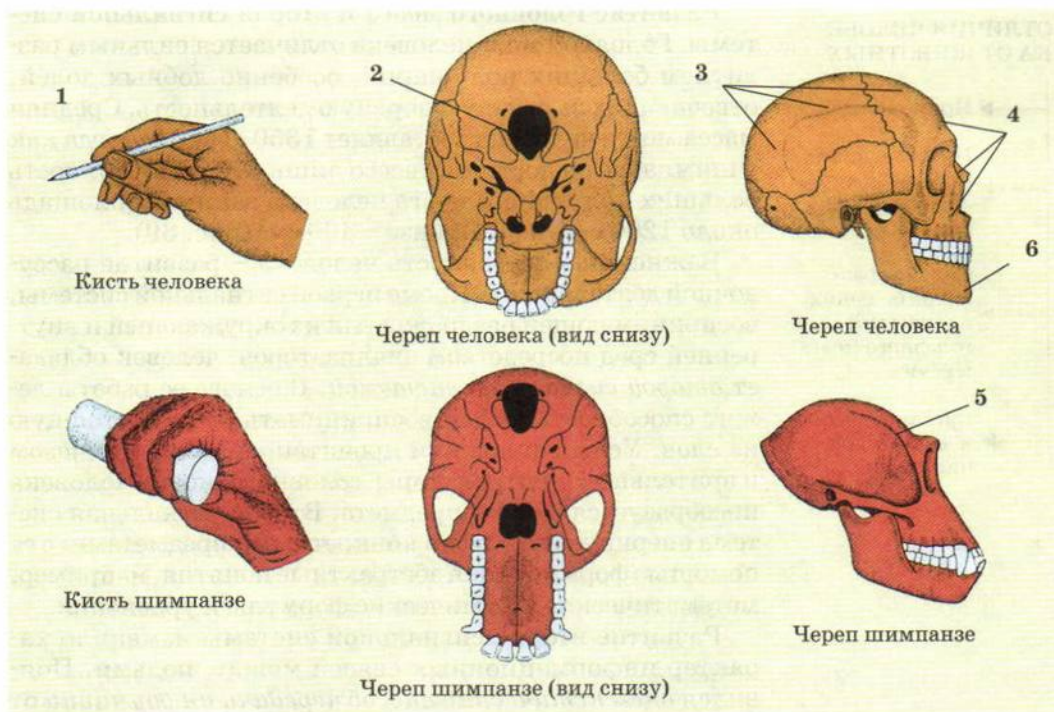


Рис. 88. Строение черепа и кисти человека и шимпанзе: 1 – большой палец кисти противопоставлен остальным пальцам; 2 – затылочное отверстие расположено по центру основания черепа; 3 – мозговой отдел черепа преобладает над лицевым (4); 5 – гребень теменной кости, служащий для прикрепления жевательных мышц; 6 – подбородочный выступ, связанный с развитием речи

У человека произошли изменения и в строении черепа (рис. 88). В нем значительно уменьшились в размерах челюстные кости и гребни на теменных костях, к которым прикреплены жевательные мышцы. Это создало предпосылки для увеличения мозгового отдела черепа и его преобладания над лицевым. Специализация жевательных мышц на выполнении речевых функций привела к развитию на нижнечелюстной кости подбородочного выступа. Перемещение затылочного отверстия черепа к центру его основания обеспечило балансировку тела, необходимую для поддержания равновесия при прямохождении. Верхние конечности человека утратили функцию опоры и превратились в руки. Противопоставление большого пальца кисти остальным обеспечило ее высокую подвижность.

ОТЛИЧИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЖИВОТНЫХ

- Прямхождение
- Преобладание мозгового отдела черепа над лицевым
- Сильное развитие больших полушарий головного мозга и речи
- Систематическое изготовление орудий

Развитие головного мозга и второй сигнальной системы. Головной мозг человека отличается сильным развитием больших полушарий, особенно лобных долей, отвечающих за высшую нервную деятельность. Средняя масса мозга человека составляет 1350–1500 г, тогда как у шимпанзе он достигает всего лишь 460 г. Поверхность больших полушарий мозга человека занимает площадь около 1200 см², а шимпанзе – 400 см² (рис. 89).

Важнейшая особенность человека – развитие рассудочной деятельности. Кроме первой сигнальной системы, воспринимающей раздражители из окружающей и внутренней сред посредством анализаторов, человек обладает *второй сигнальной системой*. В основе ее работы лежит способность людей воспринимать речь, состоящую из слов. Услышанное или прочитанное слово в речевом и зрительном центрах коры головного мозга человека преобразуется в образ предмета. Вторая сигнальная система оперирует не только конкретными предметами: с ее помощью формируются абстрактные понятия, например, математические и химические формулы и уравнения.

Развитие второй сигнальной системы изменило характер информационных связей между людьми. Появился *внегенетический способ передачи информации* от одного человека к другому, осуществляемый в процессе обучения и воспитания. Человек разработал технические средства, позволяющие накапливать и передавать различную информацию. В обществе сложились особые социальные отношения, согласовавшие деятельность больших групп людей.

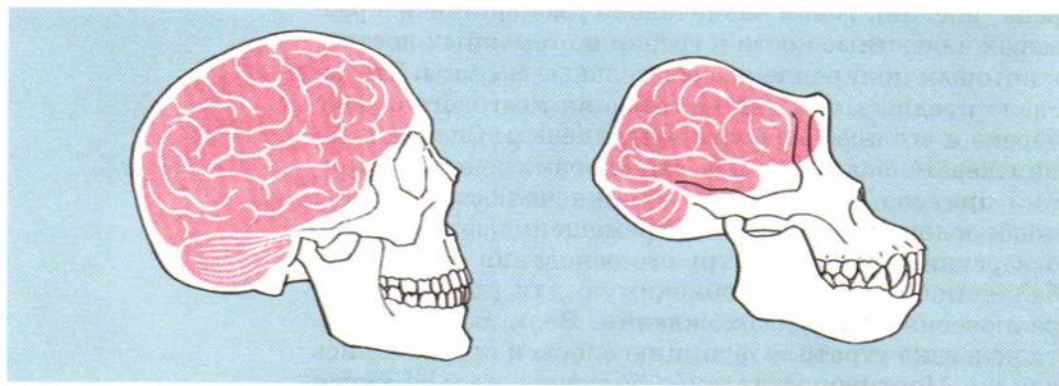


Рис. 89. Головной мозг человека (слева) и шимпанзе (справа)

Систематическое изготовление орудий. Одна из характерных черт человека – орудийная деятельность. В начале ее человек пользовался в основном готовыми естественными орудиями – камнем, веткой, т.е. такими предметами, которыми иногда применяют птицы и млекопитающие (рис. 90). Однако ни одно животное не занимается изготовлением орудий систематически. Каменные орудия, впоследствии костяные и орудия из рога помогали древнему человеку охотиться, возделывать землю, готовить пищу, обустраивать жилище.

Орудия постепенно совершенствовались, и это изменяло характер взаимоотношения человека с природой. Он стал использовать различные источники энергии: органическое топливо, силу воды, ветра и др. Для их освоения человек создавал все более сложные орудия и механизмы. Так возникли и стали развиваться сельское хозяйство и промышленность. Взаимоотношения человека с природой в результате этого качественно изменились – он стал активно ее использовать и преобразовывать в своих целях. Таким образом, *систематическое изготовление орудий* также является характерным признаком, отличающим человека от животных.

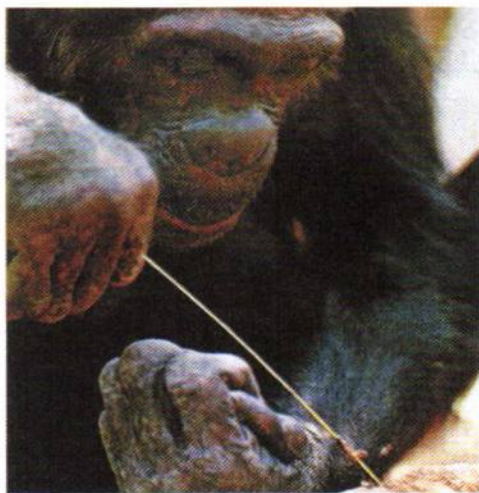


Рис. 90. Шимпанзе с помощью травинки достает термитов из термитника



Человек разумный (Homo sapiens), прямохождение, вторая сигнальная система, внегенетический способ передачи информации, систематическое изготовление орудий.



1. Какие данные доказывают родство человека с животными? 2. Почему современных человекообразных обезьян иногда еще называют двойниками человека? 3. Перечислите характерные черты, отличающие человека от животных. 4. В чем состоит особенность второй сигнальной системы? К чему привело развитие у человека второй сигнальной системы? 5. В чем различия орудийной деятельности человека и животных?



Запишите в иерархическом порядке сверху вниз названия всех таксонов, отражающих положение современного человека в системе органического мира.

§ 16.

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ (ФАКТОРЫ) АНТРОПОГЕНЕЗА

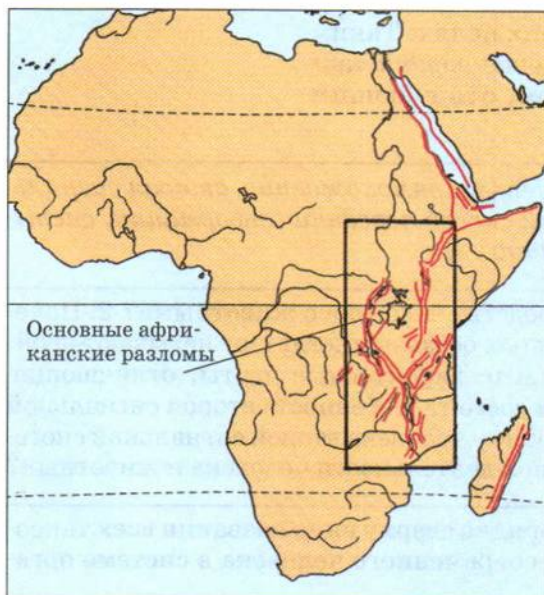
Вспомните, какие факторы являются движущими силами эволюции. Какую роль в эволюции играют наследственная изменчивость, естественный отбор и изоляция?

Антропогенез был вызван теми же движущими силами (факторами), которые обеспечили и эволюцию органического мира. Главные из них – наследственная изменчивость и естественный отбор. Их называют *биологическими факторами* антропогенеза. Вместе с тем, поскольку человек – существо не только биологическое, но и социальное, в его эволюции действовали и специфические факторы – *социальные*, связанные с общественным характером жизни.

Биологические факторы антропогенеза. Вам уже известно, что материалом для эволюции служат различные формы наследственной изменчивости, прежде всего мутации. Частота самопроизвольных, или спонтанных, мутаций у организмов всех видов исключительно мала.

Другое дело – мутации индуцированные, т.е. вызванные действием факторов-мутагенов. Эволюция человека стала возможной только вследствие высокой скорости индуцированных мутаций. Существует несколько гипотез относительно их причин. Согласно одной из них, приблизительно около 3 млн лет назад на прародине человека, в Восточной Африке, произошли мощные движения земной коры и образовались глубокие разломы – рифты (рис. 91). Образование разломов сопровождалось выходом на поверхность высокорadioактивных вулканических пород (в Восточной Африке находятся крупнейшие на Земле месторождения урана), что могло вызвать резкое увеличение

Рис. 91. Восточноафриканский рифт



радиоактивного фона и, как следствие, увеличение доли мутаций в генофонде предков человека.

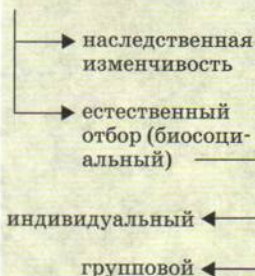
Направляющим фактором антропогенеза был *естественный отбор*. Ученые называют его *биосоциальным*, так как он был направлен не только на выработку приспособлений у отдельных индивидов, но и на совершенствование социальной организации первобытного человеческого стада. На ранних этапах становления человека как биологического вида действовала индивидуальная форма отбора. При ней сохранялись особи, более способные к изготовлению орудий, с помощью которых люди могли добывать пищу и защищаться от врагов. Такой отбор формировал морфофизиологические особенности предков человека – прямохождение, строение рук, увеличение головного мозга и др.

На более поздних этапах антропогенеза ведущую роль стала играть групповая форма отбора, направленная на совершенствование социальной организации. В результате его сохранялись и передавались потомкам особые формы взаимоотношений, выработанные людьми в процессе их совместных действий. Совершенствование социальной организации первобытного человеческого стада помогало выживать даже физически слабым особям, что увеличило численность людей и способствовало их расселению по планете.

Социальные факторы антропогенеза. Для того чтобы выжить, первобытные люди должны были научиться действовать сообща, т.е. вступать в *групповое сотрудничество*. Без него невозможно обороняться и охотиться в условиях открытых ландшафтов – местообитаний наших предков. Успешная охота позволяла людям запасать пищу впрок. Таким образом, у первобытного человека освободилось время для изготовления более совершенных орудий, воспитания детей, заботы о больных и пожилых членах группы. Кроме того, групповое сотрудничество давало первобытным людям значительное преимущество в конкуренции с другими, более приспособленными для охоты животными. Так, группа первобытных охотников благодаря согласованным действиям могла одолеть крупную добычу и противостоять хищникам (рис. 92).

Совместная жизнь в группах вызвала у наших далеких предков потребность в развитии средств общения.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ АНТРОПОГЕНЕЗА



СОЦИАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ АНТРОПОГЕНЕЗА



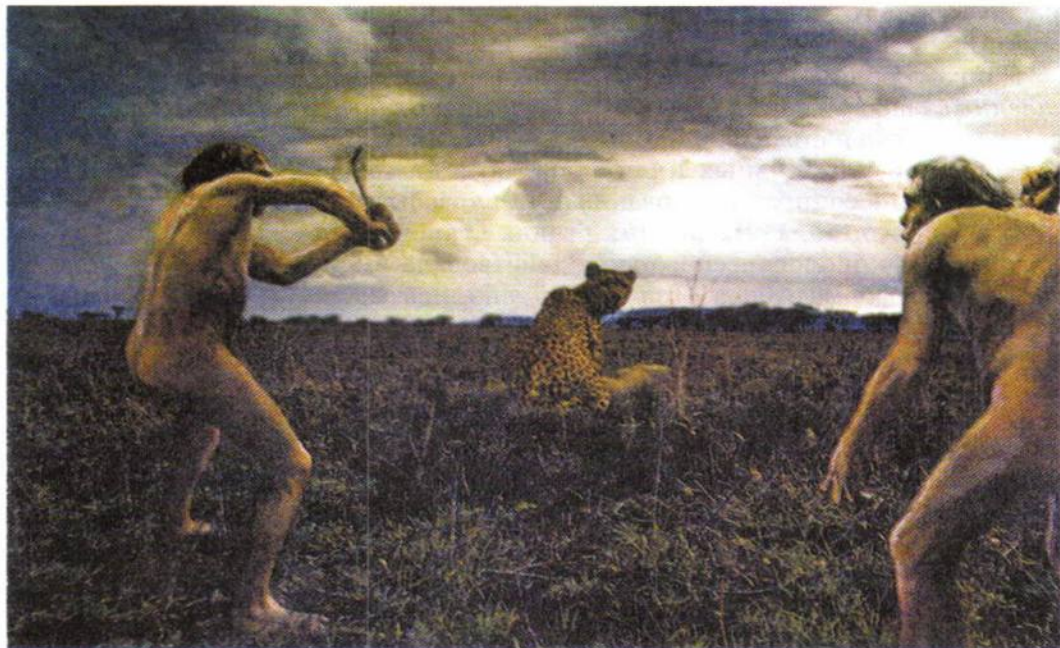


Рис. 92. Групповое сотрудничество давало возможность первобытному человеку добывать крупную добычу и противостоять хищникам

Появился новый социальный фактор – *речь*, которая совершенствовалась параллельно с эволюцией головного мозга. Отдельные индивиды смогли передавать свой опыт другим членам группы. Так были заложены основы человеческого общества.

Мощнейшим социальным фактором антропогенеза была *орудийная деятельность*. Она способствовала развитию мелких мышц руки и двигательных зон коры головного мозга. Кроме того, орудия обеспечили выживание человека в борьбе за существование с другими более приспособленными видами.

Первобытные люди жили, как правило, в естественных укрытиях – пещерах (рис. 93). Значение *постоянных жилищ* как социального фактора антропогенеза состояло в том, что они не только обеспечили необходимые условия для жизни людей, но и в значительной степени способствовали становлению дружеских и семейных отношений. В постоянных жилищах можно было укрыться от непогоды, спастись от хищников, со-

хранить в неприкосновенности запасы провизии и поддерживать огонь. Это содействовало появлению у первобытных людей *альтруизма* (от лат. *alter* – другой) – бескорыстной заботы о других членах группы.

► **Факторы эволюции современного человека.** Действие биологических факторов на человека в настоящее время уменьшилось, но не исчезло. Современный человек меньше зависит от климатических условий, конкуренции за ресурсы среды, нападения хищников. Отпала необходимость в его дальнейшей биологической эволюции. Эволюция человека как отдельного биологического вида прекратилась, но продолжилась биологическая эволюция его индивидов. Наследственная изменчивость по-прежнему сохраняет ведущее значение для человека. Спонтанные мутации в его клетках происходят с той же частотой, которая была характерна для них в прошлом. В ряде районов Земли в связи с радиационным и химическим загрязнением возрастает доля факторов-мутагенов, а следовательно и повышается частота индуцированных мутаций.

По-прежнему в популяциях современного человека действует индивидуальная форма естественного отбора. Хотя он и перестал быть главным эволюционным фактором, происходит естественный отбор на стадиях индивидуального развития человека, начиная с момента образования половых клеток и оплодотворения. Так, в результате естественного отбора выбраковываются гаметы с измененным хромосомным набором, возникшим из-за нарушений мейоза при созревании половых клеток. Примерно 25%

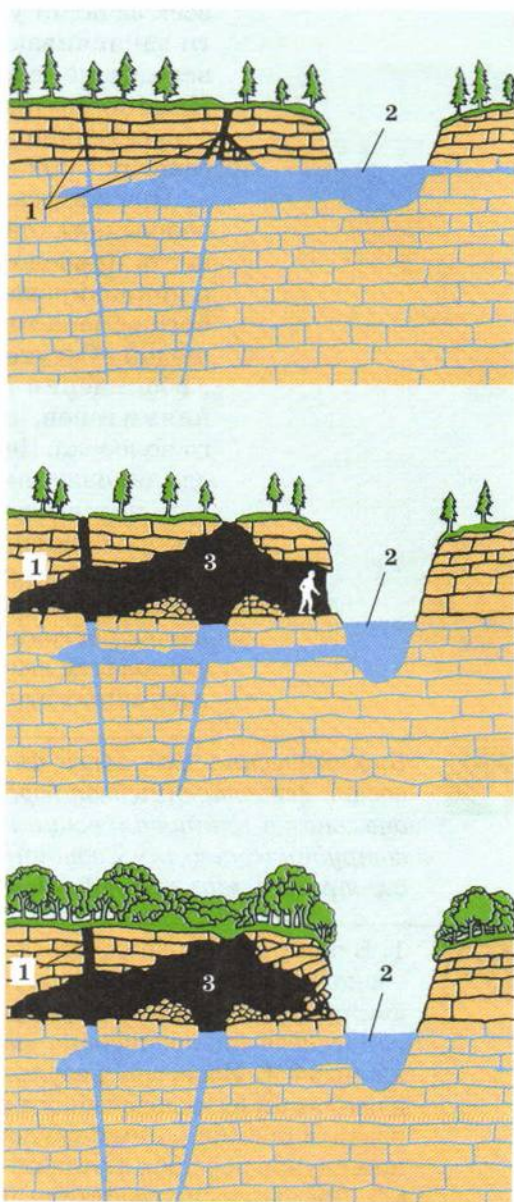


Рис. 93. Пещеры, служившие постоянными жилищами первобытному человеку, возникали в известковых породах в результате действия воды: 1 – трещины в известняке, промытые дождевой водой; 2 – река; 3 – кастовая пещера

всех зачатий у человека в первые недели беременности заканчиваются самопроизвольными выкидышами вследствие нежизнеспособности образовавшихся зигот. Именно поэтому большинство новорожденных детей относительно здоровы, в их организме нет серьезных генетических нарушений.

Практически не действует в эволюции современного человека такой фактор, как изоляция. Развитие транспорта привело к значительным миграциям населения и ликвидировало естественные барьеры на пути свободного обмена генами между различными популяциями людей. Отсутствие изоляции сыграло важную роль в обогащении генофонда человечества новыми сочетаниями генов, что привело к *полиморфизму* современного человека. Фактически нельзя найти двух абсолютно одинаковых людей. Генетическая уникальность каждого человеческого индивида проявляется в его специфичных признаках: походке, тембре голоса, кожном узоры на кончиках пальцев, расположении пятен на радужной оболочке глаз. Фенотипическое разнообразие людей постоянно возрастает, так как все более частыми становятся смешанные браки между представителями различных этнических групп. ◀



Биологические факторы антропогенеза: наследственная изменчивость, естественный отбор; формы биосоциального отбора: индивидуальная и групповая; социальные факторы антропогенеза: групповое сотрудничество, речь, орудийная деятельность, постоянные жилища; альтруизм, ▶ полиморфизм. ◀



1. В чем отличие эволюции человека от эволюции остального органического мира? 2. Какие биологические и социальные факторы явились движущими силами антропогенеза? 3. Почему и как в процессе антропогенеза биологические факторы эволюции уступили место социальным? 4. Известны результаты наблюдений за детьми, выросшими в изоляции от человеческого общества. У таких детей – «маугли» – не развита психика, они с трудом овладевают речью и при каждом удобном случае передвигаются на четвереньках. О чем говорят эти факты? ▶ 5. Докажите, что действие биологических факторов на человека в настоящее время уменьшилось, но полностью не исчезло. Какое это имеет значение для современного человека? 6. Какой эволюционный фактор практически не действует в популяциях современного человека? К чему это привело? ◀

§ 17.

ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Вспомните, какие эволюционные события происходили в четвертичный период кайнозойской эры. Почему этот период еще называют антропоновым?

Эволюция человека началась с выделения в отряде Приматы древних человекообразных обезьян – дриопитеков, от которых произошли все современные человекообразные обезьяны и предки человека (рис. 94). Непосредственно в самом эволюционном ряду человека выделяются четыре последовательные стадии: предшественник человека, древнейший человек, древний человек и человек современного типа.

Дриопитеки – предки человека и человекообразных обезьян. Общими предками человека и человекообразных обезьян были *дриопитеки* (от греч. *dryos* – дерево и *pithecos* – обезьяна). Они существовали от 30 до 25 млн лет назад на территории Африки и Южной Азии. Дриопитеки представляют собой узел родословного дерева приматов, от которого берут начало ветви, ведущие к человекообразным обезьянам и человеку. Раньше предками человека считали азиатских дриопитеков. Сейчас более вероятным предком называют африканский вид – кенияпитека (рис. 95).

Дриопитеки обитали на границе леса и саванны, где могло произойти их разделение на понгид и гоминид. Понгиды продолжили жить на деревьях, а гоминиды перешли к прямохождению. Древесный образ жизни дриопитеков способствовал совершенствованию и координации движений. Хватательная функция передних конечностей позволила манипулировать предметами и стала предпосылкой развития руки.

Протоантроп – предшественник человека. Стадии *протоантропа* (от греч. *proteros* – ранний и *anthropos* – человек) – *предшественника человека* соответствуют вымершие виды *австралопитеков* (от лат. *australis* – южный и греч. *pithekos* – обезьяна), существовавшие от 5,5 до 1,8 млн лет назад. Среди них выделялся вид, ископаемые остатки которого были обнаружены в Ол-

СТАДИИ
АНТРОПОГЕНЕЗА

- предшественник человека (протоантроп)
- древнейший человек (архантроп)
- древний человек (палеоантроп)
- человек современного типа (неоантроп)

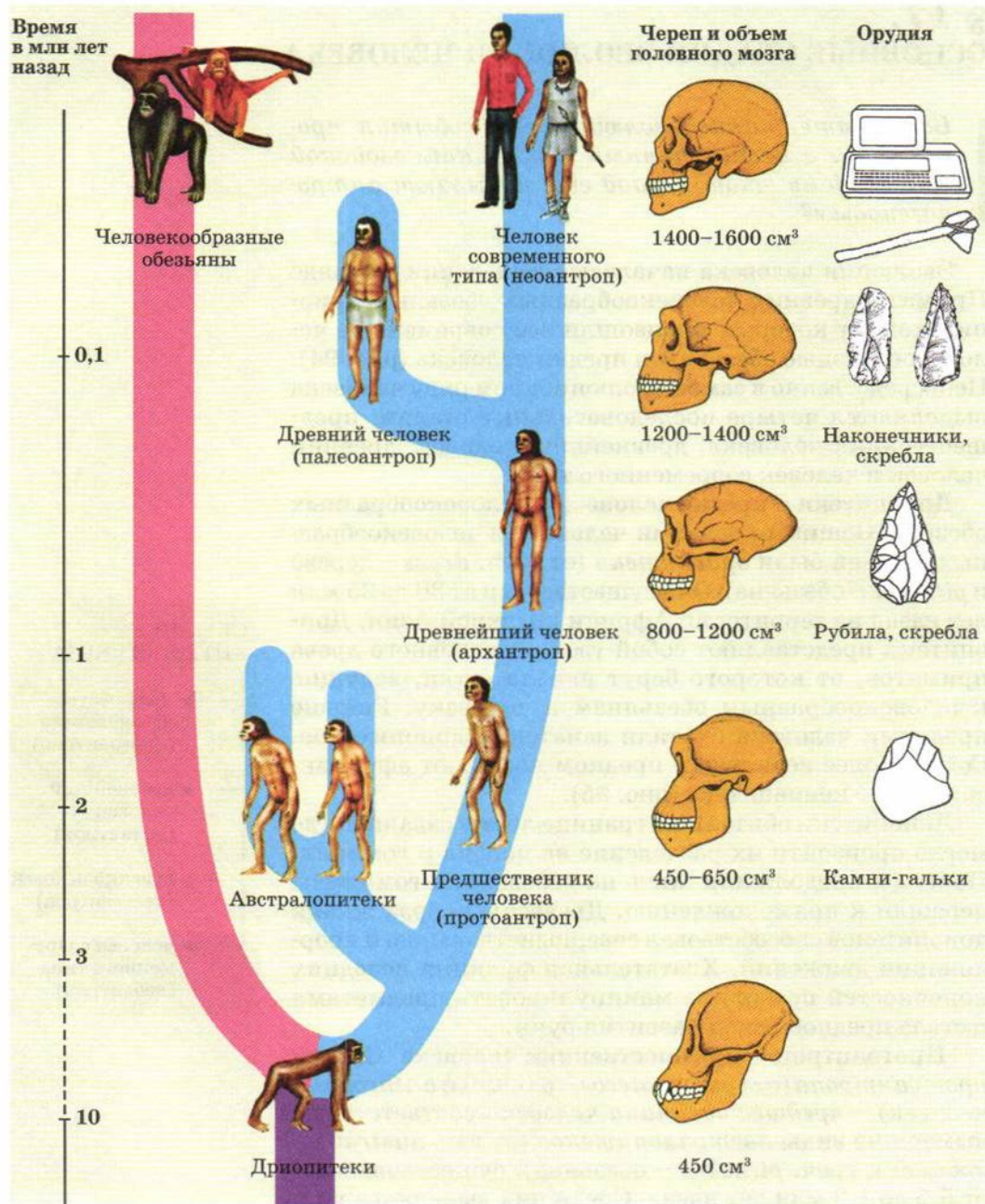


Рис. 94. Эволюционное дерево понгид и гоминид

довайском ущелье (Восточная Африка). В раскопках были найдены фрагменты скелета, возраст которых составил более чем 2 млн лет, а также примитивные орудия – камни-гальки с отбитыми режущими краями. Этот вид получил название *Человек умелый* (*Homo habilis*). Его представители жили в пещерах, занимались собирательством семян и плодов, но наряду с этим охотились на мелких животных. Изучение тазовых и бедренных костей свидетельствует о прямохождении Человека умелого (рис. 96). Считается, что именно он был предшественником человека, а остальные австралопитеки – тупиковые ветви эволюции.

Архантроп – древнейший человек. Стадия *архантропа* (от греч. *archaios* – древнейший и *anthropos* – человек) – *древнейших людей* – объединяет находки под общим названием *Человек прямоходящий* (*Homo erectus*). Архантропы существовали от 1,9 до 0,5 млн лет назад на территории Европы, Азии и Африки.

► Первые ископаемые остатки архантропов в 1892 г. обнаружил на о. Ява голландский врач и антрополог Эжен Дюбуа. Он нашел три зуба, черепную крышку и бедренную кость существа, названного им *питекантропом* (от греч. *pithekos* – обезьяна, *anthropos* – человек). Впоследствии ископаемые остатки архантропов были найдены и в других местах. В 1907 г. немецкий ученый О. Шётензак в песчаном карьере вблизи г. Гейльдельберга (Германия) обнаружил нижнюю челюсть с зубами, принадлежавшую архантропу, названному *гейльдельбергским человеком*. В 1927 г. канадский антрополог Д. Блэк около Пекина (Китай) нашел остатки ископаемого существа, получившего название *синантроп* (от позднелат. *Sina* – Китай и греч. *anthropos* – человек).◀

Древнейшие люди могли подолгу ходить прямо, используя руки только для орудийной деятельности (рис. 97). Они умели добывать огонь. Значительно улучшилась техника изготовления орудий, появились заостренные с двух сторон рубила и скребла, сделанные из камней путем откалывания от них с двух сторон пластин. Предположительно у древнейших людей возникла речь. На этой стадии начинается расселение людей за пределы африканских тропиков – прародины человечества.



Рис. 95. Дриопитек африканского происхождения

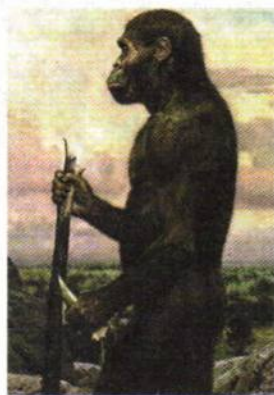


Рис. 96. Человек умелый

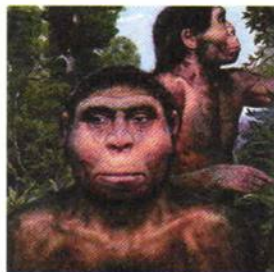


Рис. 97. Человек прямоходящий

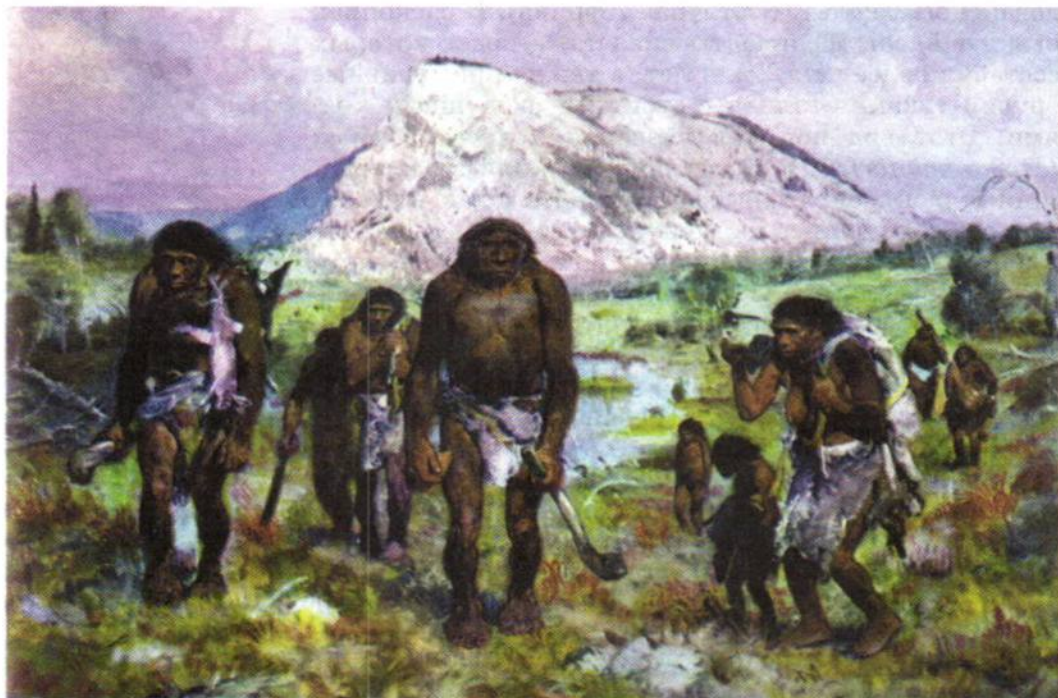


Рис. 98. Неандертальцы

Палеоантроп – древний человек. Стадии *палеоантропа* (от греч. *palaios* – древний и *anthropos* – человек) – *древнего человека* – соответствуют *неандертальцы*, существовавшие от 150 до 35 тыс. лет назад. Впервые их ископаемые остатки были обнаружены под Дюссельдорфом (Германия). В последующем палеонтологические находки древних людей были сделаны и в других местах Европы, Африки и Азии.

Неандертальцы имели мощное телосложение (рис. 98). Кости их скелета обладали плотной структурой, что указывает на большие физические нагрузки. Неандертальцы жили в пещерах, где устраивали убежища из ветвей, костей и шкур убитых на охоте зверей. Охота велась на крупных млекопитающих, например, мамонтов, что требовало от охотников слаженности действий. Неандертальцы использовали более совершенные кремниевые и костяные орудия – наконечники и скребла. Приспосабливаясь к наступившему

похолоданию неандертальцы стали шить одежду из шкур, использовать огонь для обогрева жилищ и приготовления пищи. В пещерах неандертальцев найдены ритуальные погребения. Это говорит о том, что у них существовали религиозные представления, носившие характер первобытного антропоморфизма и анимизма. Например, у неандертальцев был распространен культ пещерного медведя. По всей видимости, на этой стадии антропогенеза началось формирование человеческих рас и других этнических групп людей.

Неоантроп – человек современного типа. К стадии *неоантропа* (от греч. *neos* – новый и *anthropos* – человек) – человека современного типа относят как ископаемые формы, так и ныне живущих людей, принадлежащих к виду *Человек разумный*. Ископаемые остатки неоантропов, существовавших около 40–35 тыс. лет назад, впервые были найдены в гроте Кро-Маньон (Юго-Западная Франция). По месту находки они получили название *кроманьонцы*. За первой находкой последовали другие, причем не только в Европе, но и в Азии, Африке, даже в Австралии и Северной Америке.

По физическому строению кроманьонцы практически не отличались от современных людей (рис. 99). Они имели высокий лоб и на их черепе не было надглазничного валика, характерного для неандертальцев. Нижняя челюсть кроманьонцев заканчивалась подбородочным выступом, что указывает на хорошее развитие у них речевого аппарата. У ископаемых неоантропов лучше, чем у палеоантропов, были развиты лобные доли головного мозга, ответственные за мышление и речь. Кости скелета стали менее массивными. Жили кроманьонцы в естественных укрытиях – пещерах, гротах или в жилищах, построенных из стволов деревьев, костей и шкур убитых на охоте животных. У них значительно улучшилась техника изготовления орудий. Появились ножи, копья, наконечники, гарпуны, иглы, сделанные из камня, рога и кости (рис. 100).

Кроманьонцы были хорошими охотниками. Считается, что именно они истребили крупных млекопитающих четвертичного периода, например, мамонтов и шерстистых носорогов. Резкое уменьшение численности этих зверей способствовало началу *неолитической революции* – domesticации животных и растений.

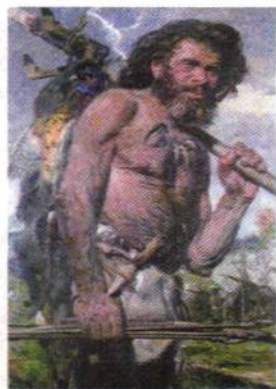


Рис. 99. Кроманьонец



Рис. 100. Орудия кроманьонцев



Рис. 101. Первобытное искусство: 1 – наскальное изображение бегущей лошади на стене пещеры Ласко (Франция); 2 – фигурка женщины, символизирующая плодородие, вырезанная из кости, Дольни Вестонице (Моравия)

Люди начали целенаправленно заниматься животноводством и земледелием. В это же время появляется *первобытное искусство* (рис. 101). Биологические факторы эволюции человека уступают место социальным. Из первобытного человеческого стада формируется первобытное человеческое общество.



Дриопитеки; австралопитеки, протоантроп (предшественник человека), Человек умелый; архантроп (древнейший человек), Человек прямоходящий; палеоантроп (древний человек), неандерталец; неолитическая революция, первобытное искусство.



1. Перечислите и охарактеризуйте основные стадии эволюции человека.
2. На какой стадии антропогенеза проходит грань между древними человекообразными обезьянами и первыми людьми? На основании чего ученые выделяют эту грань?
3. На какой стадии антропогенеза биологические факторы антропогенеза уступили место социальным? Какое значение это имело для эволюции человека?

§ 18.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РАСЫ И ПРИРОДНЫЕ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Рассмотрите рисунок 102. Что общего и различного во внешних признаках между представителями разных человеческих рас? Подумайте, как могли сформироваться эти различия.

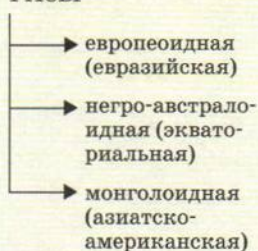
Существующий ныне биологический вид человека состоит из рас. *Рас*ы (от фран. *rase* – род, порода, племя) – исторически сложившиеся внутривидовые группы людей, обладающие общими наследственными физическими особенностями (цветом кожи и волос, разрезом глаз, очертаниями головы и др.). Расовые признаки свойственны не одному человеку, а целой группе людей. Расы не следует путать с понятиями «нация» и «народ», объединяющими людей на основе единства языка, территории проживания, уклада экономической жизни, культуры. Разные расы могут входить в состав одной нации и одного народа, и наоборот: различные народы и нации могут принадлежать к одной расе.

Особенности человеческих рас. Человечество подразделяют на три расы: европеоидную (евразийскую), негро-австралоидную (экваториальную), монголоидную (азиатско-американскую) расы (рис. 102).

Люди *европеоидной*, или *евразийской*, расы имеют светлую, реже смуглую кожу. Такая кожа не препятствует проникновению в организм ультрафиолетовых лучей, под действием которых в ней синтезируется противорахитный витамин *D*. Волосы у европеоидов, как правило, светло-русые и темно-русые, прямые или волнистые, глаза голубые, серозеленые и карезеленые, подбородок умеренно развит, нос узкий и сильно выступающий вперед, губы тонкие, таз широкий. Сформировалась эта раса в Европе и Передней Азии, но сейчас европеоиды живут на всех материках.

Для людей *негро-австралоидной*, или *экваториальной*, расы характерна сильно пигментированная кожа, защищающая их от тропического солнца. Они имеют темные курчавые или шерстистые волосы, создающие теплоизолирующую воздушную подушку между по-

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ РАСЫ



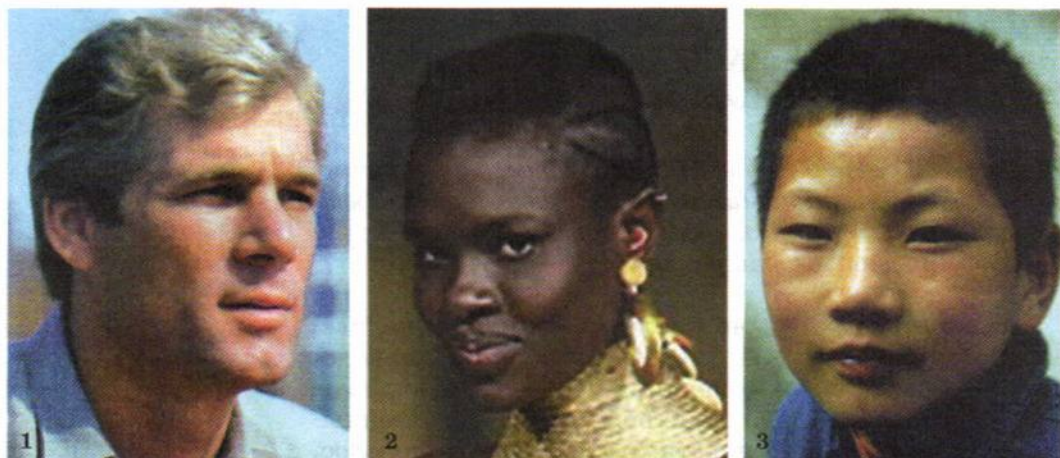


Рис. 102. Представители рас современного человека: 1 – европеоидная (евразийская); 2 – негро-австралоидная (экваториальная); 3 – монголоидная (азиатско-американская)

верхностью волос и кожей головы. Глаза у негро-австралоидов каречные, нос широкий и плоский, губы толстые, таз узкий. Сформировалась эта раса в Африке, но сейчас негро-австралоиды живут по всему экваториальному поясу от Африки до островов Тихого океана и Северной Америки.

Люди *монголоидной*, или *азиатско-американской* расы имеют кожу желтоватого или красноватого оттенка. Для них характерны иссиня-черные прямые волосы, раскосые карие глаза со складкой верхнего века (эпикантусом) во внутреннем углу, широкий и плоский нос, скуластое лицо, средние по толщине губы. Сформировалась монголоидная раса в Азии, ее представители проживают в основном в Центральной и Юго-Восточной Азии, Северной и Южной Америки.

Возникновение человеческих рас и его причины. Процесс возникновения человеческих рас называют *расогенезом*. Он начался около 90 тыс. лет назад и был связан с расселением людей по планете. Изучение генетического родства народов в сочетании с археологическими находками позволили установить время и пути расселения человека по планете (рис. 103).

К возникновению человеческих рас привело действие факторов эволюции, главным из которых был естественный отбор. С его помощью в популяциях людей

сохранялись и распространялись приспособительные признаки, повышающие их жизнеспособность. Главной причиной развития таких признаков стали особенности климата тех или иных географических районов Земли: температура и влажность воздуха, интенсивность солнечного излучения, уровень содержания кислорода и др. Так, разный цвет кожи у людей объясняется связью между интенсивностью солнечного излучения и продукцией витамина *D*. Избыток этого витамина приводит к отложению кальция в костях, отчего они становятся хрупкими; недостаток витамина вызывает размягчение костей и их искривление, т.е. рахит. Чем светлее кожа, тем глубже в нее проникает солнечный свет, и наоборот: чем темнее кожа, тем больше препятствий в виде пигмента меланина встречают солнечные лучи. Для выработки необходимого организму количества витамина *D* людям со светлой кожей необходимо

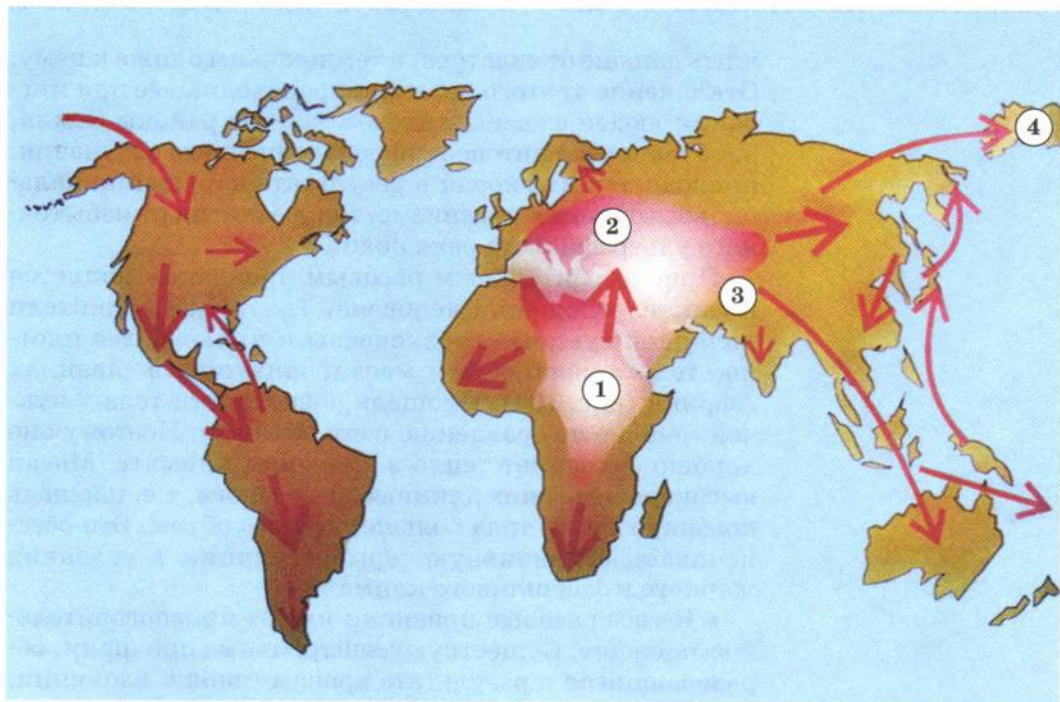


Рис. 103. Карта расселения человека по планете: 1 – первичный очаг возникновения и расселения (1 800 000 лет назад); 2 – в Европу (1 000 000 лет назад); 3 – расселение в Азию и Австралию (60 000 лет назад); 4 – расселение в Америку (40 000–12 000 лет назад)



Рис. 104. Разные типы телосложения человека: 1 – арктический (чукча); 2 – тропический (масаи)

жить дальше от экватора, а темнокожим ближе к нему. Отклонение от этого правила, происходившее при миграции людей с разным цветом кожи в районы Земли, отличающиеся интенсивностью солнечного излучения, приводило к их гибели в результате нарушения кальциевого обмена в организме, или развития от избыточного ультрафиолета рака кожи.

Приспособительным расовым признаком является и тип телосложения человека. Так, чукчи – жители полярной тундры – низкорослы и имеют более плотное телосложение, чем масаи, живущие в саваннах Африки (рис. 104). Площадь поверхности тела у чукчей меньше по сравнению с его объемом. Поэтому оно хорошо сохраняет тепло в холодном климате. Масаи высокорослы, у них длинные руки и ноги, т.е. площадь поверхности их тела больше, чем его объем. Это обеспечивает эффективную терморегуляцию в условиях жаркого и засушливого климата.

► Не все расовые признаки имеют приспособительное значение. Существуют нейтральные признаки, образовавшиеся в результате дрейфа генов и изоляции. Подсчитано, что дрейф генов способен изменить облик изолированной популяции человека через 50 поколений, т.е. приблизительно через 1000 лет. Он фор-

мирует нейтральные расовые признаки. Например, в Дагестане встречаются высокогорные аулы, жители которых имеют светлые волосы и голубые глаза. Рецессивные признаки в данном случае не несут приспособительного значения, так как в высокогорьях доля ультрафиолетового излучения высока. Они появились в результате дрейфа генов при длительной изоляции малочисленной популяции и стали результатом близкородственных браков.◀

Социал-дарвинизм и расизм. Объяснение процесса возникновения расовых различий человека и процесса исторического развития общества действием одних лишь биологических факторов (наследственной изменчивости и естественного отбора) получило название *социального дарвинизма (социал-дарвинизма)*. На его основе сформировался *расизм* – антинаучная концепция, утверждающая физическую и психическую неполноценности человеческих рас и обосновывающая их деление на расы низшие и высшие.

Основные расовые теории возникли во второй половине XIX в. благодаря работам французского писателя и социолога Жозефа Гобино. В Европе тогда широко распространился культ «арийской расы», утверждавший ее исключительность. Он основывался на древнеиндийской легенде об арийцах – светловолосых покровителях темнокожих индусов и персов. В последующие годы в расизме оформились *расовая антропология* и *расовая гигиена*. Представители расовой антропологии утверждают, что история государств должна рассматриваться только как история соответствующих человеческих рас, конкуренция между которыми является движущей силой общественного развития. Сторонники расовой гигиены считают, что интеллект и нравственные качества каждого человека генетически предопределены и его социальное положение в обществе полностью зависит от наследственной природы. Никакие социальные программы не могут это положение изменить и осуществлять их бесполезно. Гибель людей от голода и болезней рассматривается расистами как благотворный фактор, выбраковывающий неполноценных в генетическом отношении человеческих особей. Социально-экономическое развитие стран в XX в. и генетические исследования доказали

РАСОВЫЕ ТЕОРИИ



научную несостоятельность идей, выдвинутых социал-дарвинистами и расистами.

Доказательства единства человеческих рас.

1. Всем расам свойственны общие признаки биологического вида Человек разумный, приобретенные им до его разделения на расы. Главные различия между расами касаются лишь второстепенных, невидовых признаков человека.
2. В местах совместного проживания представителей разных рас происходит их смешение – *метисация*. Жизнеспособность и нормальная плодовитость потомков от таких межрасовых браков (метисов) доказывает отсутствие генетической изоляции между расами и единство их как одного биологического вида.
3. В биологическом и психическом отношениях представители всех человеческих рас абсолютно равноценны и находятся на одном и том же уровне эволюционного развития. Существующие различия в уровне культуры вызваны социально-экономическими факторами, оказывающими стимулирующее или тормозящее влияние.



Расы: европеоидная (евроазиатская), негро-австралоидная (экваториальная), монголоидная (азиатско-американская); расогенез; социал-дарвинизм, расизм, расовая антропология и гигиена, метисация.

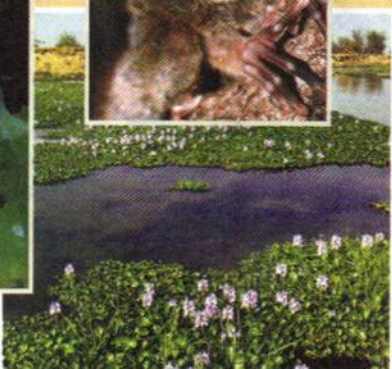
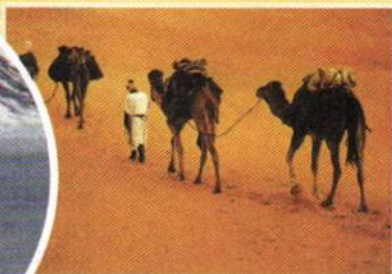
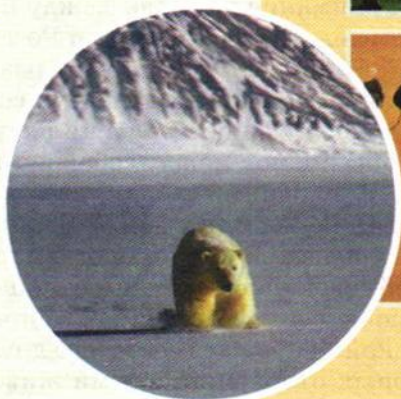


1. Дайте определение человеческим расам. 2. На какие расы подразделяют современное человечество? Перечислите основные признаки рас. 3. Каковы основные причины возникновения рас? 4. В чем состоит научная несостоятельность социал-дарвинизма и расизма? 5. Приведите факты, доказывающие единство человеческих рас.



Во всех популяциях современного человека наблюдаются сходные морфофизиологические изменения. Например, *грацилизация* (от лат. *gratia* – миловидность) проявляется в снижении общей массивности скелета. Современные люди все меньше занимаются физической работой, поэтому их кости становятся более тонкими. *Акселерация* (от лат. *accleratio* – ускорение) заключается в ускоренном развитии всего организма. Так, в начале прошлого века рост человека завершался к 25–26 годам, в настоящее время – к 18–19 годам. Половое созревание у современного человека наступает на 2 года раньше, чем это было в прошлом столетии.

ОРГАНИЗМЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



§ 19.

ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

Вспомните, какие методы используют для изучения природы. Зачем человеку нужны знания о среде обитания и жизни окружающих его организмов?

Человеку издавна было присуще стремление как можно больше узнать об образе жизни интересующих его организмов. Еще в период Античности древнегреческие ученые-философы рассматривали влияние окружающей среды на жизнь отдельных растений и животных. Однако детальное и глубокое изучение этих закономерностей началось лишь в XIX – XX вв. с оформлением науки экологии.

Зарождение экологии. В начале XIX в. немецкий ученый Александр Гумбольдт (рис. 105) впервые обратил внимание на связь между климатом и характером растительности. Позднее в России отечественный ученый К.Ф. Рулье (рис. 106) развил идею об единстве организма и условий его существования. Сам термин «экология» для обозначения науки о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей их средой (т.е. с условиями жизни) ввел в 1866 г. немецкий ученый Э. Геккель (рис. 107). В книге «Всеобщая морфология» он писал: «Под экологией мы понимаем... изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой как органической, так и неорганической, и прежде всего – его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт. Одним словом, экология – это изучение всех сложных взаимоотношений, которые Дарвин называет условиями, порождающими борьбу за существование».

Как самостоятельная научная дисциплина экология сформировалась в 30-х гг. XX в. Тогда были накоплены и систематизированы сведения об образе жизни организмов, развившимся под влиянием условий окружающей среды; популяциях, сообществах и других биологических системах надвидового ранга.

Таким образом, современная *экология* (от греч. *oikos* – дом, жилище и *logos* – учение) – это наука о вза-



Рис. 105. Александр Гумбольдт (1769–1859)

имоотношениях организмов между собой и с окружающей их неживой природой. Есть и другое определение этой дисциплины. Экология – это наука о структуре и функционировании надорганизменных биологических систем: популяций, экосистем и биосферы.

Задачи и разделы экологии. Главные задачи современной экологии – выяснение границ допустимого вторжения человека в природу и разработка научных основ использования природных ресурсов нашей планеты. Кроме того, экология решает задачу охраны природы, контроля ее состояния, а также прогнозирования эволюции биосферы под влиянием хозяйственной или иной деятельности человека. Будучи прикладной наукой, экология позволяет предвидеть вспышки массового размножения и проводить борьбу с отдельными видами организмов, наносящими вред культурным растениям и сельскохозяйственным животным.

► Современная экология представляет собой разветвленную систему научных знаний. Приспособленность организмов к условиям существования рассматривает *аутэкология* (от греч. *autos* – сам). Взаимное влияние организмов и их сообществ друг на друга и на окружающую среду исследует *синэкология* (от греч. *syn* – вместе). Иногда экологию подразделяют на *общую экологию*, изучающую общие закономерности взаимоотношений организмов с окружающей средой, и частные разделы. Среди последних выделяют экологию систематических групп организмов (экологию растений, экологию животных, экологию микроорганизмов). Существуют также частные разделы экологии, изучающие отдельные типы природных сообществ планеты, например, экология влажного тропического леса, экология пустыни, экология болота, экология озера.

Есть в экологии и много прикладных научных дисциплин. Так, созданием научных основ рационального природопользования, прогнозированием изменений окружающей среды занимается *экология ландшафтов*. Поиск безотходных технологий и экологически чистых производств ведет *промышленная экология*. Влияние природной среды на человека и общества – на природу изучает *социальная экология*. В рамках последней рассматриваются социальные, экономические, политические, географические, философские и другие



Рис. 106. Карл Францевич Рулье (1814–1858)

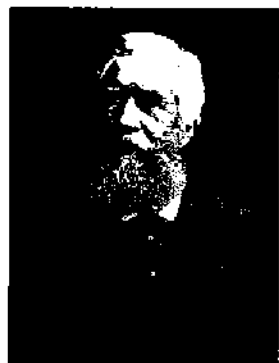


Рис. 107. Эрнст Геккель (1834–1919)

вопросы взаимоотношения человека и природы, что привело к обособлению в этой науке самостоятельных научных дисциплин (экология города, агроэкология, экологическая этика).

Особую отрасль составляет *математическая экология*, рассматривающая закономерности численного распределения организмов на различных природных территориях и акваториях нашей планеты. ◀

Методы экологии. Для решения задач экологии ученые используют различные методы: полевые наблюдения, эксперименты и моделирование.

Полевые наблюдения применяют для характеристики природных сообществ, изучения видового состава составляющих их организмов. Проводят полевые наблюдения в природных условиях и подразумевают минимальное вмешательство наблюдателя в ход процессов. Например, ученые с помощью кольцевания следят за миграциями птиц (рис. 108). Материалы наблюдений обычно фиксируются в дневниковых записях, рисунках, фотографиях, видео- и киносъемках. Однако метод наблюдения имеет ограничение: он позволяет обнаружить лишь внешние проявления каких-то фактов, а внутренние процессы, происходящие в природе, остаются для наблюдателя часто недоступными. Поэтому в последнее время стали применять комплексные наблюдения за состоянием природы, получившие название системы *мониторинга окружающей среды* (от лат. *monitor* – тот, кто напоминает, предупреждает). При таких наблюдениях оценивается состояние всех природных компонентов.

Эксперименты позволяют следить за жизнью как отдельных видов организмов, так и целых природных сообществ, в которых исследователями сознательно произведены некоторые изменения. Различают естественные и искусственные эксперименты. Естественный, или природный, эксперимент проводят в том случае, когда хотят выяснить, как повлияют внесенные изменения на жизнь организмов. Например, ученые-экологи выясняют, как изменится численность копытных млекопитающих в природном сообществе, если провести отстрел хищников и регулярно подкармливать животных в зимнее время (рис. 109). Искусственные, или лабораторные, эксперименты проводят над отде-

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ





Рис. 108. Полевые наблюдения за миграциями животных — кольцевание птиц



Рис. 109. Зимняя подкормка копытных млекопитающих в лесу

льными видами. Например, для выяснения устойчивости растения к колебаниям температуры и влажности, такие условия создают в камерах искусственного климата — климатронах (рис. 110).

Моделирование (от лат. *modulus* — образец) как метод экологических исследований дает возможность создавать модели, т.е. заместители реальных биологических объектов и процессов, исследуя которые ученые-экологи получают сведения о функционировании природных экосистем. Так, моделью экосистемы пресного водоема, может служить комнатный аквариум (рис. 111). В нем присутствуют все необходимые для экосистемы компоненты: вода, воздух, грунт, свет, растения, животные и микроорганизмы. Изучая обитателей аквариума, можно получить представление о жизни пресного водоема.

Связь экологии с другими науками. Современная экология — не только биологическая наука. Она также включает различные аспекты взаимоотношений общества и природы. Экологические знания стали неотъемлемой частью мировоззрения личности, важной составляющей культуры современного человека.

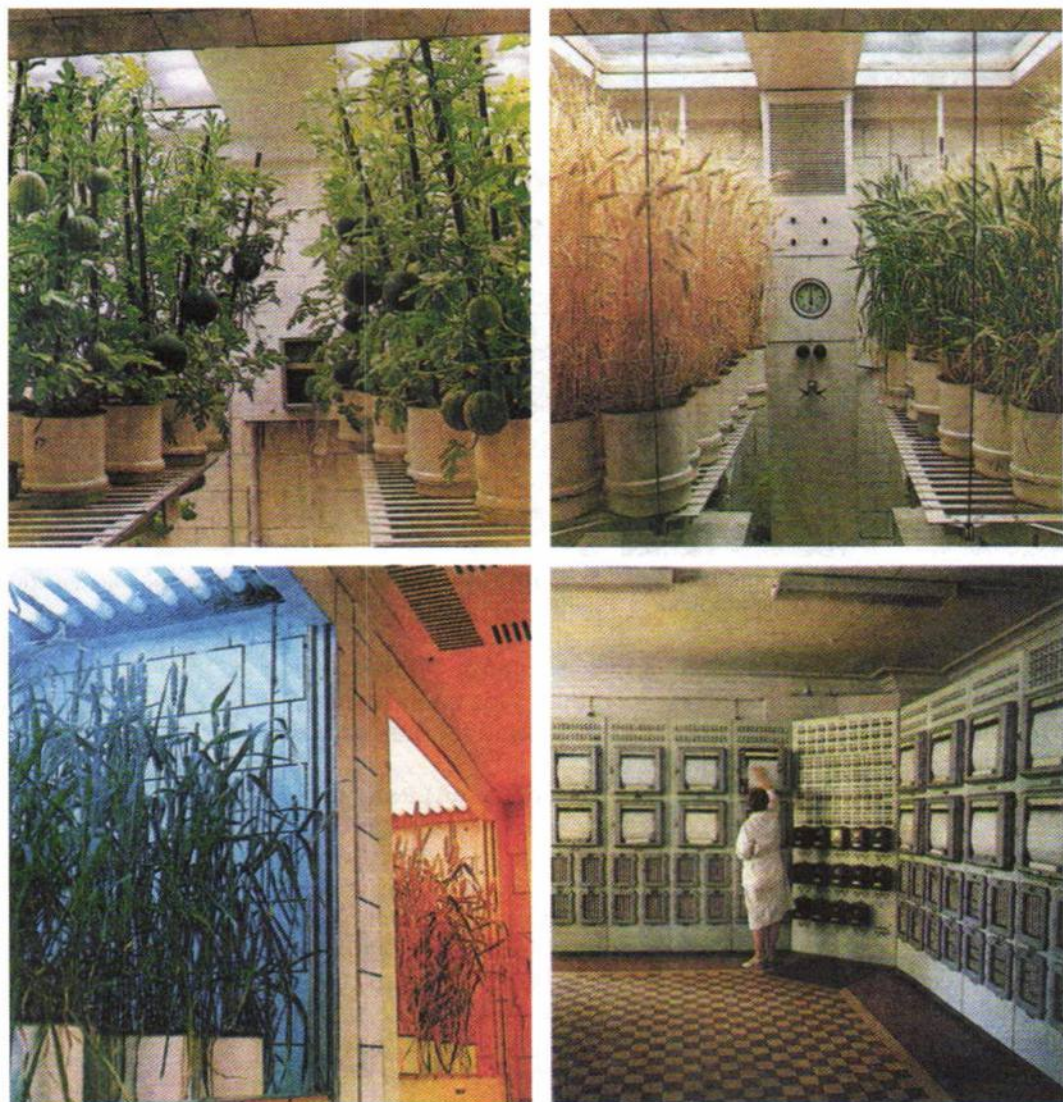


Рис. 110. Камеры искусственного климата – климатроны

Используя методы других наук, экология из научной дисциплины о среде обитания организмов постепенно превратилась в так называемую *биологию окружающей среды*, охватывающую все стороны существования и развития биосферы.

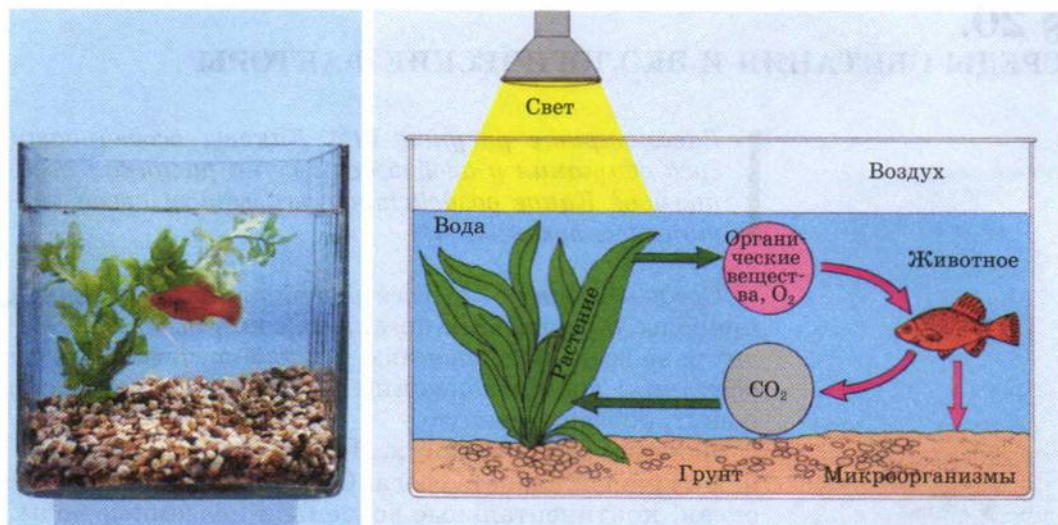


Рис. 111. Комнатный аквариум — модель экосистемы пресного водоема

Современное состояние живой оболочки нашей планеты свидетельствует о том, что всем людям жизненно необходимо о ней заботиться. Для этого нужны не просто широкие экологические знания, а требуется выработать новое отношение человека к окружающей среде, сформировать *экологическое мировоззрение*. Оно должно основываться, прежде всего, на отказе человека от устремленности к овладению природой и поиске путей, открывающих возможность стабильного сосуществования природы и общества.



Экология: ► *аутэкология, синэкология, общая экология, экология ландшафтов, промышленная экология, социальная экология, математическая экология;* ◀ *методы экологии: полевые наблюдения, эксперименты, мониторинг окружающей среды, моделирование; биология окружающей среды, экологическое мировоззрение.*



1. С именами каких ученых связано зарождение экологии? 2. Что изучает экология? Какие задачи стоят перед ней? ► 3. Перечислите основные разделы современной экологии. Что они изучают? ◀ 4. Охарактеризуйте методы экологических исследований. 5. Какое место занимает экология в системе наук? 6. Каково значение экологических знаний в современном мире?

§ 20.

СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Рассмотрите рисунок 112. Каковы особенности сред обитания у изображенных на рисунках организмов? Какое воздействие оказывает среда обитания на организмы?

Среда обитания – это все условия живой и неживой природы, окружающие организм, с которыми он находится во взаимоотношениях. Выделяют четыре среды обитания: водную, наземно-воздушную, почвенную и внутриорганизменную.

СРЕДЫ ОБИТАНИЯ



Водная среда обитания. Это самая распространенная на нашей планете среда. Она объединяет Мировой океан, континентальные водоемы и подземные воды. Водная среда имеет ряд особенностей: большую плотность, сильные перепады давления, относительно малое содержание кислорода, высокую теплопроводность и ограниченную проницаемость для света. Высокая плотность водной среды (в 700 раз больше, чем у воздуха) создает для обитающих в ней организмов возможность опоры (рис. 112,1). Так, одноклеточные водоросли и простейшие, медузы и мелкие рачки имеют разнообразные выросты на теле, увеличивающие площадь соприкосновения с водой, что обеспечивает их плавучесть. Другие водные обитатели, например рыбы, удерживают свое тело в толще воды благодаря плавательному пузырю или жировым включениям. Соппротивление воды активно плавающие водные животные преодолевают благодаря обтекаемой форме тела и специальным органам, например, плавникам. Убытие света с глубиной ограничивает распространение в водной среде растений, которым свет необходим для фотосинтеза. На животных недостаток света оказывает меньшее влияние. Рыбы и моллюски встречаются на глубинах в несколько тысяч метров.

Наземно-воздушная среда обитания. Наземно-воздушная среда обитания – самая разнообразная по условиям, с чем связано большое разнообразие населяющих ее организмов (рис. 112,2). Она характеризуется низкими плотностью и давлением, высоким содержанием

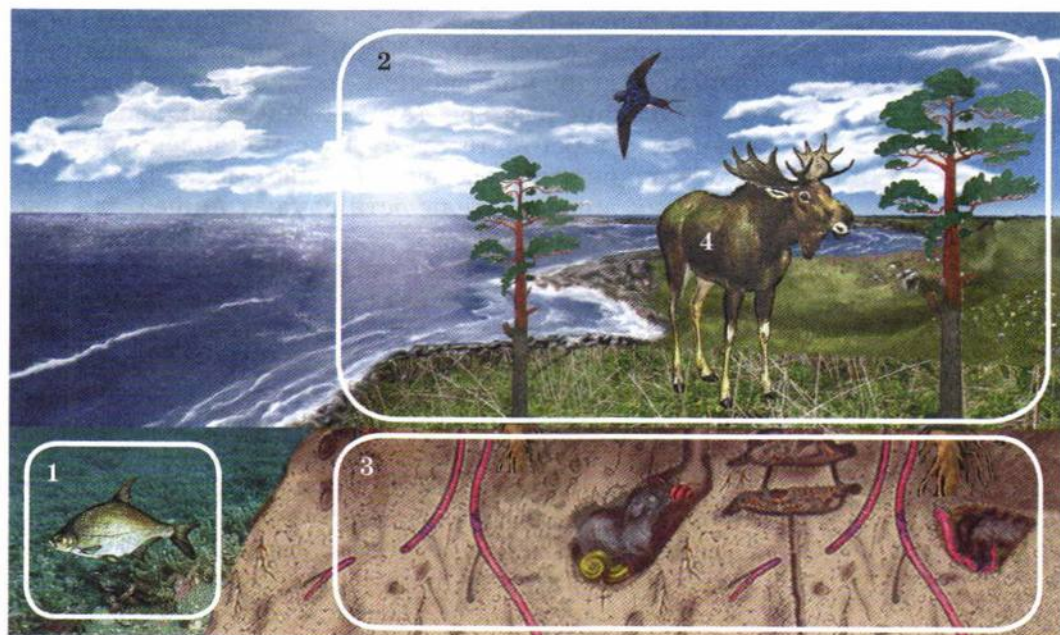


Рис. 112. Среды обитания организмов: 1 – водная; 2 – наземно-воздушная; 3 – почвенная; 4 – внутриорганизменная

кислорода и обилием света. Этой среде свойственны значительные температурные колебания и неравномерное распределение влаги. Обитатели наземно-воздушной среды имеют ряд общих особенностей. Так, у растений и животных развились опорные и проводящие системы, механизмы терморегуляции и дыхания, защитные образования, помогающие сберечь влагу. Большинство обитателей наземно-воздушной среды активно передвигаются, в связи с чем у них есть рычажные конечности, соединенные суставами, а у некоторых и крылья, и выросты, обеспечивающие полет.

Почвенная среда обитания. Почва представляет собой рыхлый поверхностный слой суши, образованный деятельностью организмов и влиянием климата. Она состоит из твердых частиц, окруженных воздухом, и водой. Как среда обитания почва характеризуется большой плотностью, отсутствием света, незначительными температурными колебаниями, низким содержанием кислорода и достаточно высоким содержанием углекислого газа.

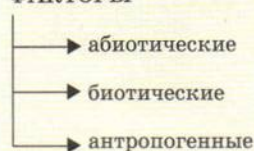
Для почвенных организмов характерны следующие особенности (рис. 112,3). Так, почвенные животные (черви, клещи, многоножки, насекомые, кроты) имеют небольшие размеры тела, прочные покровы и, как правило, у них отсутствуют глаза. Накопленные в почве отмершие части растений и животных, а также продукты их жизнедеятельности служат пищей для обитающих в почве простейших, бактерий и грибов.

Внутриорганизменная среда обитания. Эта специфическая среда обитания представлена телами самих организмов. Их используют организмы-паразиты, главным образом микроорганизмы, грибы, черви, клещи, личинки насекомых, а также симбиотические простейшие и водоросли. Для них другие тела – место жизни и источник питательных веществ (рис. 112, 4).

Внутриорганизменная среда имеет ряд преимуществ: стабильные температурные и газовые условия, достаточное количество воды и пищи, защищенность от внешних воздействий. Вместе с тем, организмы-паразиты испытывают ряд трудностей. Главные из них – это ограниченность жизненного пространства, сложность распространения паразита от одного хозяина к другому и защитные реакции со стороны организма-хозяина. Постоянство условий обитания привела к тому, что многие организмы-паразиты, например, ленточные черви, утратили органы передвижения и пищеварения. Сложность распространения паразита от одного хозяина к другому компенсировалась огромной плодовитостью паразита. Для защиты от организма-хозяина паразиты имеют плотные покровы тела и органы прикрепления.

Экологические факторы. Отдельные условия среды обитания, оказывающие влияние на организмы, называют *экологическими факторами* (от лат. *factor* – делающий, производящий). Различают абиотические, биотические и антропогенные экологические факторы. *Абиотические факторы* – все условия неживой природы: климатические (свет, температура, влажность, давление), почвенные (механическая структура почвы и ее состав), орографические (рельеф местности). *Биотические факторы* – все формы взаимодействия организмов друг с другом (влияние животных на растения, растений на животных, микроорганизмов на растения и животных). *Антропогенные факторы* – разнообраз-

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ



разные виды человеческой деятельности, приводящие к изменениям природы как среды обитания организмов и непосредственно сказывающиеся на их жизни (загрязнение среды обитания отходами промышленности и сельского хозяйства, охота, вырубка лесов, распашка степей, осушение болот и др.).

Закономерности действия экологических факторов.

1. Экологические факторы действуют на организмы по-разному. Действуя как раздражители, они вызывают ответные реакции организмов. Действуя как ограничители, они делают невозможным существования организмов в данных условиях. Действуя как модификаторы, они приводят к изменениям отдельных черт строения и функций организмов. Действуя как сигналы, они информируют организмы об изменениях других экологических факторов.

2. Любой экологический фактор действует по закону биологического оптимума (рис. 113). *Биологический оптимум* – наиболее благоприятная для организма интенсивность экологического фактора. Отклонения от биологического оптимума составляют зоны угнетения организма. Диапазон действия экологического фактора ограничен точками минимума и максимума. Он составляет пределы выносливости организма, обуславливающую его способность выносить отклонения эко-

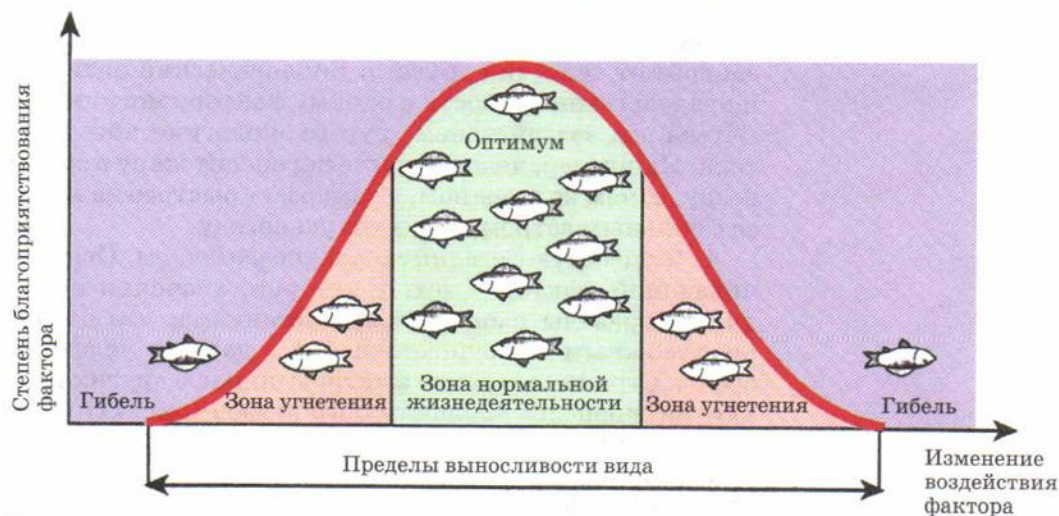


Рис. 113. Схема действия закона биологического оптимума

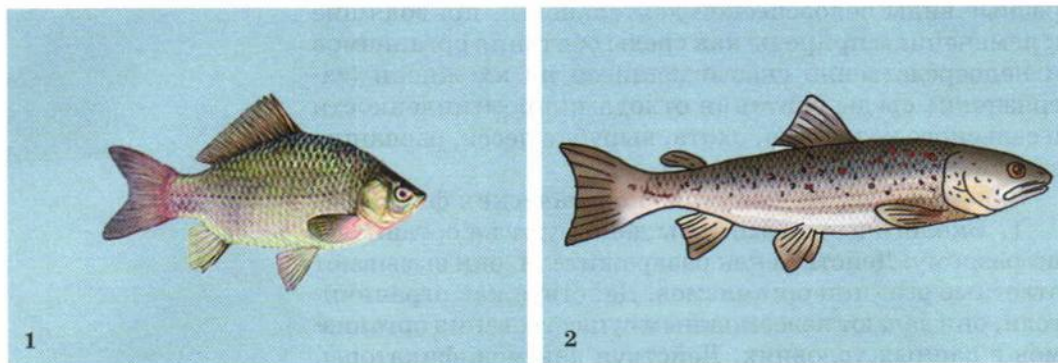


Рис. 114. Виды с широкими и узкими пределами выносливости: 1 – серебристый карась; 2 – ручьевая форель

гического фактора от оптимальных для себя значений. Организмы с широкими пределами выносливости способны выдерживать значительные отклонения от оптимума. Так, серебристый карась способен жить в различных водоемах – прудах и озерах с высоким и очень низким содержанием кислорода в воде (рис. 114,1). Организмы с узкими пределами выносливости не способны выдерживать отклонения, например, ручьевая форель обитает только в реках с быстрым течением и высоким содержанием кислорода (рис. 114,2).

3. Экологические факторы действуют на организмы одновременно и совместно. Действие одного фактора зависит от действия другого. Биологический оптимум и пределы выносливости к одному фактору могут изменяться под воздействием другого экологического фактора. Например, человек легче переносит жару в сухом воздухе, чем во влажном, а замерзает быстрее на морозе с сильным ветром, чем в тихую погоду.

4. Существуют *ограничивающие факторы*. Ограничивающий фактор – тот, у которого значения выходят за пределы выносливости организма, что делает невозможным его существование в данных условиях среды. Ограничивающие факторы сильнее других влияют на жизнедеятельность организмов (рис. 115). Их действие является наиболее значимым для организма и не зависит от благоприятного сочетания других факторов. Ограничивающие факторы определяют ареалы распространения видов на нашей планете.

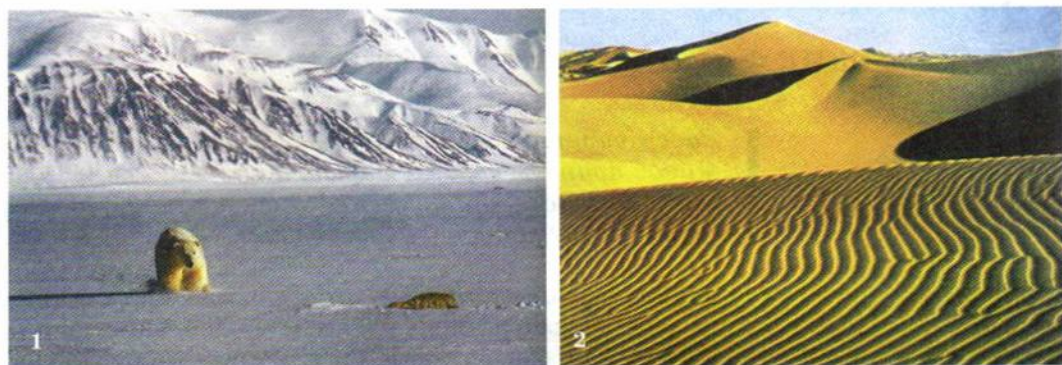


Рис. 115. Ограничивающие факторы: 1 – распространение организмов в Арктике ограничивается недостатком тепла; 2 – распространение организмов в пустынях – недостатком влаги

5. К каждому из экологических факторов организмы приспосабливаются независимым путем. Степень выносливости организма к какому-либо экологическому фактору не означает соответствующей его выносливости к другим экологическим факторам. Например, некоторые насекомые способны переносить временное понижение температуры и впадают при этом в состояние оцепенения, но не выдерживают резких изменений влажности воздуха и погибают.



Среды обитания: водная, наземно-воздушная, почвенная, внутри-организменная; экологические факторы: абиотические, биотические, антропогенные; биологический оптимум, ограничивающий фактор.



1. Что такое среда обитания? Какие различают среды обитания организмов? 2. Какие факторы называют экологическими? 3. На какие группы классифицируют экологические факторы? Приведите примеры разных экологических факторов. 4. В чем состоят основные закономерности действия экологических факторов на организмы?



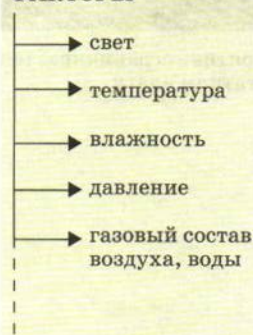
Охарактеризуйте экологические факторы. Перечертите в тетрадь и заполните таблицу.

Экологические факторы

Группа факторов	Фактор	Характеристика фактора

§ 21.

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

АБИОТИЧЕСКИЕ
ФАКТОРЫ

Рассмотрите рисунки 116–122. Какие условия неживой природы воздействуют на изображенные организмы? Вспомните из курса физики, что такое свет, температура и влажность.

Абиотические факторы – это условия неживой природы (свет, температура, влажность, давление и др.), оказывающие воздействие на организмы, что обуславливает их распространение в среде обитания. Рассмотрим некоторые из таких факторов.

Свет. Служит источником энергии для фотосинтеза, поддержания теплового баланса, водного обмена и условием ориентировки организмов в пространстве. Основной источник света – Солнце. Солнечная радиация различается интенсивностью и качеством: ультрафиолетовые лучи, видимый спектр, инфракрасные лучи. Различные участки спектра неравнозначны по биологическому действию. Коротковолновые ультрафиолетовые лучи губительны для всего живого и задерживаются озоновым экраном. Небольшое количество длинноволновых ультрафиолетовых лучей используется животными для образования витамина *D*. Видимая часть спектра поглощается фотосинтезирующими растениями, а также служит условием для ориентировки дневных животных в пространстве. Инфракрасные лучи вызывают нагревание тел организмов, усиливают теплообмен и увеличивают испарение.

Количество света, нужное для разных организмов, неодинаково. Растения по отношению к свету делят на три группы: светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые (рис. 116). Для них необходим разный уровень освещенности. Среди животных по отношению к свету различают дневных, сумеречных и ночных (рис. 117). Они проявляют свою активность в зависимости от разного уровня освещенности. Для дневных животных свет – это сигнал к активности, а для ночных животных, наоборот, перехода ко сну.

Сигнальная роль света как экологического фактора проявляется и в фотопериодизме. *Фотопериодизм*



Рис. 116. Экологические группы растений по отношению к свету: 1 — светолюбивые (василек луговой); 2 — тенелюбивые (кислица обыкновенная); 3 — теневыносливые (клён остролистный)

(от греч. *photos* — свет и *periodos* — круговращение) — реакция организмов на сезонные изменения длины дня и ночи, проявляющаяся в колебании интенсивности и характера физиологических процессов. Например, растения реагируют на сезонные изменения длины дня и ночи ростом и сменой фаз развития (распускание почек, цветение, плодоношение, листопад и др.). Длиннодневным растениям для цветения и плодоношения требуется освещенность не менее 12 ч в сутки (рис. 118), а короткодневным — необходим такой же темный период. Животные также обладают фотопериодизмом, что проявляется в различных сезонных яв-



Рис. 117. Экологические группы животных по отношению к свету: 1 — дневные (белка европейская); 2 — сумеречные (майский жук); 3 — ночные (долгопят)

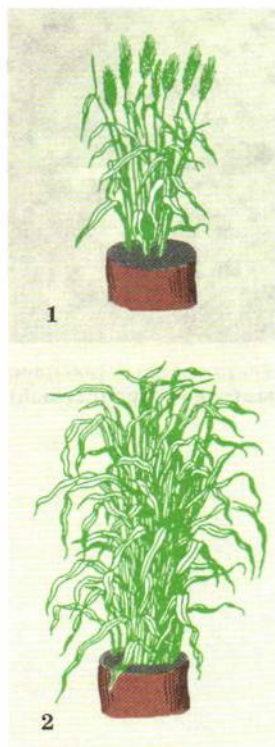


Рис. 118. Ячмень, выращенный при разной длине дня: 1 – 16-часовой день и 2 – 8-часовой день

лениях их жизни, например прилетах и отлетах птиц, гнездовании, линьке, впадении в спячку.

Знание фотопериодизма используется человеком в практической деятельности. Так, увеличение зимой при помощи искусственного освещения светового дня до 12–14 ч дает возможность выращивать в теплицах овощные и декоративные растения, а на птицефабриках продлевать период яйценоскости у кур.

Температура. Влияет на скорость происходящих в телах организмов реакций метаболизма. У большинства организмов эти реакции осуществляются в пределах от 0° до +50 °С. При более низких или более высоких температурах метаболизм прекращается из-за нарушения работы ферментов.

Среди животных беспозвоночные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся имеют температуру тела, зависящую от температуры окружающей среды. Поэтому их называют *холоднокровными* (рис. 119,1). У *теплокровных* животных (птиц и млекопитающих) температура тела не зависит от среды и поддерживается на одном уровне благодаря обмену веществ и теплоизоляции, создаваемой перьевым, шерстным покровами и слоем жира (рис. 119,2).

► Для каждого организма характерны своя оптимальная для процессов жизнедеятельности температура и свои пределы выносливости ее колебаний. Выше зоны оптимальной температуры находится зона временного теплового оцепенения организма, а за ней – зона продолжительной бездеятельности или летней спячки, граничащей с зоной смертельно высокой температуры. Ниже зоны оптимальной температуры находятся зоны холодового оцепенения, зимней бездеятельности или спячки, а также смертельно низкой температуры. Общий температурный диапазон выносливости для большинства организмов составляет от –50 °С до +50 °С, хотя некоторые бактерии и водоросли благополучно существуют в горячих источниках с температурой воды +80 °С.◄

Температура подвержена сезонным и суточным колебаниям. В зависимости от обеспеченности тепловой энергией симметричных участков обоих полушарий, начиная с экватора, различают климатические зоны (тропическая, субтропическая, умеренная, холодная). В пределах каждой климатической зоны организмы

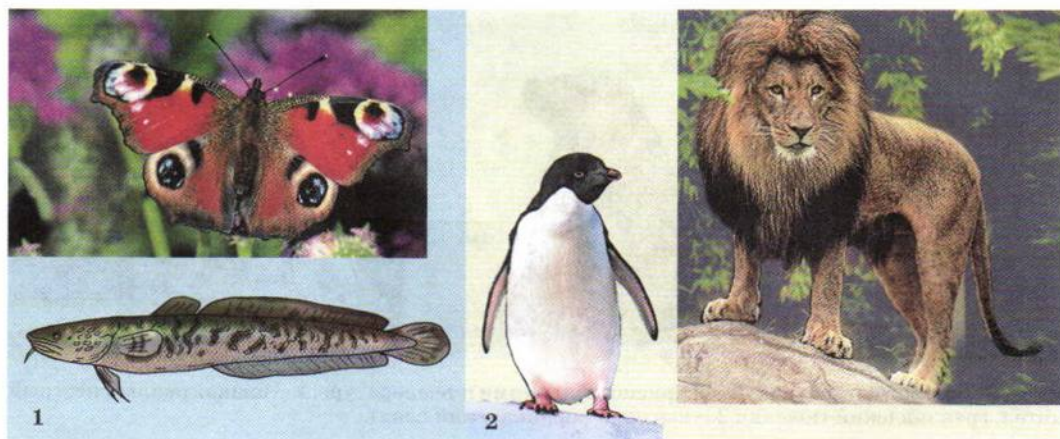


Рис. 119. Холоднокровные (1) и теплокровные (2) организмы

обладают приспособлениями к характерным для нее температурам. В условиях умеренной и холодной зон температурные приспособления растений проявляются в зимостойкости, морозоустойчивости и состоянии покоя (рис. 120). *Зимостойкостью* называют устойчивость растений к действию неблагоприятных факторов зимнего периода – чередования морозов и оттепелей, ледяной корки и др. Зимостойкие растения осенью сбрасывают листья, а их почки защищены почечными чешуями. *Морозоустойчивость* проявляется на уровне клеток и тканей растений в их способности переносить действие отрицательных температур. Благодаря накоплению в клетках углеводов, образование льда происходит при более низкой температуре. *Состояние покоя* характеризуется прекращением роста и снижением процессов жизнедеятельности. Однолетние растения проходят это состояние на стадии семени. У многолетних растений в клетках образуются особые вещества, прекращающие рост в искусственно созданных благоприятных условиях или во время оттепелей.

Температурные приспособления животных не менее разнообразны, чем у растений (рис. 121). *Химическая терморегуляция* изменяет уровень теплопродукции в организме. Например, дятел зимой переходит на питание семенами ели, содержащими масла, богатыми энергией. *Физическая терморегуляция* обеспечивает

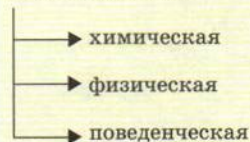


Рис. 120. Галантусы, появляющиеся из под снега, способны переносить заморозки



Рис. 121. Животные, обладающие приспособлениями к температуре: 1 – низкой (малый пёстрый дятел, гренландский тюлень); 2 – высокой (африканский слон)

ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ У ОРГАНИЗМОВ



изменение уровня теплоотдачи организма. Так, гренландский тюлень имеет теплозащитный покров в виде толстого слоя жира и плотного меха, а африканский слон – большие ушные раковины с густой сетью капилляров, что способствует теплоотдаче. *Поведенческая терморегуляция* проявляется в способности организмов выходить из действия неблагоприятного температурного фактора. Например, ящерица агама, спасаясь от нагретого песка, залезает на ветви пустынных кустарников и деревьев.

Влажность. Тела организмов на $\frac{2}{3}$ состоят из воды. Растения по отношению к влажности подразделяют на группы: водные (кувшинки, рдесты), наземно-водные (тростник, рогуз), обитателей влажных мест на суше (мхи, папоротники), развивающихся в нормальных условиях влажности (большинство наземных растений) и обитателей засушливых мест (кактусы, агавы). Среди животных различают: водных (медузы, рыбы), полуводно-полуназемных (лягушки, крокодилы) и наземных (большинство членистоногих, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих) обитателей. Недостаток влажности – причина ограничения жизнедеятельности и географического распространения наземных организмов.

Приспособления наземных организмов к недостатку влажности разнообразны (рис. 122). Например, черный саксаул, произрастающий в пустынях, развивает глубокую корневую систему, достигающую водоносного слоя. Листья кактусов видоизменены в колючки, а хвоинки

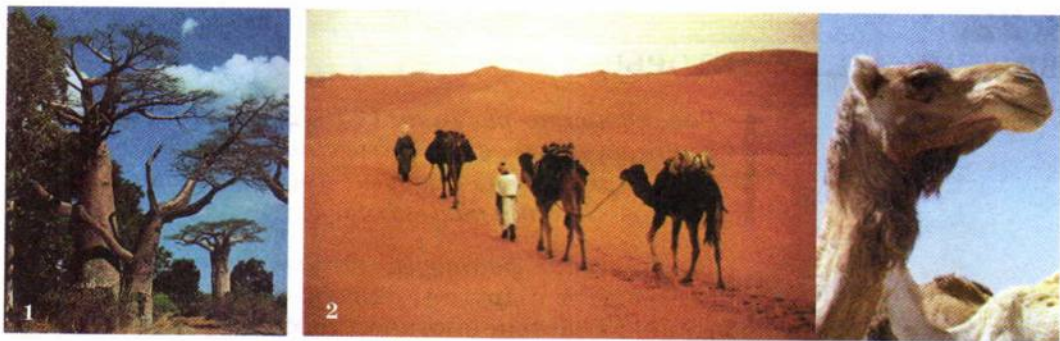


Рис. 122. Организмы, приспособленные к недостатку влаги: 1 – баобаб имеет пористую древесину, пропитанную водой; 2 – верблюд запасает в горбу жир – источник обменной воды, а также экономит воду, выделяя мало мочи и почти сухой помет

сосны покрыты восковым налетом, уменьшающие величину испаряемой с их поверхности воды. Тюльпаны имеют запасующие органы – луковицы и короткий вегетационный период, совпадающий с влажной весной. Наземные животные при недостатке влаги впадают в спячку, мигрируют в поисках воды или запасают в теле жировую ткань – источник обменной воды, получаемой при ее расщеплении.

Таким образом, абиотические факторы вызывают появление у организмов приспособлений, обеспечивающих их существование в конкретных условиях среды.



Абиотические факторы; свет, фотопериодизм; температура, организмы холоднокровные и теплокровные; зимостойкость, морозоустойчивость, состояние покоя; терморегуляции: химическая, физическая, поведенческая; влажность.



1. Какие факторы называют абиотическими? Приведите их примеры.
2. Какую роль в жизни организмов играет свет? 3. Что такое фотопериодизм? 4. Какое воздействие оказывает температура на организмы? В чем проявляются приспособления растений и животных к высоким и низким температурам? 5. Какую роль в жизни организмов играет влажность? 6. В чем проявляются приспособления наземных растений и животных к недостатку влаги? Приведите примеры.



Проведите наблюдения за реакциями фотопериодизма у растений и животных, встречающихся в вашей местности. Зафиксируйте результаты наблюдения в виде записей, рисунков и фотографий.

§ 22.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ
ОРГАНИЗМОВ

- конкуренция
- хищничество
- паразитизм
- мутуализм
- комменсализм
- нейтрализм

Рассмотрите рисунки 123–127. Найдите на них взаимовредные, взаимовыгодные, выгодные только для одной стороны и другие взаимоотношения организмов. Как они называются?

Биотические факторы – это взаимоотношения организмов друг с другом, складывающиеся в среде их обитания. Действие биотических факторов бывает прямым и косвенным. При *прямом действии* организмы непосредственно контактируют друг с другом и оказывают взаимное влияние. При *косвенном действии* один организм влияет на другой, не вступая с ним в контакт, а лишь изменяя его среду обитания.

Конкуренция. *Конкуренция* (от лат. *concurro* – сталкиваюсь) – это взаимоотношения между особями одного вида (внутривидовая конкуренция) или разных (межвидовая конкуренция) видов организмов за одинаковые ресурсы среды, отрицательно сказывающиеся на обеих сторонах (рис. 123). *Внутривидовая* конкуренция носит более острый характер, чем межвидовая, так как у особей одного вида экологические потребности одинаковы. В результате такой конкуренции особи



Рис. 123. Внутривидовая конкуренция берез в лесу, при которой они борются друг с другом за свет, влагу и минеральные вещества почвы



Рис. 124. Хищничество: 1 – истинное (волки), численность жертв невысока и хищник вынужден тратить много сил и энергии на поиск и овладение добычей; 2 – собирательное (божья коровка), размеры жертв – тлей – невелики, а численность их высока, поэтому хищник просто ищет и собирает добычу; 3 – пастбищное (гусеница бабочки-белянки), поиски корма не требуют больших усилий благодаря его изобилию и доступности

в популяции ослабляют друг друга, что ведет к гибели менее приспособленных, т.е. к естественного отбору. Межвидовая конкуренция происходит в том случае, когда разные виды обитают на одной территории и используют одни и те же ресурсы среды. Это ведет к постепенному вытеснению одного вида другим, имеющим преимущества в использовании ресурсов среды.

Хищничество. Хищничество – это способ добывания пищи и питания, при котором одни организмы (хищники) умерщвляют и поедают других (жертвы). Иногда под хищничеством понимают все формы взаимоотношений, при которых одни организмы используют в пищу других. Слово «хищник» в данном случае означает «поедатель», даже если это относится к растительноядным организмам. Поэтому различают *истинное*, *собирательное* и *пастбищное* хищничества (рис. 124).

С экологической точки зрения хищничество благоприятно для хищника и неблагоприятно для его жертвы. Однако благодаря таким взаимоотношениям происходит взаимная регуляция численности хищников и жертв: гибнут ослабленные и больные особи, происходит оздоравливание популяции и обеспечивается ее стабильное существование.

Паразитизм. Паразитизм (от греч. *parasitos* – нахлебник) – это взаимоотношения организмов, когда один из

ХИЩНИЧЕСТВО

- истинное
- собирательное
- пастбищное



Рис. 125. Паразитизм: 1 – обязательный внутренний у аскариды, живущей в кишечнике хозяина и питающейся, полупереваренной пищей; 2 – временный наружный у самок иксодовых клещей, нападающих весной и летом на зверей и сосущих их кровь, необходимую для откладывания яиц

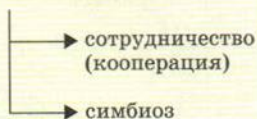
них (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Паразиты в процессе эволюции приобрели специализацию к паразитическому образу жизни. Для удерживания в организме хозяина у них имеются органы прикрепления – присоски, крючки, коготки и др. Паразиты обладают высокой плодовитостью, хорошо развитыми органами размножения и сложными циклами развития. В процессе приспособления к паразитическому образу некоторые организмы утратили ряд органов. Различают *обязательный, необязательный, временный, постоянный, внутренний и наружный паразитизмы* (рис. 125).

Отношения между паразитом и хозяином подчинены определенным закономерностям. Так, паразиты участвуют в регуляции численности популяции хозяев, тем самым обеспечивая действие естественного отбора. Негативные отношения между паразитом и хозяином постепенно в ходе эволюции могут перерасти в нейтральные. Преимущество среди паразитов получают те виды, которые способны длительно использовать организм хозяина, не приводя его к быстрой гибели. В свою очередь, в процессе естественного отбора растет сопротивляемость организма хозяина паразитам, в результате чего причиняемый ими вред становится менее ощутимым. Например, в крови африканских антилоп обитают паразитические простейшие – трипаносомы. Их переносит кровососущая муха цеце. Попадшие при укусе мухи в кровь домашнего скота и человека трипаносомы вызывают у них смертельную «сонную болезнь», которой не болеют антилопы – «природные резервуары» трипаносом.

Мутуализм. *Мутуализм* (от лат. *mutuus* – взаимный) – это взаимовыгодное сожительство организмов, построенное на пищевых и пространственных связях (рис. 126). Такие связи образуются на основе предшествующего паразитизма или других форм взаимоотношений. Степень взаимовыгодного сожительства бывает различной: от временных контактов (сотрудничество, или кооперация) до такого состояния, когда присутствие партнера становится обязательным условием жизни каждого из них (симбиоз).

Комменсализм. *Комменсализм* (от лат. *com* – вместе и *mensa* – стол, трапеза) – это взаимоотношения, когда один организм (комменсал) односторонне использует

МУТУАЛИЗМ



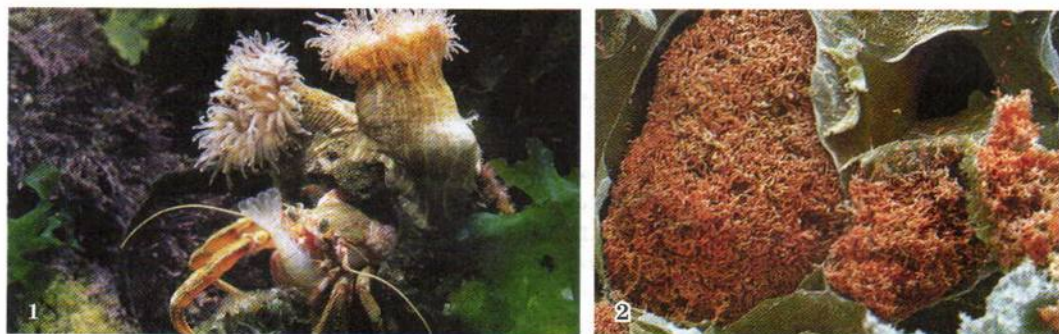


Рис. 126. Мутуализм: 1 – сотрудничество, или кооперация, между раком-отшельником и актиниями, прикрепившимися к его убежищу – раковине, оставшейся от моллюска. Рак переносит актинии и подкармливает их остатки своей пищи, а они защищают рака стрекательными клетками щупалец; 2 – симбиоз корней бобовых растений и обитающих в их бактериальных клубеньках азотфиксирующих бактерий. Растение предоставляет бактериям пространство для жизни, а бактерии снабжают растение соединениями азота, необходимыми для роста

другого (хозяина), без причинения ему вреда. Комменсализм, основанный на потреблении остатков пищи хозяев, – нахлебничество, а на предоставлении комменсалам убежища – квартиранство. Такие взаимоотношения содействуют совместному существованию разных видов и способствуют более полному использованию организмами ресурсов среды (рис. 127).

► **Аменсализм.** Аменсализм (от лат. *amens* – безрасудный) – это взаимоотношения, когда деятельность одного организма приводит к угнетению другого. При

КОММЕНСАЛИЗМ

- нахлебничество
- квартиранство



Рис. 127. Комменсализм – нахлебничество и квартиранство. Рыбы-прилипалы присасываются к телу китовой акулы и используют для своего питания остатки ее пищи

этом угнетающий организм не получает от этого взаимодействия ни пользы, ни вреда. Так, плесневый грибок пеницилл выделяет в среду антибиотики, подавляющие жизнь бактерий. Аменсализм ведет к регуляции численности организмов, влияет на распределение и взаимный подбор видов в сообществах.

Нейтрализм. *Нейтрализм* (от лат. *neuthtalis* – не принадлежащий ни тому, ни другому) – отсутствие взаимного влияния организмов, живущих в одном природном сообществе. При нейтрализме виды не связаны друг с другом непосредственно, но вместе зависят от состояния среды обитания, конкретных биотических факторов. Так, белки и лоси, живущие в одном смешанном лесу, практически не контактируют между собой, но вместе зависят от растительности. Длительная засуха, сдерживающая рост растений, сказывается на каждом из этих видов животных. ◀



Биотические факторы, конкуренция, хищничество (истинное, собирательное, пастбищное); паразитизм (обязательный, необязательный, временный, постоянный, наружный и внутренний); мутуализм (сотрудничество и симбиоз); комменсализм (нахлебничество и квартиранство); ▶ аменсализм, нейтрализм. ◀



1. Какие факторы называют биотическими? Приведите их примеры.
2. Что такое конкуренция? Каким образом виды со сходными потребностями избегают конкуренции?
3. Какие взаимоотношения называют хищничеством? Каким оно бывает?
4. Что такое паразитизм? Какие различают формы паразитизма?
5. Какие взаимоотношения называют мутуализмом? Чем сотрудничество (кооперация) отличается от симбиоза?
6. Что такое комменсализм? Какие формы имеет комменсализм? ▶ 7. Чем характеризуется аменсализм и нейтрализм? ◀



Взаимодействие разных организмов можно представить в виде парных комбинаций символов «+», «-», «0», где «+» обозначает выгоду, «-» – вред, «0» – отсутствие значимых влияний. Используя предложенную символику, охарактеризуйте взаимоотношения организмов. Заполните таблицу (в тетради).

Биотические взаимоотношения организмов

Название взаимоотношения	Символическое обозначение	Примеры пар организмов

§ 23.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДА И ПОПУЛЯЦИИ

Вспомните, что такое экологический критерий вида. Какими показателями характеризуется популяция как форма существования вида в природе?

Вид в природе существует в форме популяции, которой для жизни необходимы определенные абиотические и биотические факторы среды. Воздействие этих факторов на популяцию регулирует ее численность, обеспечивает длительное существование вида в пределах его ареала и экологической ниши.

Экологическая ниша. Экологическая ниша – совокупность всех абиотических и биотических факторов, в пределах которых возможно существование вида. Экологическую нишу не следует путать с местообитанием вида. Ее можно представить как «профессию» вида, тогда как местообитание – «адрес» его местожительства в окружающей среде.

Например, в саваннах Африки встречаются несколько видов травоядных копытных млекопитающих. Местообитание у них общее, но они по-разному используют имеющиеся кормовые ресурсы (рис. 128). Жирафы объедают листву деревьев на высоте 5–6 м. Зебры обрывают преимущественно верхушки высоких трав. Антилопы гну поедают среднюю часть злаков и их семена. Газели выщипывают самые низкие растения. Антилопы дик-дики едят листву с небольших кустарников. Таким образом, в одном местообитании разные виды копытных млекопитающих специализируются на питании растениями, произрастающими в разных ярусах, т.е. занимают разные экологические ниши. Различие в экологических нишах между видами препятствует межвидовой конкуренции и способствует более полноценному использованию ресурсов среды.

Ученые установили, что организмы двух видов не могут занимать абсолютно одинаковые экологические ниши, так как в этом случае они вступают в конкурентные взаимоотношения, приводящие к вытеснению одного вида другим, более приспособленным. Например, по берегам водоемов произрастает рогоз широколист-

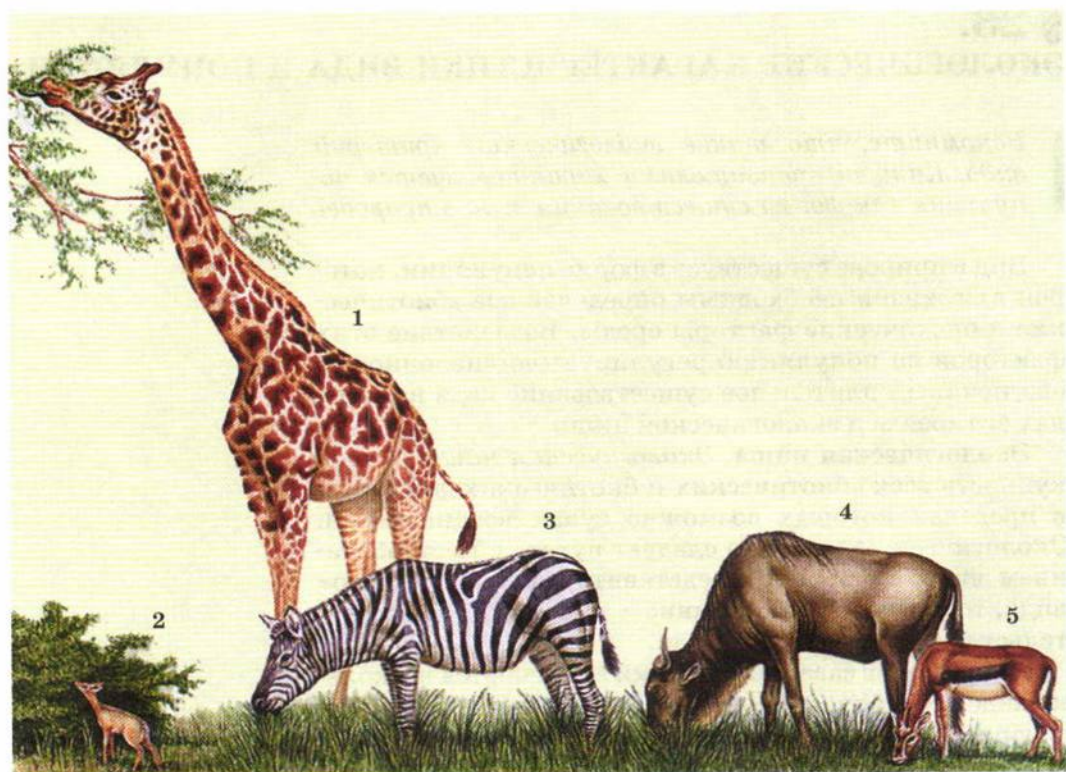


Рис. 128. Травоядные копытные млекопитающие в саваннах Африки занимают разные экологические ниши: 1 – жираф; 2 – антилопа дик-дик; 3 – зебра; 4 – антилопа гну; 5 – газель Томсона

ный – растение, отличающееся способностью активно воздействовать на другие растительные организмы. Побего и корневища рогоза выделяют в окружающую среду химические вещества, тормозящие рост других растений. В результате химического воздействия рогоз полностью вытесняет виды-конкуренты и образует по берегам водоемов сплошные заросли.

Нельзя думать, что экологическая ниша – это какое-то пустое пространство в природе, которое организм какого-либо вида может занять или освободить. Экологическая ниша возникает в процессе эволюции вместе с приобретением организмом конкретного вида приспособлений к факторам среды. С исчезновением вида исчезает и его экологическая ниша. Например, в 30-х гг. прошлого столетия из фауны Австралии исчез крупный

хищник – сумчатый волк, полностью истребленный в результате охоты. Вместе с его исчезновением исчезла и образованная им экологическая ниша. Сейчас возникла новая экологическая ниша, похожая на прежнюю, которую образовал другой вид – дикая собака динго, предки которой проникли в Австралию вместе с первыми поселенцами и впоследствии одичали.

Биотический потенциал популяции. Любой вид в природе представлен популяциями. С точки зрения экологии, популяция – это совокупность особей одного вида, совместно населяющих общий ареал и взаимодействующих между собой (свободно скрещивающихся).

Популяция характеризуется следующими показателями: численностью, рождаемостью, смертностью и приростом. У каждой популяции существует характерный для нее *биотический потенциал* (от лат. *potentia* – сила), т.е. показатель способности, с какой могла бы расти ее численность в случае неограниченного пространства, пищи, отсутствия хищников, паразитов и конкуренции со стороны других видов. Численность популяции увеличивается экспоненциально, т.е. происходит *вспышка размножения*, если ее особи имеют в изобилии все необходимые ресурсы (рис. 129).

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ
ПОПУЛЯЦИИ**

- численность
- рождаемость
- смертность
- прирост

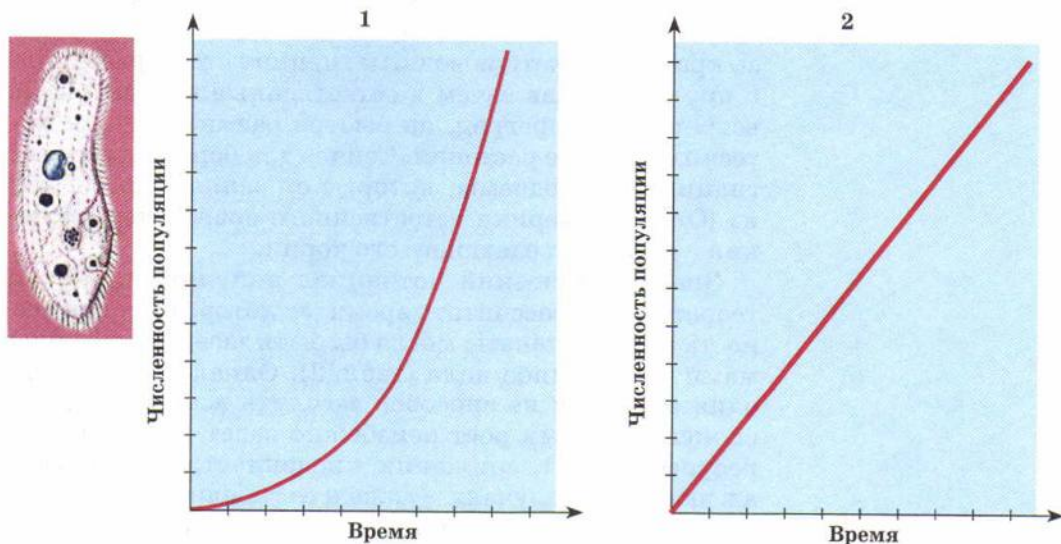


Рис. 129. Кривые роста численности популяции инфузории-туфельки: 1 – теоретическая (экспоненциальная); 2 – реальная



Рис. 130. Водный гиацинт — вид с экспоненциальным ростом численности популяций

Экспоненциальный рост наблюдается при освоении популяцией новой территории, например, при переселении части ее особей в другие географические районы. Так, водный гиацинт заполонил тропические реки Юго-Восточной Азии и Африки (рис. 130). Родина этого растения — Южная Америка, где его размножение сдерживают насекомые местных видов. В XIX в. из-за красивых цветков водный гиацинт стали разводить в прудах. Попад затем в естественные водоемы и не встретив там преград, он быстро размножился и вытеснил местные растения. Сейчас для борьбы с водным гиацинтом в водоемы, которые он занял, переселили из Южной Америки естественного врага этого растения — жука, объедающего его корни.

Зная биотический потенциал популяции, можно теоретически рассчитать время, за которое вся поверхность нашей планеты могла бы быть заселена организмами какого-либо вида (табл. 2). Однако реально ни один организм не способен заселить всю Землю. Экспоненциальный рост неизбежно ведет к истощению ресурсов среды, снижению численности популяции, а в некоторых случаях — даже к ее гибели.

► **Динамика численности популяции.** Сопротивление среды биотическому потенциалу популяции обеспечивают механизмы регуляции ее численности:

**Возможная способность заселения
организмами поверхности Земли**

Организмы	Время заселения
Бактерии	До 1,8 суток
Насекомые (саранча азиатская)	203–366 суток
Цветковые растения (клевер ползучий)	Более 11 лет
Птицы (голубь сизый)	18 лет
Млекопитающие (крыса серая, слон африканский)	8 лет
	Более 1000 лет

хищники, паразиты и внутривидовая конкуренция, называемые *факторами смертности*.

Главным сигналом приближающегося переполнения популяции особями, является увеличение ее плотности. Предельная плотность, которую может достигнуть популяция, определяется *емкостью среды*. Для разных популяций одного вида емкость среды может быть неодинаковой. Например, для популяции лося лиственный лес из осин и берез с хорошо выраженным подлеском обладает значительно большей емкостью среды, чем хвойный, в котором меньше пищи – травы, веток и коры лиственных деревьев.

У подвижных животных при возрастании плотности популяций наблюдается миграция на новые территории. Например, это характерно для леммингов (рис. 131). В арктической тундре один раз в 3–6 лет самки леммингов с середины зимы начинают приносить по 6 пометов, в каждом из которых бывает до 13 детенышей. Через 20 суток выросшие лемминги достигают половой зрелости и начинают размножаться. Число грызунов стремительно растет. В результате этого пищи не хватает, и значительная часть особей мигрирует в поисках корма.

В продолжающей размножаться оставшейся популяции леммингов усиливается внутривидовая конкуренция. Зверьки начинают драться из-за пищи, среди них распространяются инфекционные болезни, рождаемость в результате этого снижается, а смертность возрастает. В итоге численность грызунов в популяции



Рис. 131. Сибирский лемминг



Рис. 132. Изменение численности популяции леммингов, происходящее при вспышке размножения и включения факторов смертности

сокращается, а затем в течение нескольких лет колеблется приблизительно на одном уровне, до следующей вспышки размножения (рис. 132).

Множественность механизмов регуляции численности популяции приводит к тому, что в природе редко происходит катастрофический ее рост, подрыв ресурсов среды и гибель большого количества особей. Чаще всего численность популяции колеблется около среднего значения, соответствующего ёмкости среды. ◀

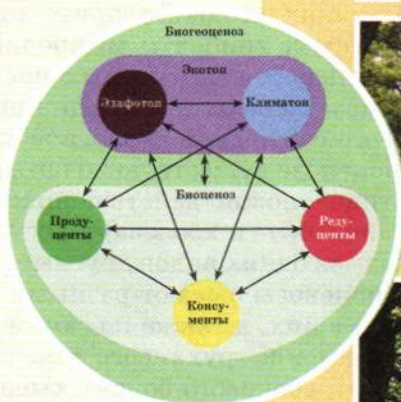


Экологическая ниша, биотический потенциал, вспышка размножения, ► факторы смертности, емкость среды, миграция. ◀



1. Что такое экологическая ниша? Чем она отличается от местообитания? 2. Что такое биотический потенциал популяции? В каких случаях происходит вспышка размножения? ► 3. Охарактеризуйте факторы смертности, регулирующие численность популяции. ◀ 4. Потомство одной инфузории-туфельки за год может достигнуть 75×10^{108} особей. По объему такое число инфузorien заняло бы полый шар, диаметр которого равен расстоянию от Земли до Солнца. Объясните, почему в природе этого не происходит.

СООБЩЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ



§ 24.

СООБЩЕСТВА ОРГАНИЗМОВ

Рассмотрите рисунки 133–136. Из каких компонентов состоят сообщества организмов? Какие связи поддерживают их существование?

Организмы связаны между собой и с окружающей их абиотической средой. Существование на однородной территории организмов различных видов обусловлено их одинаковыми потребностями в условиях среды. Такие совместно проживающие и взаимодействующие популяции растений, животных, микроорганизмов и грибов образуют сообщество, или биоценоз.

Биоценоз – сообщество организмов. *Биоценоз* (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – общий), или *сообщество организмов*, – исторически сложившаяся совокупность обитающих на одной территории популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов. Биоценозы складываются из готовых частей. Части биоценоза взаимозаменяемые, т.е. один вид может занять место другого со сходной экологической нишей. Организмы в биоценозе существуют благодаря уравниванию противоположно действующих сил (хищники и жертвы, паразиты и хозяева) и регуляции численности организмов одних видов другими.

Биоценозы бывают разными по величине и обилию особей в них, а также по занимаемым площадям. Живое население трухлявого пня, упавшего дерева, лесной поляны, осокового болота, смешанного леса, пресного водоема – все это биоценозы. Принципиальных различий между биоценозами разных уровней нет. Более мелкие сообщества входят в состав более крупных. Так, все обитатели мохового покрова на стволе дерева входят в состав более объемного биоценоза, включающего организмы, живущие под корой дерева, в его древесине и на ветвях. Биоценоз дерева, в свою очередь, входит в состав биоценоза леса (рис. 133), а он служит составной частью растительности данной климатической зоны.

Размеры биоценоза определяются условиями его *абиотической среды* – неживой природой. Помимо абиотической среды, для жизни биоценоза важна и *биоти-*



Рис. 133. Биоценоз соснового леса

ческая среда – условия, созданные деятельностью составляющих сообщество растений, животных, микроорганизмов и грибов.

Фитоценоз (от греч. *phyton* – растение), или вся совокупность образующих сообщество растений, выступает в биоценозе главным средообразующим фактором. Деревья и кустарники создают особый микроклимат: уменьшают силу ветра, образуют тень, снижают перепады температуры и влажности. Велика роль растений в сообществе и как источника пищи для растительноядных насекомых, птиц и зверей. Растения выделяют в воздух кислород, необходимый для дыхания большинства организмов, образуют лиственный опад, который разлагается грибами и микроорганизмами, что приводит к накоплению в почве минеральных веществ и повышает ее плодородие.

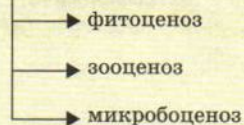
Зооценоз (от греч. *zoon* – животное), т.е. вся совокупность составляющих сообщество животных, оказывает существенное влияние на растения. Растительноядные насекомые и их личинки, травоядные млекопитающие, некоторые птицы, поедая части растений, регулируют их рост. Насекомые-опылители переносят пыльцу растений, а птицы и мелкие млекопитающие распространяют семена и плоды. Помёт животных служит удобрением для почвы, что положительно сказывается на росте растений и грибов.

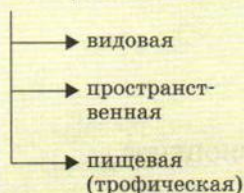
Микробоценоз (от греч. *mikros* – маленький), т.е. вся совокупность образующих сообщество микроорганизмов, тесно связана как с растениями, так с животными. Паразитические бактерии, живущие на поверхности и внутри тел организмов, оказывают отрицательное на них воздействие, вызывая заболевания и приводя к гибели. Бактерии-симбионты положительно влияют на организмы, помогая, например, растительноядным млекопитающим, переваривать грубую растительную пищу. Бактерии-сапротрофы и плесневые грибы разлагают тела погибших организмов, обеспечивая тем самым круговорот веществ в биоценозе.

Структуры биоценоза. Различают следующие структуры биоценозов: видовую, пространственную и трофическую (пищевую).

Видовая структура – видовое разнообразие биоценоза и соотношение образующих его видов по числен-

БИОЦЕНОЗ



СТРУКТУРЫ
БИОЦЕНОЗА

ности и плотности популяций. Существуют сообщества богатые и бедные видами организмов. В областях земного шара, где условия абиотической среды имеют оптимальные для организмов значения, биоценозы отличаются большим видовым разнообразием. Так, видовой состав сообщества влажного тропического леса или кораллового рифа насчитывает тысячи видов организмов. В неблагоприятных климатических условиях, а также в областях, сильно загрязненных промышленными отходами, видовой состав сообществ беднее. Например, в полярной тундре или в безводной пустыне обитает немногим более десятка видов.

► Виды, преобладающие по численности, – виды-доминанты. Например, в ельнике-кисличнике такими видами являются ель и кислица, а в осоковом болоте – различные виды осок, камыш и тростник. Редкие и малочисленные виды служат резервом для замещения видов-доминантов. Чем беднее видовой состав сообщества, тем больше численность отдельных видов. И наоборот, в богатых видами биоценозах все виды малочисленны. Так, в ельнике на площади в один гектар произрастает около ста деревьев, относящихся к одному виду – ель обыкновенная. Во влажном тропическом лесу на такой же площади можно найти сотни деревьев, но уже относящихся к разным видам. ◀

Пространственная структура – распределение организмов, в основном растений, по ярусам. Ярусы образуют надземные вегетативные органы растений и их корневые системы. Ярусность связана с приспособлением организмов к наиболее полному использованию ресурсов среды. Помимо *вертикальной ярусности*, заметной в лесных сообществах (рис. 134), существует горизонтальное распределение организмов – *мозаичность*. Последняя связана с неоднородностью микрорельефа, деятельностью животных и человека (выбросы почвы, вытаптывание травостоя, вырубка деревьев и др.).

Трофическая (от греч. *trophe* – пища, питание), или *пищевая структура*, – это пищевые цепи, состоящие из организмов, находящихся в пищевых связях друг с другом. Пищевые цепи образуют в сообществе сложные переплетения – пищевые сети, по которым передаются вещества и энергия (рис. 135).

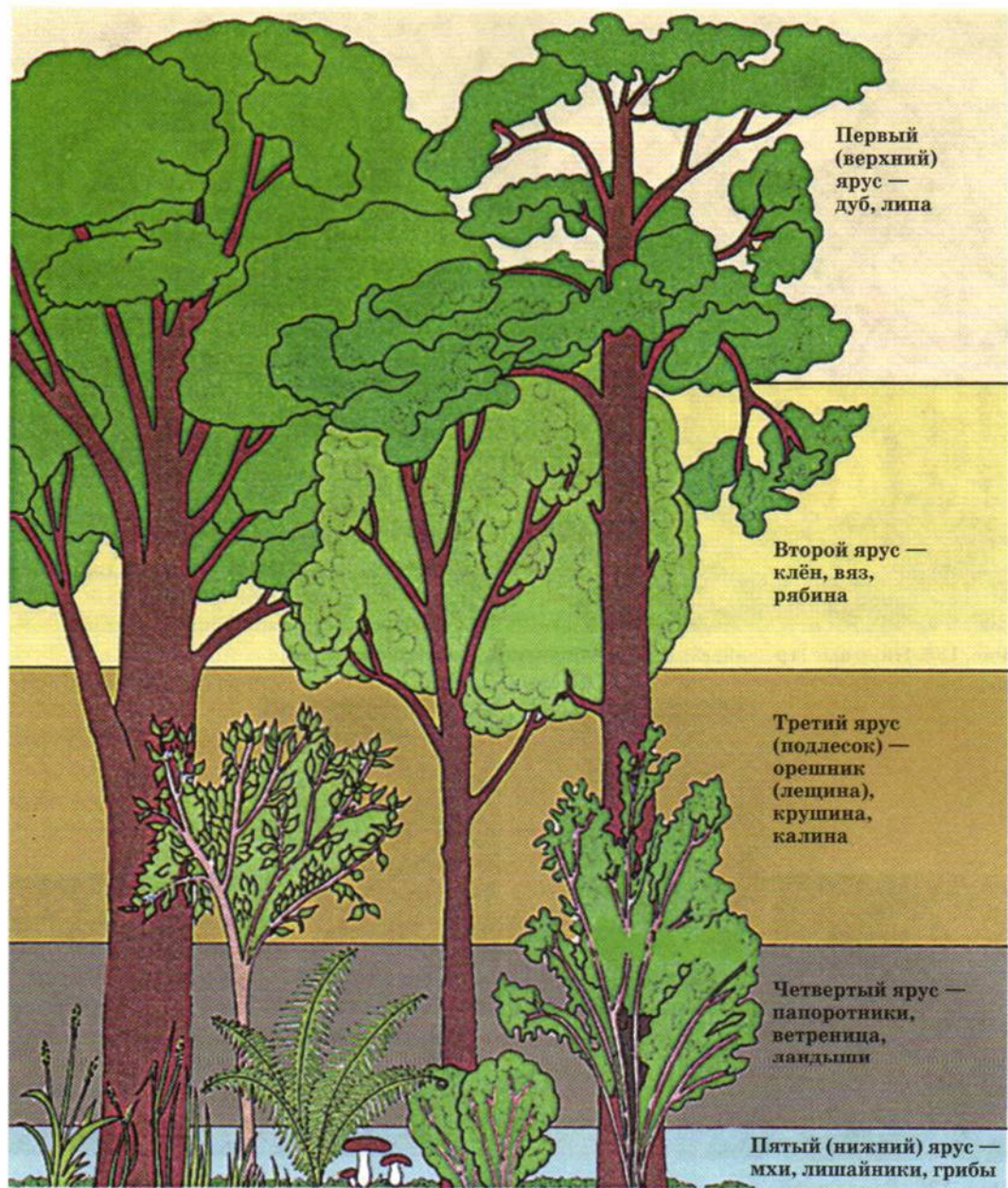


Рис. 134. Пространственная структура сообщества — вертикальная ярусность в широколиственном лесу

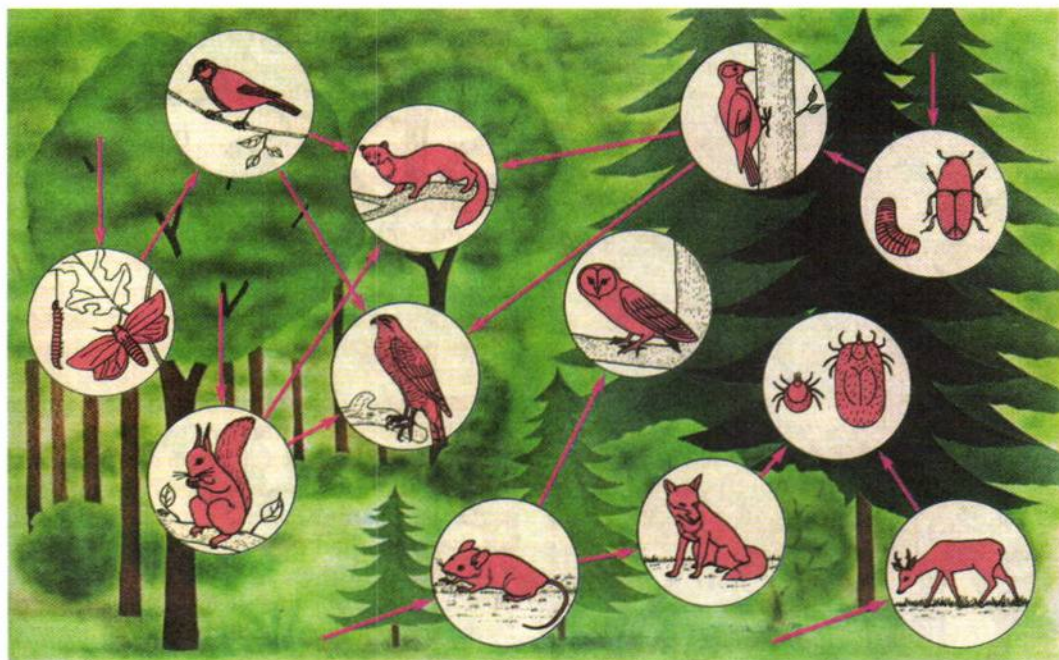


Рис. 135. Пищевые (трофические) сети в биоценозе смешанного леса

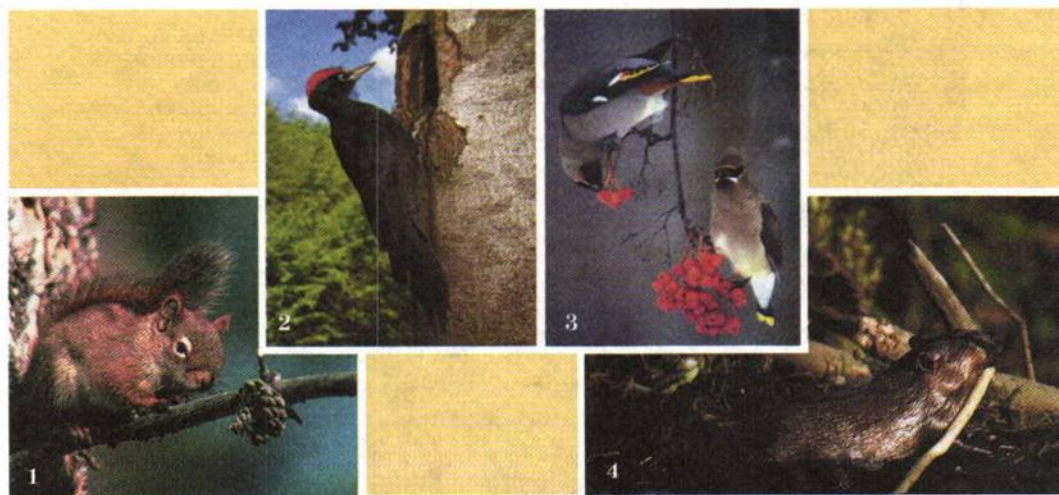


Рис. 136. Связи в биоценозе: 1 – (пищевые) белка питается семенами хвойных деревьев; 2 – (по месту обитания) дятел строит свое гнездо в дупле дерева; 3 – (транспортные) свистелли распространяют плоды рябины; 4 – (средообразующие) бобр строит плотину и хатку из стволов и ветвей деревьев

Связи между организмами в биоценозе. Основу существования биоценоза составляют взаимные связи образующих его популяций видов: трофические, топические, форические и фабрические (рис. 136).

Трофические, или пищевые связи, – основные в биоценозе. Они проявляются в питании одних организмов другими, либо их мертвыми остатками или продуктами жизнедеятельности. ► *Топические, или связи по месту обитания*, возникают между организмами биоценоза в том случае, когда одни виды создают среду обитания для других. Например, дуплистые деревья служат убежищем для дятла, который строит в дуплах гнезда и выводит в них потомство. *Форические, или транспортные связи*, устанавливаются в биоценозе тогда, когда одни организмы принимают участие в распространении и расселении других. Так, свиристели и снегири, поедая плоды рябины и калины, участвуют в распространении семян этих растений. *Фабрические, или средообразующие связи*, проявляются в использовании одними организмами для сооружения своих гнезд и жилищ продуктов выделения, либо остатков других организмов. Например, бобры для строительства своих плотин и домиков-хаток – используют стволы и ветви деревьев.◀

СВЯЗИ В БИОЦЕНОЗЕ

- трофические (пищевые)
- топические (по месту обитания)
- форические (транспортные)
- фабрические (средообразующие)



Биоценоз (сообщество организмов); компоненты биоценоза: абиотическая и биотическая среды; фитоценоз, зооценоз, микробиоценоз; структуры биоценоза: видовая, пространственная, трофическая (пищевая); вертикальная ярусность, мозаичность; ► виды-доминанты◀; связи в биоценозе: трофические (пищевые), ► топические (по месту обитания), форические (транспортные), фабрические (средообразующие).◀



1. Что такое биоценоз? Как складывается биоценоз и чем определяются его размеры? 2. Охарактеризуйте компоненты биоценоза. 3. Какие структуры различают в биоценозе? 4. Какие связи возникают между организмами в биоценозе? Приведите примеры таких связей.

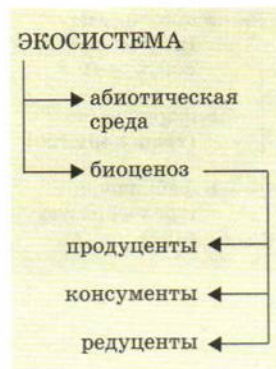


Проведите наблюдения за распространенным в вашей местности биоценозом. Выясните его видовой состав. Представьте в виде рисунков и фотографий пространственную и трофическую структуры биоценоза. Установите существующие в биоценозе связи между организмами. Результаты наблюдений оформите в виде проектной работы.

§ 25.

ЭКОСИСТЕМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ СУЩЕСТВОВАНИЯ

Вспомните, что такое биогеоценоз. Из каких неживых и живых компонентов состоит биогеоценоз?



Сообщество организмов входит в состав экологической системы, или экосистемы. Она состоит из компонентов: живого, неживого (косного) и происходящего от живого (биокосного). Существование экосистемы поддерживается круговоротом веществ и потоком энергии между ее компонентами.

Понятие об экосистеме и биогеоценозе. *Экологическая система, или экосистема*, – совокупность совместных обитающих организмов и неорганических компонентов, при взаимодействии которых происходят круговорот веществ и поток энергии. Термин «экосистема» был предложен английским ученым А. Тенсли. Наш отечественный ученый В.Н. Сукачев (рис. 137) ввел в науку похожее понятие – «биогеоценоз».

Экосистема и биогеоценоз понятия сходные, но не тождественные. Экосистемы (например, лужа с дождевой водой, аквариум, море, биосфера) не имеют определенного объема, охватывают различные пространства и могут создаваться человеком. *Биогеоценоз*, например, ельник, дубрава, суходольный луг, – это природная наземная экосистема, границы которой определены фитоценозом, т.е. сообществом растений.

Структурные компоненты биогеоценоза. Биогеоценоз состоит из абиотической среды и биоценоза (рис. 138). *Абиотическую среду*, или *экотоп*, образует неживой (косный) компонент – *климатоп* (свет, температура, влага, воздух, рельеф) и компонент, происходящий от живого (биокосный) – *эдафотоп* (почва, грунт). *Биоценоз* – живой компонент, складывается из организмов трех групп: продуцентов, консументов и редуцентов.

Продуценты (от лат. *producens* – создающий) – производители органического вещества. Это автотрофные организмы, в основном зеленые растения, способные синтезировать органические вещества из неорганических. *Консументы* (от лат. *consumo* – потребляю) – потребители органического вещества – гетеротрофные организмы, питающиеся продуцентами (консументы

первого порядка – растительноядные животные) и консументами (консументы второго, третьего и следующих порядков – хищные животные). *Редуценты* (от лат. *reducens* – возвращающий) – разрушители органического вещества – сапротрофные бактерии и грибы. Они минерализуют мертвые органические остатки до неорганических веществ, используемых затем в процессе круговорота продуцентами.

Круговорот веществ и поток энергии в экосистеме. Основу существования экосистем составляют происходящие в ней круговорот веществ и поток энергии. Они осуществляются по *трофическим уровням* – совокупностям организмов, объединенных типами питания (рис. 139). Первый трофический уровень образуют автотрофные организмы (в основном зеленые растения – продуценты), создающие органические вещества из неорганических благодаря солнечной энергии. Вто-



Рис. 137. Владимир Николаевич Сукачев (1880–1967)

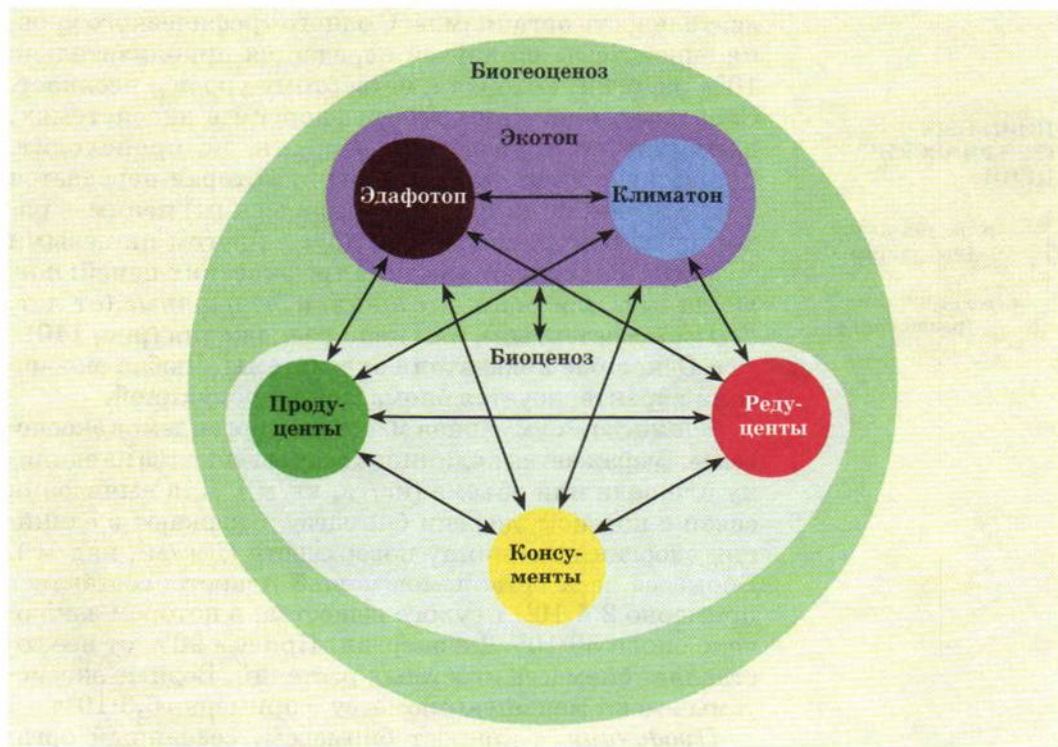


Рис. 138. Структурные компоненты биогеоценоза

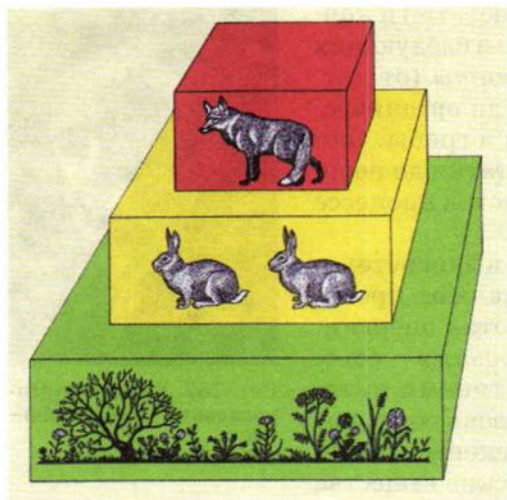


Рис. 139. Трофические уровни экосистемы

ПИЩЕВЫЕ (ТРОФИЧЕСКИЕ) ЦЕПИ

- пастбищные (выедания)
- детритные (разложения)

рой трофический уровень составляют растительноядные животные, т.е. консументы первого порядка (гусеницы бабочек, мыши, зайцы и др.), потребляющие органические вещества, созданные продуцентами. Третий трофический уровень занимают плотоядные животные – консументы второго порядка (хищные насекомые, насекомоядные птицы и др.), потребляющие травоядных животных. Иногда в экосистемах может быть и четвертый трофический уровень, на котором находятся консументы третьего порядка (хищные птицы и звери).

Число трофических уровней в экосистемах ограничено. Это связано с затратой около 90% энергии на жизне-

деятельность организмов. С одного трофического уровня экосистемы на другой передается приблизительно 10% энергии, которая к четвертому уровню иссякает. Следовательно, круговорота энергии в экосистемах, в отличие от круговорота веществ, не происходит. Существует лишь поток энергии, которая передается в экосистеме по пищевым (трофическим) цепям – рядам организмов, связанных друг с другом пищевыми связями. Различают два типа трофических цепей: *пастбищные*, или цепи *выедания*, и *детритные* (от лат. *detritus* – истертый), или цепи разложения (рис. 140).

► **Основные показатели экосистемы.** Любая экосистема характеризуется биомассой и продукцией.

Биомасса – суммарная масса всех организмов экосистемы. Выражается в единицах массы вещества на единицу площади или объема (кг/га, кг/м³). Для выявления связи с потоком энергии биомассу выражают в единицах энергии на единицу поверхности (Дж/м², кал/м³). Биомасса всех организмов нашей планеты составляет примерно $2,4 \cdot 10^{12}$ т сухого вещества, в котором заключено около $30 \cdot 10^{21}$ Дж энергии. Причем 90% от нее составляет биомасса наземных растений. Водные экосистемы имеют меньшую биомассу – примерно $6,3 \cdot 10^9$ т.

Продукция – прирост биомассы, созданный организмами экосистемы за единицу времени на единицу

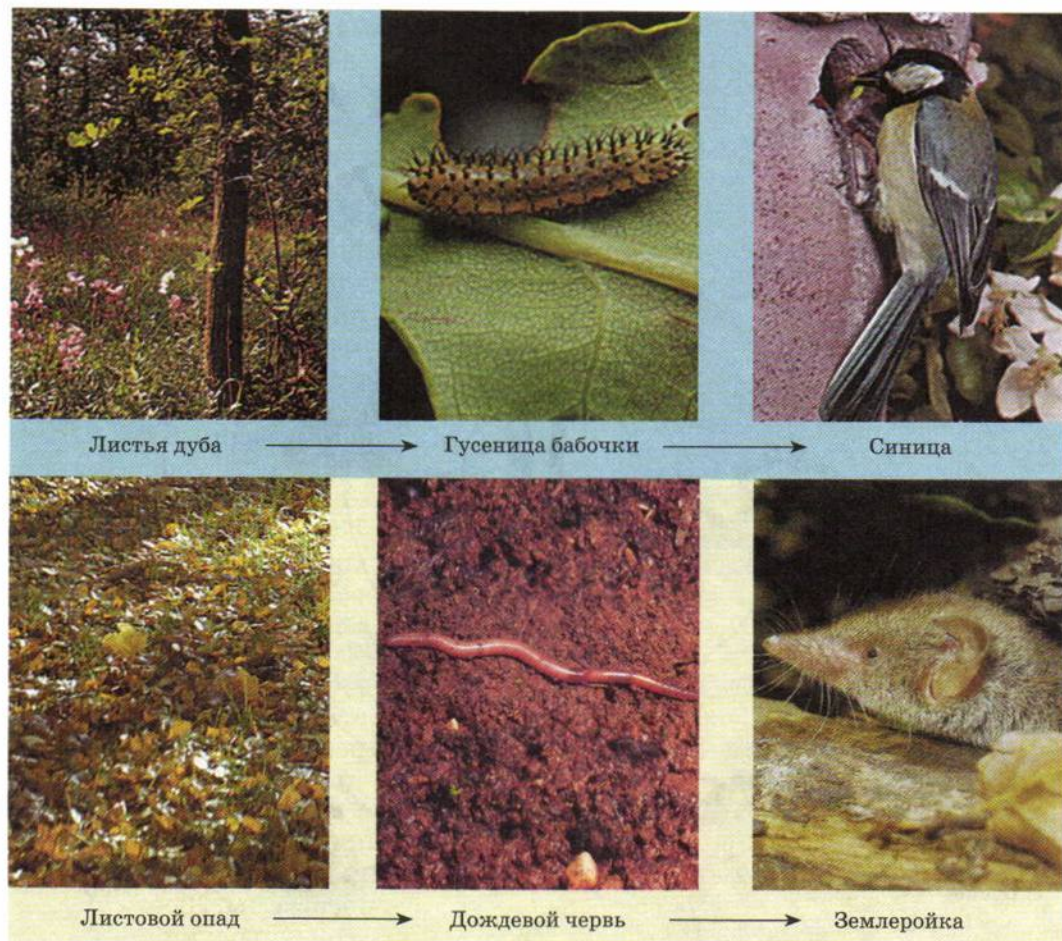


Рис. 140. Пищевые цепи экосистемы: пастбищная, или цепь выедания (вверху); детритная, или цепь разложения (внизу)

площади или объема. Этот показатель служит мерой биологической продуктивности экосистемы. Его выражают в единицах массы вещества на единицу площади или объема за определенный отрезок времени (г/м^2 в год, Дж/м^3 в год). Общая годовая продукция сухого органического вещества на Земле составляет 150–200 млрд т. Причем $2/3$ этого количества дают наземные, а $1/3$ – водные экосистемы, поскольку биомасса водорослей (продуцентов водных экосистем) в 10 тыс. раз меньше, чем биомасса всех растений суши. Водоросли

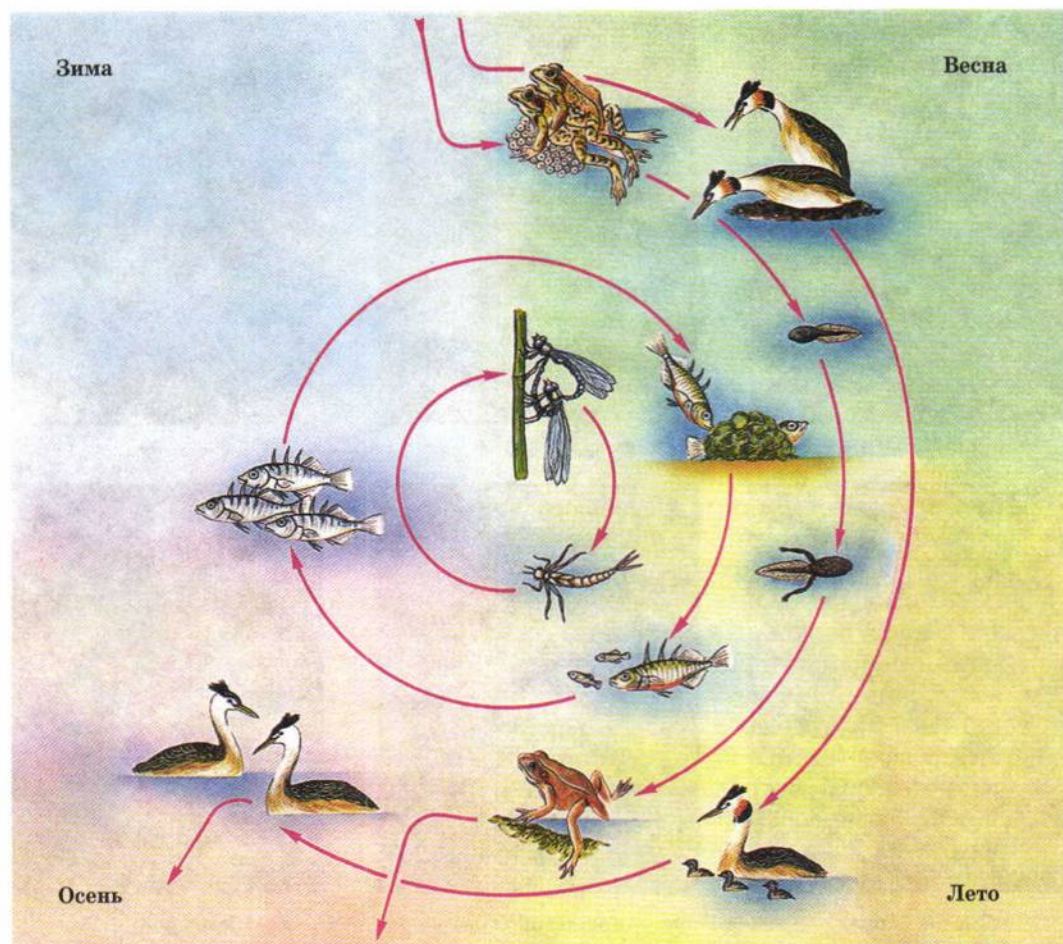


Рис. 141. Самовоспроизводство экосистемы озера. Способность организмов к размножению, наличие в среде пищи и энергии, необходимых для роста и развития – важнейшие условия самовоспроизводства экосистемы

СВОЙСТВА ЭКОСИСТЕМ

- самовоспроизводство
- устойчивость
- саморегуляция
- саморазвитие

росли по сравнению с растениями суши живут недолго (биомасса деревьев накапливается десятки и сотни лет) и весь прирост биомассы (продукция) водорослей потребляется животными водных экосистем. ◀

Свойства экосистем. Экосистемы способны к *самовоспроизводству*, т.е. к воссозданию потока энергии и круговорота веществ (рис. 141). Организмы размножаются, извлекают из абиотической среды различные ресурсы и поставляют в нее продукты жизнедеятельности. Так,

растения используют световую энергию, углекислый газ, воду, минеральные соли, пополняют атмосферу кислородом. Животные поглощают органические вещества, выделяют углекислый газ, воду и соединения азота.

Экосистемы обладают *устойчивостью*, т.е. способны выдерживать различные воздействия. Экосистему считают устойчивой, если уменьшение массы организмов каждого трофического уровня, составляет примерно половину от массы организмов предыдущего уровня. Например, если количество осадков в экосистеме снизилось на 50%, то биомасса продуцентов должна уменьшиться на 25%, травоядных консументов – на 12,5%, хищных консументов – на 6,2%.

Для экосистем характерна *саморегуляция* численности входящих в ее состав популяций видов. Регулирующие факторы формируются в самой экосистеме. Например, урожай семян ели вызывает рост численности белок, что является причиной последующего увеличения численности их врагов – куниц.

Экосистемы способны к *саморазвитию* – циклическим и поступательным изменениям. Циклические изменения связаны с суточными и сезонными колебаниями условий среды. Например, в зимние месяцы в экосистеме лиственного леса большинство растений находится в состоянии покоя. С наступлением весны распускаются почки, трогаются в рост растения-эфемероиды, которым необходимо много света.

Поступательные изменения экосистем вызваны постоянно действующими факторами и приводят к смене одних сообществ другими – сукцессии. *Сукцессия* (от лат. *successio* – преемственность) – закономерная и последовательная смена природных сообществ, вызванная взаимодействием организмов между собой и с окружающей их абиотической средой (рис. 142). При отсутствии нарушений сукцессия завершается образованием устойчивого сообщества – *климаксного* (от греч. *klimax* – лестница). Круговорот веществ и поток энергии в таком сообществе сбалансирован. Одни организмы используют продукты жизнедеятельности других и поддерживают стабильное состояние среды. Биомасса в климаксном сообществе становится постоянной, а продукция приближается к нулю, так как практически весь годовой прирост растительности пот-

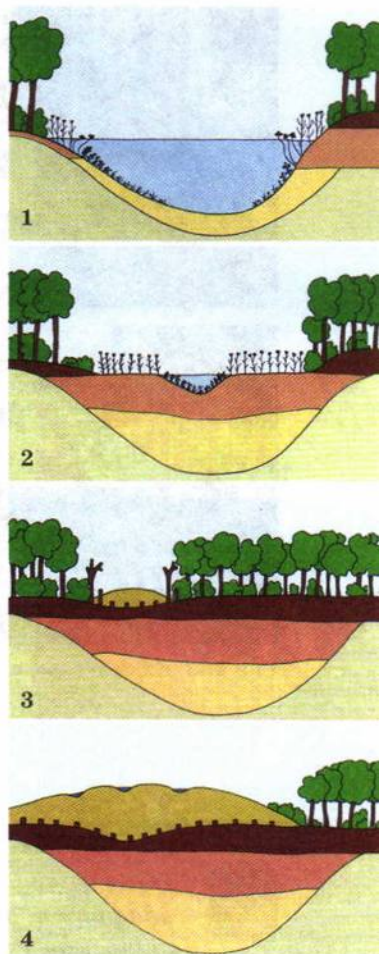


Рис. 142. Сукцессия – зарастание небольшого озера и образование торфяного болота: 1 – по краям озера образуется сплавина из осоки и мхов; 2 – части растений отмирают и оседают на дно озера в виде торфа и ила; 3 – после заполнения озера торфом и илом образуется торфяной пласт; 4 – после поселения сфагновых мхов формируется торфяное болото



Рис. 143. Климатические сообщества: 1 – ельник; 2 – дубрава; 3 – ковыльная степь

ребяют растительные животные, а лиственный опад разлагают редуценты – бактерии и грибы. В результате климатическое сообщество может длительное время существовать без видимых изменений (рис. 143).



Экологическая система (экосистема), биогеоценоз; климатоп, эдафотоп, биоценоз; продуценты, консументы, редуценты; трофические (пищевые): уровни, цепи и сети; цепи выедания и цепи разложения; ► биомасса, продукция ◀; свойства экосистем: самовоспроизводство, устойчивость, саморегуляция, саморазвитие; сукцессии, климатическое сообщество.



1. Из каких компонентов состоит биогеоценоз? 2. Охарактеризуйте группы организмов биогеоценоза? 3. Что такое трофический уровень? С чем связано ограничение числа трофических уровней в экосистеме? 4. Что такое пищевая цепь и пищевая сеть? Приведите примеры пастбищных и детритных пищевых цепей. ► 5. Что показывают биомасса и продукция экосистем? ◀ 6. Какими свойствами обладают экосистемы? 7. Что такое сукцессия? 8. Какое сообщество называют климатическим? Приведите примеры климатических сообществ.

§ 26. ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Рассмотрите рисунки 144 и 146. Из каких компонентов состоят изображенные на рисунках экосистемы? Перечислите организмы, относящиеся к продуцентам, консументам и редуцентам?

Природные сообщества нашей планеты разделяют на водные и наземные. Водные сообщества называют гидроценозами (от греч. *hydor* – вода и *koinos* – общий), или водными экосистемами. Наземные сообщества – биогеоценозами, или экосистемами суши.

Экосистема озера. Водные экосистемы, входящие в состав Мирового океана, занимающего с морями и их бассейнами 70% земной поверхности, характеризуются большим разнообразием. Различают экосистемы открытых вод и побережий, рек, озер, прудов, болот и пещерных водоемов. Как пример рассмотрим экосистему озера – наиболее распространенное водное сообщество в умеренном климате (рис. 144).

Абиотическая среда озера представлена водой с растворенными в ней минеральными веществами, кис-

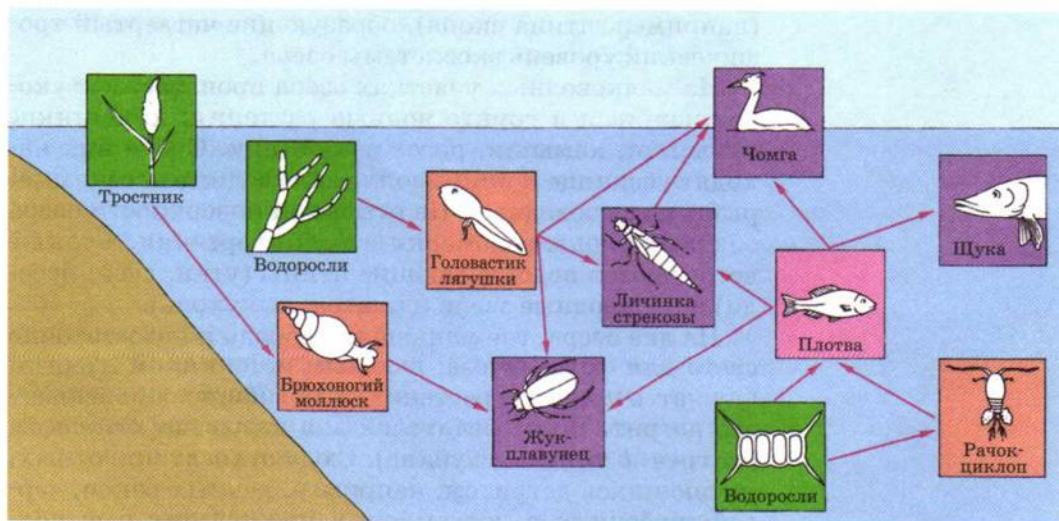
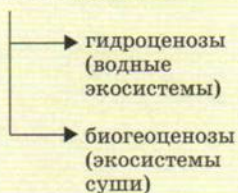


Рис. 144. Пищевая (трофическая) сеть экосистемы озера

ПРИРОДНЫЕ
ЭКОСИСТЕМЫ

лородом и углекислым газом. К абиотической среде также относят температуру, свет, давление, минеральный состав воды, оказывающие влияние на жизнь водных обитателей. Гидроценоз озера представлен организмами, живущие как в толще воды, так и на ее поверхности и у дна. Производное живого и неживого компонента экосистемы озера – грунт. В его состав входят неорганические вещества и органические остатки отмерших растений и погибших животных.

Основной источник энергии для озерной экосистемы – солнечный свет. Он проникает сквозь толщу воды и используется главными продуцентами – одноклеточными водорослями и цианобактериями. Они составляют *фитопланктон* (от греч. *phyton* – растение и *planktos* – блуждающий) экосистемы. Его масса невелика – несколько миллиграмм на 1 м³ воды. Однако он способен быстро размножаться, что обеспечивает существование консументов первого порядка – простейших и мелких рачков (дафний, циклопов), образующих *зоопланктон* (от греч. *zoon* – животное). Зоопланктоном питаются более крупные животные – планарии (плоские черви), водные членистоногие и мальки рыб. Все они – консументы второго порядка, служащие пищей для взрослых рыб – консументов третьего порядка. Рыб поедают рыбацкие хищники (например, птица скопа), образующие четвертый трофический уровень экосистемы озера.

На мелководных участках озера произрастают укореняющиеся в грунте водные растения: кувшинки, кубышки, камыши, рогоз и тростник. Среди них находят убежище и пищу моллюски, водные насекомые, рыбы и земноводные. На открытой поверхности озера обитают клопы-водомерки и жуки-вертячки, а также встречаются водоплавающие птицы (утки, гуси, лебеди) и полуводные звери (ондатра, выхухоль).

На дне озера, где меньше кислорода и недостаточно света для фотосинтеза, главным источником энергии служат отмершие растения и погибшие животные – это детрит. Всех обитателей дна называют *бентосом* (от греч. *benthos* – глубина). Сюда относят животных, питающихся детритом, например, речных раков, червей-трубочников, жгутиковых простейших и выполняющие роль редуцентов гнилостных бактерий.

► Огромное влияние на жизнь озерной экосистемы оказывает температура воды. Благодаря тому, что при $+4^{\circ}\text{C}$ вода имеет наибольшую плотность, в озере наблюдается ее расслоение по вертикали в разное время года (рис. 145). Зимой вода с температурой ниже $+4^{\circ}\text{C}$ обладает более низкой плотностью, поэтому подни-

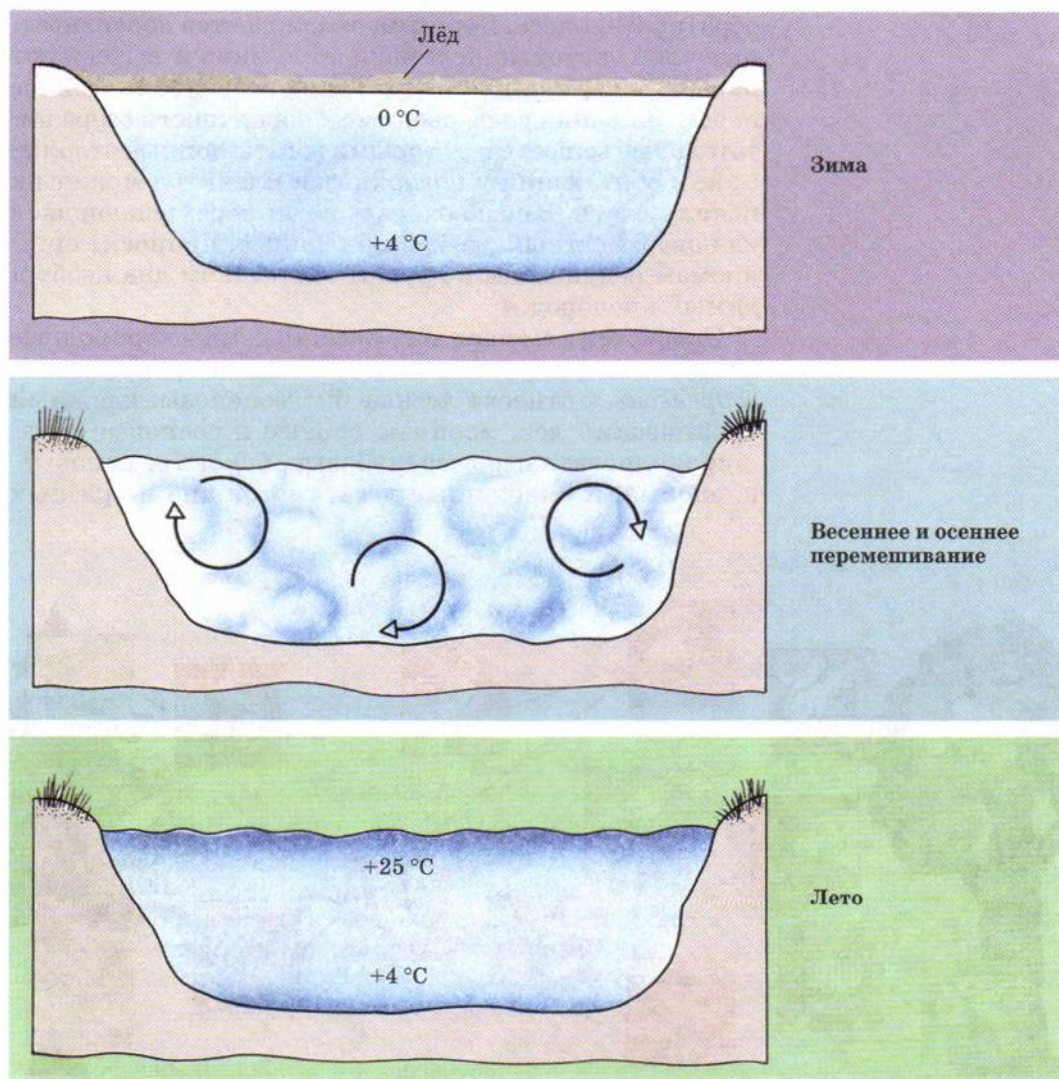


Рис. 145. Распределение температуры воды в озере в разное время года

мается вверх, замерзает, покрывает озеро слоем льда и предохраняет его от полного промерзания. Весной солнце растапливает лед и нагревает поверхностные слои воды, которые с приближением их температуры к $+4^{\circ}\text{C}$ погружаются вниз, заставляя лежащую под ними более холодную воду подниматься вверх. Этому способствует также ветер и волны. Осенью происходит обратный процесс. Первыми охлаждаются поверхностные слои, которые перемещаются вниз и вытесняют наверх более теплую воду. Такое весеннее и осеннее перемешивания воды выносят к поверхности озера питательные вещества, которыми богаты донные отложения, и обитающий у поверхности планктон может их использовать. В свою очередь вода, перемещающаяся из поверхностных слоев в придонные, приносит организмам-редуцентам и другим обитателям дна необходимый кислород. ◀

Экосистема смешанного леса. Наземные природные экосистемы разделяют на древесные и травянистые. К *древесным* относят лесные биогеоценозы: влажный тропический лес, хвойные еловые и сосновые леса, широколиственные леса (дубовые, буковые, липовые, кленовые) и смешанные леса, состоящие из разных

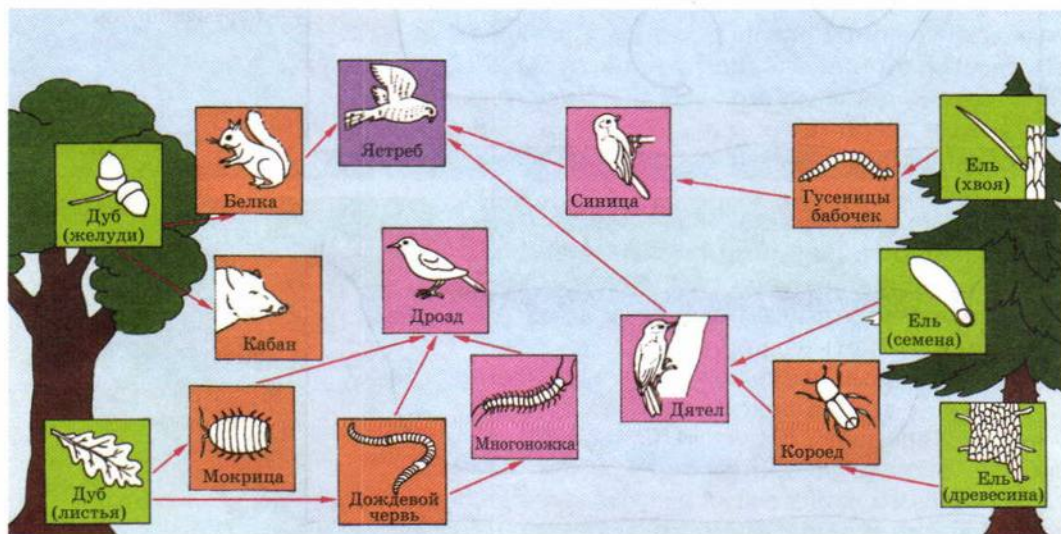


Рис. 146. Пищевая сеть экосистемы смешанного леса

видов деревьев. К травянистым биогеоценозам принадлежат ковыльные и типчаковые степи, пойменные, суходольные, субальпийские и альпийские луга. Существуют также наземные экосистемы смешанного типа, например, лишайниково-травянистые в тундре, древесно-травянистые в саваннах и кустарниково-травянистые на болотах. Как пример рассмотрим экосистему смешанного леса – наиболее распространенное наземное сообщество в умеренном климате (рис. 146).

Жизнь экосистемы смешанного леса в значительной мере определяется организмами. Средоформирующая роль принадлежит растениям. Они создают в смешанном лесу особый световой и температурный режимы, образуют лесную подстилку, служат прибежищем и пищей для многих животных, грибов и микроорганизмов.

В смешанном лесу произрастают разнообразные деревья: ель, сосна, береза, осина, дуб, рябина, клен. Используя солнечный свет в процессе фотосинтеза, они создают первичное органическое вещество, т.е. служат продуцентами экосистемы. Их листвой, хвоей, древесиной, семенами и плодами питаются консументы первого порядка – насекомые (гусеницы бабочек, жуки-листоеды и короеды, личинки жуков-усачей), а также растительноядные птицы (глухарь, рябчик, тетерев) и звери (белка, лесная мышь, кабан, лось). Насекомых и их личинок поедают встречающиеся в смешанном лесу земноводные (бурая лягушка, серая жаба), насекомоядные птицы (дрозд, дятел, кукушка) и насекомоядные звери (землеройка, еж). Ими питаются хищники: ястреб и куница – консументы третьего порядка.

► Особую роль в экосистеме смешанного леса играет лесная подстилка. В ней постоянно или временно обитают различные животные-детритофаги, питающиеся мертвым органическим веществом (дождевые черви, многоножки, клещи, мокрицы), плесневые грибы и гнилостные бактерии, выполняю-



Рис. 147. Обитатели подстилки и почвы экосистемы смешанного леса

щие роль редуцентов (рис. 147). Население лесной подстилки особенно многочисленно в тех местах, где почва богата *гумусом* – перегноем, состоящим из темноокрашенных частиц, содержащих органические вещества. Поскольку растительный опад образуется в смешанном лесу осенью, когда температура воздуха и почвы понижается, то его разложение в лесной подстилке замедляется. В результате этого образуется покров из листьев, служащий защитой для впадающих в зимнюю спячку животных, например, насекомых и пресмыкающихся. Весной с повышением температуры численность почвенных организмов увеличивается. Тогда они начинают активно перерабатывать растительный опад, превращая его в доступные для растений растворимые минеральные вещества. ◀



Экосистемы: водные (гидроценозы) и наземные (биогеоценозы); экосистема озера, фитопланктон, зоопланктон, бентос; экосистема смешанного леса, ► гумус ◀.



1. Охарактеризуйте экосистему озера. Почему биомасса продуцентов в ней меньше, чем биомасса консументов? Составьте две-три пищевые цепи из организмов – обитателей экосистемы озера (рис. 144). ► 2. Какой фактор абиотической среды в наибольшей степени влияет на жизнь экосистемы озера? ◀ 3. Охарактеризуйте экосистему смешанного леса. Что произойдет с ней, если исчезнут: а) растительноядные копытные млекопитающие; б) растительноядные насекомые? Составьте две-три пищевые цепи из организмов – обитателей экосистемы смешанного леса (рис. 146). ► 4. Какова роль лесной подстилки в экосистеме смешанного леса? ◀



Жизнь экосистемы озера зависит от химического состава воды и количества содержащихся в ней питательных веществ. Это, в свою очередь, определяется подстилающей породой и почвой. Количество питательных веществ влияет на содержание кислорода и продуктивность экосистемы озера. Так, эвтрофные озера богаты питательными веществами (и поэтому обладают значительным числом организмов), мелкие, вода в них попадает с некислых почв, принося кальций, нитраты и фосфор. Глубокие, чистые, так называемые олиготрофные озера, образуются в областях земного шара, менее богатых питательными веществами, и общее число населяющих их организмов меньше, а их видовое разнообразие – больше.

§ 27.

АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Рассмотрите рисунки 148–151. Из каких компонентов состоят антропогенные экосистемы? Чем они отличаются от биогеоценозов?

Кроме природных экосистем, существуют *антропогенные экосистемы*. Их создает и поддерживает человек. Без его участия антропогенные экосистемы быстро разрушаются. Как пример рассмотрим наиболее часто встречающиеся антропогенные экосистемы – агроэкосистемы и урбоэкосистемы.

Агроэкосистемы. Примерно 10% поверхности суши нашей планеты занимают *сельскохозяйственные экосистемы*, или *агроэкосистемы* (от греч. *agros* – поле): поля, сады, виноградники, огороды, пастбища, тепличные хозяйства (рис. 148). Человек создает агроэкосистемы чаще всего для производства растительной или животноводческой продукции. Он формирует их состав, поддерживает существование и контролирует структуру.

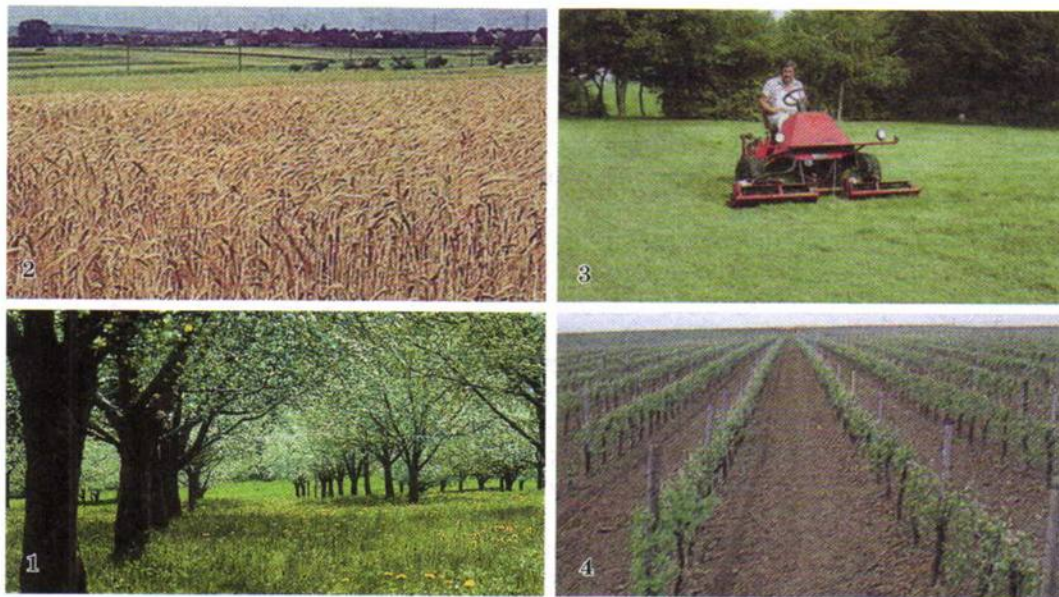


Рис. 148. Агроэкосистемы: 1 – яблоневый сад; 2 – пшеничное поле; 3 – городской парк; 4 – виноградник

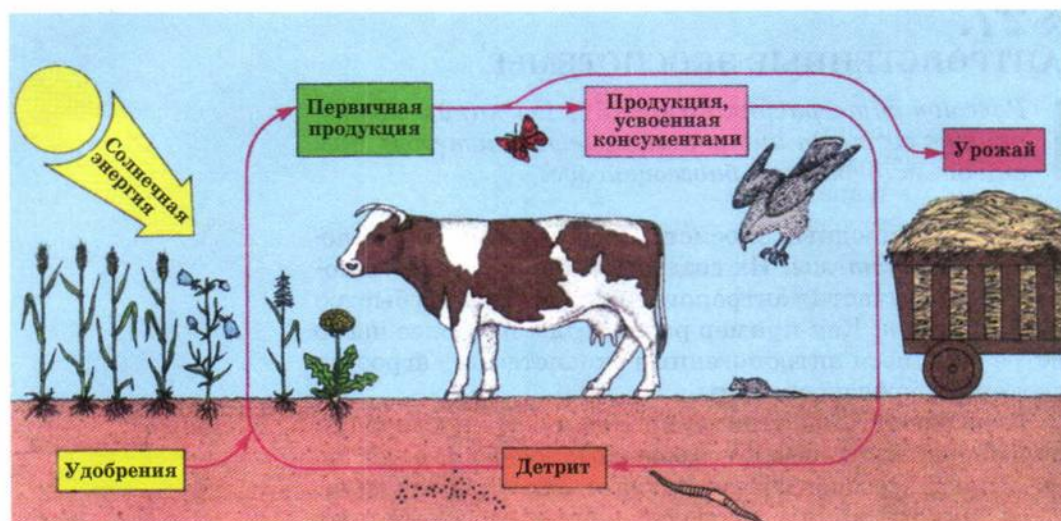


Рис. 149. Основные компоненты и круговорот веществ в агроэкосистеме

Отличие агроэкосистем от биогеоценозов.

1. Растительный покров в агроэкосистемах создается человеком и представлен обычно одним видом или даже одним сортом культивируемого растения и сопутствующими ему сорняками, т.е. монокультурой (поле пшеницы, картофеля и др.).

2. Группы организмов в агроэкосистемах (кроме культурных) слагаются в процессе естественного отбора, в действие которого вмешивается человек. Он создает оптимальные условия для культурных растений. Организмы, не способные приспособиться к этим условиям, погибают. С выжившими и наносящими вред культурным растениям организмами человек ведет борьбу при помощи химикатов и агротехнических приемов (прополка, севооборот и др.).

3. Наряду с солнечной энергией в агроэкосистемах используется дополнительный источник энергии, вносимый человеком (минеральные и органические удобрения, химические средства защиты и др.).

4. В агроэкосистемах не осуществляется полный круговорот веществ, нарушен баланс питательных элементов, так как основная их часть выносится вместе с урожаем (рис. 149). Для возмещения их потерь человек вносит в почву удобрения.

5. Устойчивость агроэкосистем зависит от частоты и степени изменений, вносимых в них человеком. Наиболее устойчивы посадки многолетних растений, наименее – однолетние культуры.

6. Агроэкосистемы регулируются и поддерживаются человеком (полив, внесение удобрений, борьба с сорняками и вредителями и др.). В случае отсутствия поддержки, агроэкосистема разрушается и постепенно превращается в биогеоценоз (в умеренном климате – в лес, в засушливом – в степь).

7. Естественной смены агроэкосистем не происходит. Искусственную смену осуществляет человек, проводя на полях и пастбищах севооборот.

Урбоэкосистемы. Сейчас половина населения земного шара живет в городах, и в ближайшие годы по прогнозам число горожан возрастет до 75%. Это неизбежно ведет к расширению *городских экосистем*, или *урбоэкосистем* (от лат. *urbs* – город). В их состав, помимо природных компонентов (воздуха, воды, почвы, растений, животных, грибов и микроорганизмов), входит искусственно созданная человеком среда – *техносфера* – промышленные предприятия, дороги и транспорт, жилые здания и др. (рис. 150).

Техносфера существенно влияет на абиотическую и биотическую среды урбоэкосистемы. Воздух крупных городов из-за выбросов промышленных предприятий и транспорта содержит много пыли, углекислого

АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

- сельскохозяйственные (агроэкосистемы)
- городские (урбоэкосистемы)



Рис. 150. Урбоэкосистема



и угарного газов, токсических аэрозолей, препятствующих видовому разнообразию растений и животных. Вода в городских водоемах сильно загрязнена промышленными и бытовыми стоками, имеет повышенное содержание органических веществ, высокую кислотность и низкую концентрацию кислорода, что делает ее мало пригодной для жизни. Серьезное влияние на городскую среду оказывают электромагнитное и шумовое загрязнения, вызванные работой антенн, линий электропередач, транспорта, строительных механизмов. Они отпугивают диких животных и могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека.

Среди живых компонентов урбоэкосистемы самая заметная – *городская флора* (рис. 151,1). Зеленые насаждения, в составе которых много видов деревьев, устойчивых к недостатку влаги в почве и повышенному содержанию солей (тополь бальзамический, каштан конский, клен американский), поглощают из городского воздуха углекислый газ и выделяют необходимые кислород и летучие вещества – фитонциды, вызывающие гибель болезнетворных бактерий. Городская растительность способствует ионизации воздуха, что благотворно влияет на здоровье человека. Например, в городских парках содержание полезных аэроионов в воздухе в два раза выше, чем в дворах-колодцах, лишенных растительности. Растения города поглощают шум и выполняют роль живого фильтра, задерживающего пыль и различные химические соединения. В ряде стран на городских газонах высевают травы очищающие почву от загрязнения тяжелыми металлами. Растения оказывают благотворное влияние на психику человека и его эмоциональную сферу, помогают вырабатывать устойчивость к нагрузкам, стрессу, стремительным темпам городской жизни.

Особенность *городской фауны* – обилие *синантропных* (от греч. *syn* – вместе и *anthropos* – человек) видов животных, способных жить рядом с человеком: ворон, галок, голубей, воробьев, чаек, мышей, крыс и др.

Вертикальные стены домов с выступами, укрытиями, нагретые солнцем и теплосетями, во многом напоминают скалы. Поэтому городские птицы используют их для отдыха и гнездования. Обилие пищи в различных местах города создает кормовую базу для многих

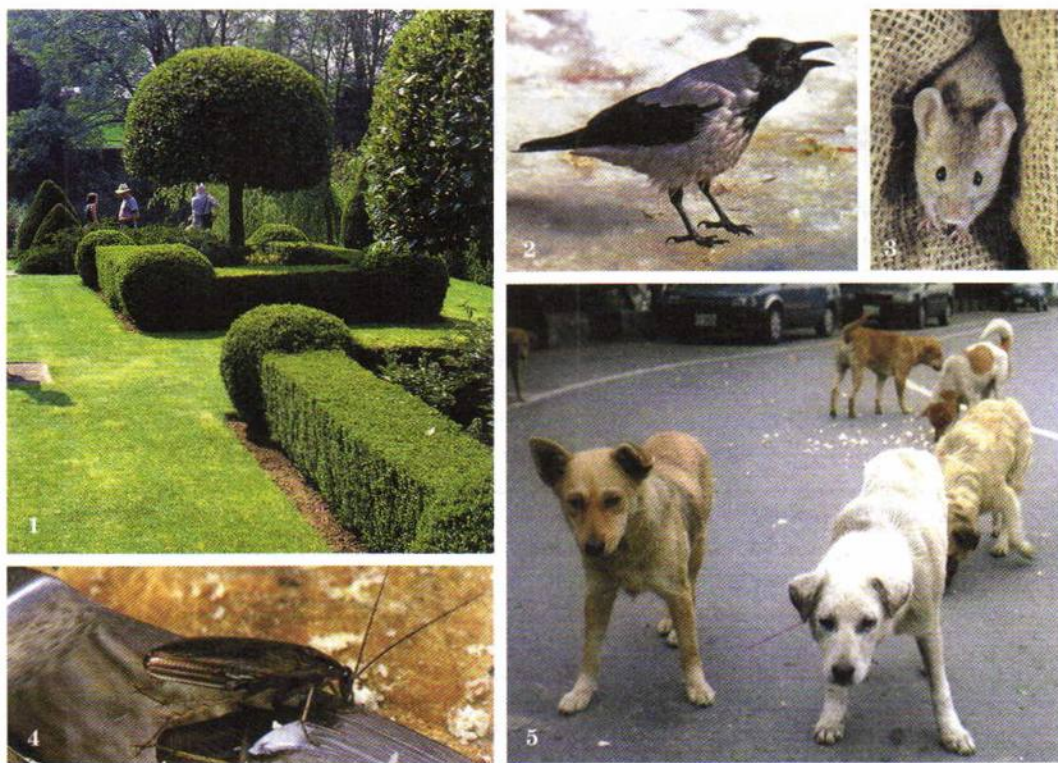


Рис. 151. Растения (1) и животные урбоэкосистемы: 2 – серая ворона; 3 – домовая мышь; 4 – рыжий таракан; 5 – бездомные собаки

животных, которые стали оседлыми и выполняют в урбоэкосистеме роль санитаров. Ряд видов городской фауны, живущих в квартирах, подвалах домов и в подземных коммуникациях (серая крыса, домовая мышь, комар-пискун, рыжий таракан, муравей фараонов) портят запасы продовольствия, переносят возбудителей опасных заболеваний (рис. 151). Вред, причиняемый этими животными настолько велик, что люди вынуждены вести с ними постоянную борьбу.

► Одна из особенностей городской фауны – ее мозаичное распределение в городе. Многие дикие животные, главным образом насекомые, паукообразные, моллюски и мелкие млекопитающие образуют островные популяции, изолированные друг от друга крупными автомагистралями. Даже обычная дорожка в городском

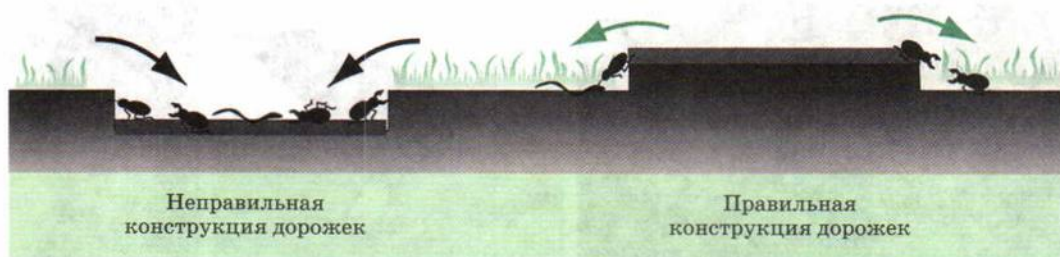


Рис. 152. Особая конструкция дорожек в парках позволяет спасти мелких животных (по К.Н. Благосклонову)

парке может представлять непреодолимый барьер на пути расселения мелких животных, что делает невозможным их свободное скрещивание и создает угрозу для существования популяций (рис. 152). ◀



Антропогенные экосистемы: сельскохозяйственные (агроэкосистемы) и городские (урбоэкосистемы); техносфера, городские флора и фауна; синантропные виды.



1. С какой целью человек создает антропогенные экосистемы? Приведите их примеры.
2. Каковы различия агроэкосистем и биогеоценозов?
3. Из каких компонентов состоит урбоэкосистема?
4. Каковы особенности городских флоры и фауны?
5. Какое значение имеют зеленые насаждения и синантропные животные для городской среды и человека?
- ▶ 6. Каковы последствия островного размещения городской фауны? ◀

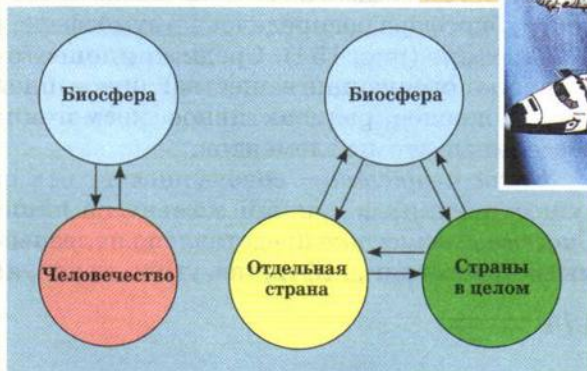
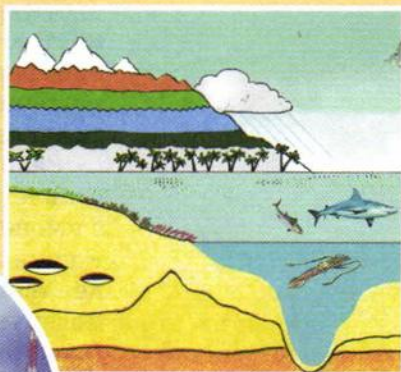


Оцените состояние зеленых насаждений на территории вашей школы. Какие виды растений имеют минимальную или максимальную степень угнетения? Предложите рекомендации по озеленению пришкольной территории. Проведите наблюдения за встречающимися в окрестностях школы птицами (воронами, галками, воробьями и голубями). Каковы особенности их жизни в городских условиях? Результаты наблюдений оформите в виде проектной работы.



Земельные площади, пригодные для агроэкосистем, сейчас практически полностью освоены человеком, поэтому особенно актуальным становится переход к более интенсивным способам ведения сельского хозяйства. Так, на одном поле можно выращивать не один, а несколько видов растений, т.е. перейти от монокультуры к поликультуре. Например, на полях уже сейчас применяют совместную посадку культивируемых и отпугивающих насекомых-вредителей репеллентных растений – петрушки, полыни, горчицы, шалфея.

БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕЧЕСТВО



§ 28.

БИОСФЕРА – ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА ЗЕМЛИ

Рассмотрите рисунок 154. Где находятся и чем определены области распространения живых существ на нашей планете?

Появление и развитие жизни на Земле привели к образованию ее *биосферы* (от греч. *bios* – жизнь и *sphaire* – шар) – геологической оболочки, состав, структура и энергетика которой связаны с деятельностью организмов. С экологической точки зрения биосфера – глобальная экосистема, объединяющая все гидроценозы, биогеоценозы и антропогенные экосистемы нашей планеты.

Развитие представлений о биосфере. Первые представления о биосфере как «области жизни» связаны с именем Ж.Б. Ламарка. Сам термин «биосфера» ввел в науку в 1875 г. австрийский ученый Э. Зюсс, определявший ее как «тонкую пленку жизни» на земной поверхности. Однако ни Ламарк, ни Зюсс не развили представлений о биосфере и не дали ее научного толкования. В начале XX в. отечественный ученый В.И. Вернадский (рис. 153) дал научное определение биосферы и создал учение о ней. Согласно ему, биосфера «...представляет собой определенную геологическую оболочку, резко отличную от всех других оболочек нашей планеты». Она включает совокупность всех живых тел природы и их остатков, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населенные организмами или несущие следы их жизнедеятельности.

Компоненты биосферы. Как земная оболочка, населенная организмами и несущая следы их жизнедеятельности, биосфера распределена в атмосфере, гидросфере и литосфере (рис. 154). Среди компонентов биосферы выделяют следующие вещества: живое, биогенное, косное, биокосное, радиоактивное, космогенное, а также рассеянные атомы элементов.

Живое вещество – совокупность всех организмов, существующих в данный момент на нашей планете. *Биогенное вещество* представлено полезными ископаемыми (известняк, нефть, газ, уголь, торф), имеющие ор-



Рис. 153. Владимир Иванович Вернадский (1863–1945)

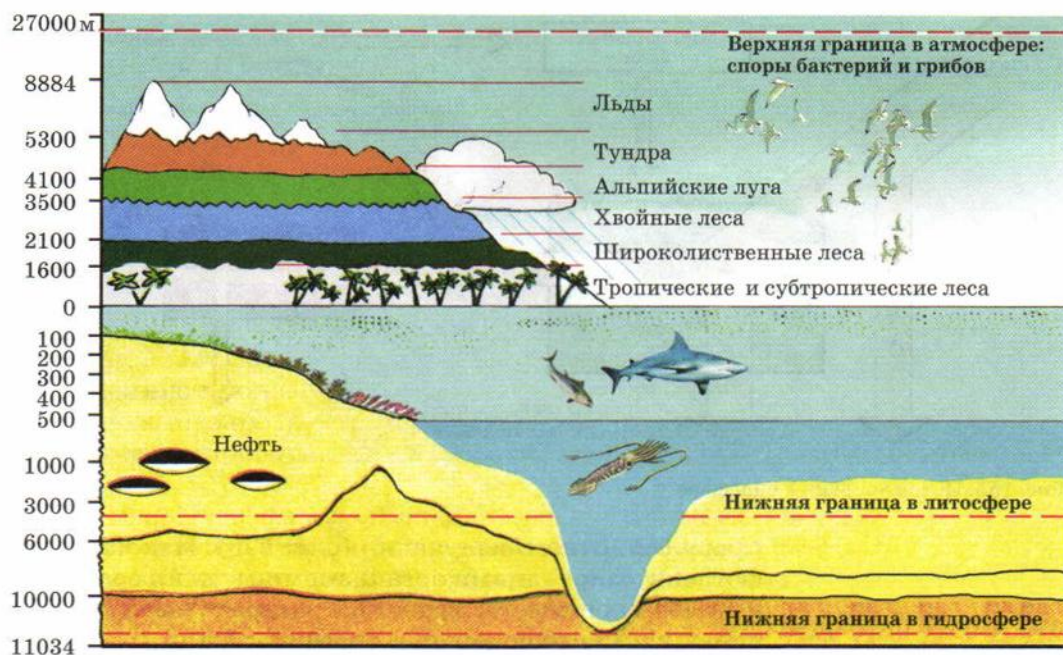


Рис. 154. Области биосферы

ганическое происхождение. *Косное вещество* (горные породы, минералы) – результат процессов, в которых организмы не участвовали. Сложное происхождение имеет *биокожное вещество* (почва, грунт водоемов), образованное организмами и абиогенными процессами. *Радиоактивное вещество* – радиоактивные руды и продукты их распада. *Космогенное вещество* – метеориты и космическая пыль, выпадающие на Землю. Кроме того, в биосфере есть *рассеянные атомы элементов* (C, H, O, N, P, S, Fe, Mg, Mn, Cu, Zn, Ca, Na, K и др.), непрерывно находящиеся в круговоротах веществ.

Функции живого вещества биосферы. Живое вещество – самый активный компонент биосферы. Количество его для современного нам геологического периода (антропогенного) составляет в сухой массе $2,4 \cdot 10^{12}$ т. Живое вещество выполняет в биосфере ряд функций.

Энергетическая функция живого вещества состоит в связи биосферных процессов с космическими. Главный из этих процессов – вовлечение организмами в био-

КОМПОНЕНТЫ БИОСФЕРЫ

- живое вещество
- биогенное вещество
- косное вещество
- биокожное вещество
- радиоактивное вещество
- космогенное вещество
- рассеянные атомы элементов

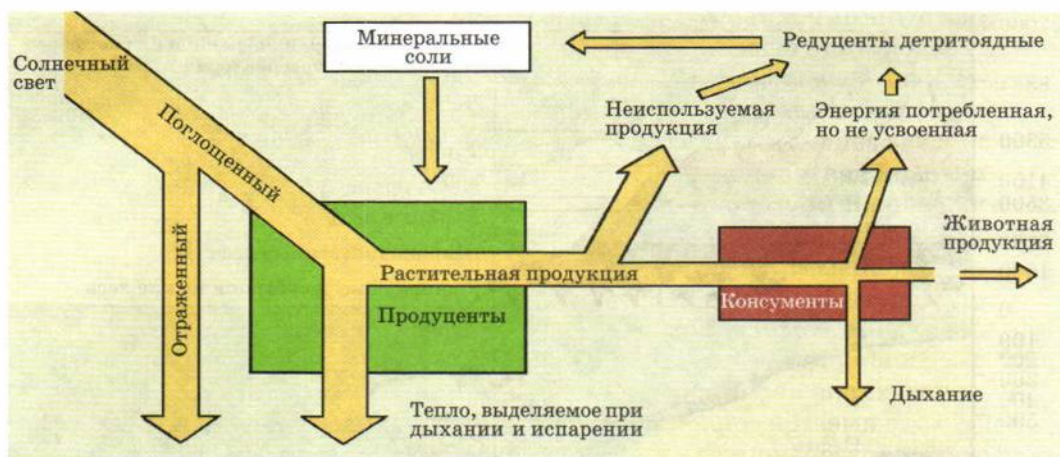


Рис. 155. Поток энергии в биосфере

сферу солнечного излучения (рис. 155). Накопленная фотосинтезирующими организмами энергия в виде органических веществ, затем перераспределяется между остальными компонентами биосферы.

Газовая функция живого вещества проявляется в том, что потребляя и выделяя газообразные соединения, организмы поддерживают постоянство газового состава атмосферы. Так, кислород – продукт фотосинтеза, а углекислый газ – продукт дыхания. Подземный газ метан образуется при разложении органических веществ метанообразующими бактериями.

Концентрационная функция живого вещества обусловлена накоплением в телах организмов ряда химических элементов (углерода, кремния, фосфора и др.). Благодаря этой функции образовались полезные ископаемые: горючие сланцы, известняки, торф, каменный уголь и нефть. Они служат концентратом углеродосодержащих соединений, возникших благодаря деятельности организмов в прошлые геологические эпохи.

Окислительно-восстановительная функция живого вещества заключается в окислении и восстановлении организмами ряда химических соединений. Так, при фотосинтезе углекислый газ восстанавливается до углеводов, а при дыхании углеводы окисляются до углекислого газа и воды. В результате жизнедеятельности железобактерий изменяется степень окисления атомов железа.

Среди функций живого вещества в биосфере по мощности воздействия выделяют в настоящее время *биогеохимическую деятельность человека*. Она проявляется в использовании для нужд промышленности и сельского хозяйства веществ из земной коры. Благодаря биогеохимической деятельности человека в биосфере создан антропогенный круговорот. В нем скорость миграции атомов в два раза превышает темпы их перемещения при естественных процессах.

Особенности биосферы как глобальной экосистемы. Как *глобальная экосистема* биосфера характеризуется рядом особенностей.

Во-первых, она является открытой системой, в которой на входе имеется солнечная энергия, а на выходе – вещества, образовавшиеся в процессе жизнедеятельности организмов и вынесенные из круговорота.

Во-вторых, биосфера – динамическая система. Энергетические потоки и круговорот элементов создают в биосфере неравномерность, зависящую от притока солнечной энергии и распределении живого вещества по планете. *Динамическое равновесие* биосферы проявляется в том, что изменение любого компонента вызывает дисбаланс, за которым следует изменение других компонентов. Эти изменения действуют по принципу отрицательной или положительной *обратной связи* (рис. 156). В случае отрицательной обратной связи, измененные компоненты стремятся вернуть биосферу в исходное состояние. При положительной связи компоненты биосферы стимулируют дальнейшее ее изменение в определенном направлении.

Примером отрицательной обратной связи служат неоднократно происходившие в биосфере энергетические всплески, приводившие к расцвету автотрофных организмов. Их деятельность связывала избыток энергии в виде синтезированных органических соединений, что

ФУНКЦИИ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА БИОСФЕРЫ

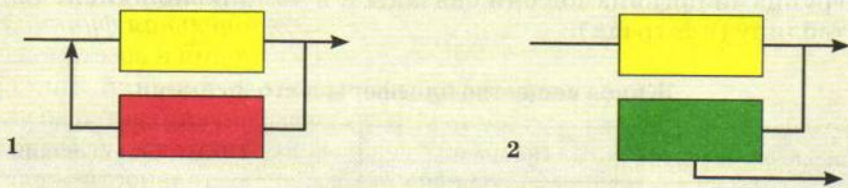


Рис. 156. Схемы действия обратной связи: 1 – отрицательной; 2 – положительной

возвращало биосферу в исходное энергетическое состояние. Пример положительной обратной связи – образование в биосфере новых систематических групп организмов, вступивших на путь биологического прогресса. Так, появление в ходе эволюции современного человека привело к изменению растительного и животного мира, почвы, водоемов, запасов полезных ископаемых, что существенно преобразовало биосферу.

В-третьих, биосфера неразрывно связана с космосом и Вселенной. В настоящее время имеются геологические доказательства образования ряда структур земной коры от живого вещества биосферы. Не только известняк, уголь и нефть, но и сама атмосфера планеты – результаты жизнедеятельности организмов. Это позволяет называть жизнь не столько планетарным, сколько космическим явлением. Жизнь возникла в результате эволюции земной коры, а эволюция есть результат воздействия самой жизни на планету. Значит рассматривать жизнь на Земле надо как результат эволюции Вселенной, развивающейся по всеобщим космопланетарным законам.



Биосфера, вещества: живое, биогенное, косное, биокосное, радиоактивное, космогенное, рассеянные атомы элементов; функции живого вещества: энергетическая, газовая, концентрационная, окислительно-восстановительная, биогеохимическая деятельность человека, глобальная экосистема, динамическое равновесие, обратная связь.



1. Что такое биосфера? С именами каких ученых связано развитие представлений о биосфере?
2. Из каких компонентов состоит биосфера?
3. Каковы функции живого вещества биосферы? Почему среди них отдельно выделяют биогеохимическую деятельность человека?
4. Докажите, что биосфера – глобальная экосистема Земли.



Охарактеризуйте функции живого вещества биосферы. С какими группами организмов они связаны и в чем проявляются? Заполните таблицу (в тетради).

Живое вещество биосферы и его функции

Функция живого вещества	Организмы	Проявление функции

§ 29.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ БИОСФЕРЫ

Рассмотрите рисунок 157. В чем особенности круговоротов химических элементов в биосфере? Какую роль в этих процессах играют организмы?

Биосфера – иерархически построенная система, состоящая из нескольких взаимосвязанных между собой уровней организации живой материи. В ней постоянно идут круговороты веществ, энергетические и информационные потоки. Существование всех компонентов биосферы подчиняется действию космических и планетарных сил, оказывающих на нее воздействие.

Целостность биосферы. Каждый компонент биосферы существует не изолированно, а испытывает влияние со стороны других компонентов и сам на них воздействует. Изменение любого из компонентов вызывает изменение других. Наиболее подвержены изменениям животный и растительный мир, менее изменчивы почва, гидросфера и атмосфера. Еще меньшим изменениям подвержены климат, рельеф и литосфера. Скорость изменения компонентов биосферы убывает в следующем порядке: животный мир → растительный мир → почва → гидросфера → атмосфера → климат → рельеф → литосфера.

Круговороты веществ и биогеохимические циклы. Стабильность биосферы поддерживается постоянно происходящими в ней круговоротами веществ. Они разнообразны по масштабам и качеству явлений. Еще до появления организмов на Земле существовал *геологический*, или большой, круговорот. Например, круговорот воды в природе. С появлением живого вещества геологический круговорот дополнился *биологическим*, или малым, круговоротом, в котором ведущую роль стали играть организмы. В противоположность геологическому в биологическом круговороте перемещается незначительная часть веществ и энергии. Однако, энергия, вовлеченная в биологический круговорот, преобразуется автотрофами в продукцию первичного органического вещества, используемого в дальнейшем другими организмами биосферы.

С появлением на Земле организмов химические элементы, входящие в их состав, стали непрерывно цирку-

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ БИОСФЕРЫ



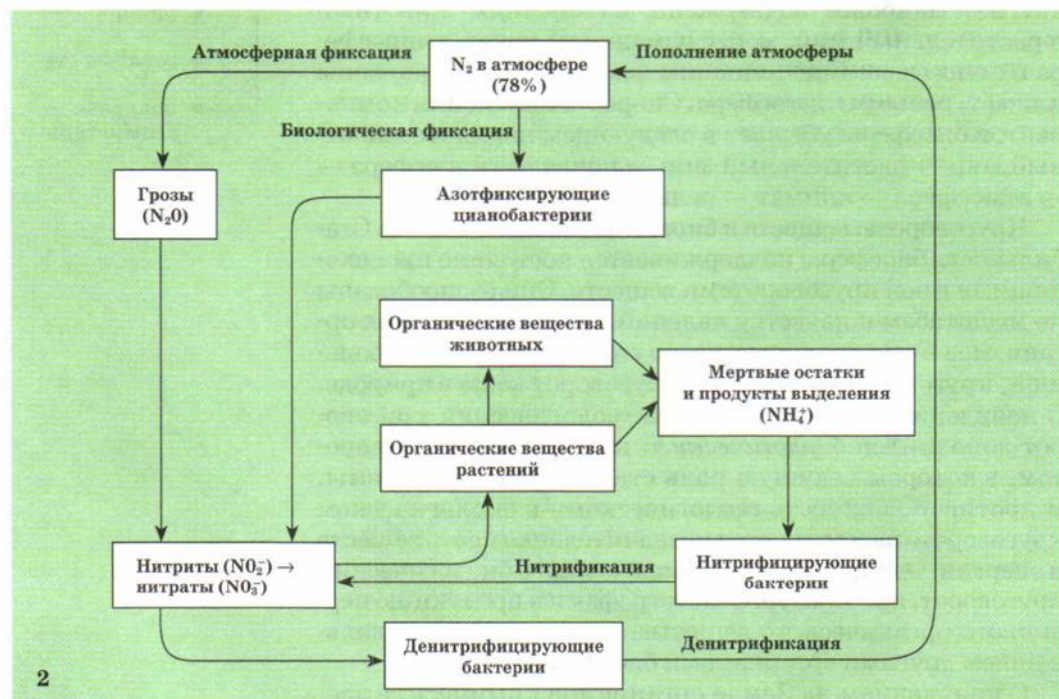
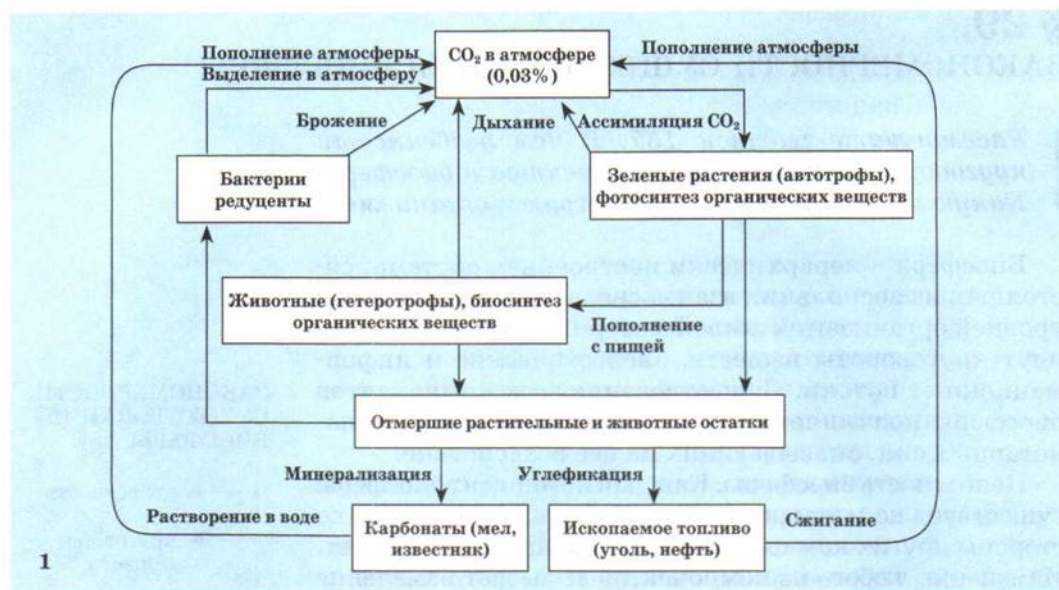


Рис. 157. Биогеохимические циклы углерода (1) и азота (2) в биосфере

лизовать в биосфере, переходя из внешней среды в состав живых тел и обратно во внешнюю среду. Такую циркуляцию называют *биогеохимическими циклами элементов*, например, биогеохимический цикл углерода и азота (рис. 157). Ученые предполагают, что за последние 600 млн лет характер биогеохимических циклов на нашей планете существенно не менялся: происходило накопление кислорода, связывание углекислого газа и азота, осаждение кальция и др.

► **Ритмичность явлений в биосфере.** Для биосферы характерна повторяемость во времени явлений, обусловленных различными воздействиями, главные из которых – гравитационные и корпускулярные. Первые связаны с изменениями орбит вращения Земли и Солнца под влиянием других планет и галактик. Вторые вызваны элементарными частицами, излучаемыми звездами и распространяемыми в космическом пространстве.

Гравитационные воздействия служат причинами климатических циклов, сменяющихся на Земле с четкой периодичностью в 0,4; 1,2; 2,5; 3,7 млн лет. Например, 400-тысячелетний цикл вызывает крупномасштабные изменения климата на планете. Это приводило в прошлом к вымиранию или эволюционному расцвету отдельных групп организмов (рис. 158). Резкое



Рис. 158. Вымирание систематических групп организмов в прошлом (им соответствуют провалы на диаграмме)



Рис. 159. Александр
Леонидович Чижевский
(1897–1964)

повышение в результате вулканической деятельности содержания углекислого газа в атмосфере девонского и каменноугольного периодов (около 350 млн лет назад) стало причиной бурного роста лесов из плаунов, хвощей и папоротников. «Кислородная вспышка» в мезозое (около 130 млн лет назад), ставшая результатом фотосинтетической деятельности палеозойских лесов, способствовала появлению и расцвету динозавров.

Корпускулярные воздействия связаны с влиянием на биосферу 11-летнего ритма солнечной активности, открытые отечественным ученым А.Л. Чижевским (рис. 159). Проанализировав историю 80 стран мира и сопоставив ее с астрофизическими данными о вспышках на Солнце, он сделал вывод об обусловленности процессов жизни периодичностью солнечной активности. Главная его идея состояла в установлении связи различных событий с годами активного и пассивного Солнца. Идеи Чижевского, развитые гелиобиологией, ознаменовали начало новой вехи в понимании влияния космических факторов на процессы в биосфере. Представление о Солнце, как источнике энергии, настраивающим на определенный ритм все земные процессы, в том числе и общественно-исторические, дает человечеству возможность их взаимной координации. Так, если бы удалось согласовать космические циклы с проводимыми в разных странах социально-экономическими реформами, человечество получило бы в свое распоряжение мощный ускоритель их полезных эффектов и гаситель негативных. ◀

Зональность биосферы. Наиболее существенная закономерность существования биосферы – *зональность*. Она проявляется в распределении на поверхности Земли тепла, влаги, почв, растительного и животного мира. Главный фактор зональности – солнечное излучение в сочетании с шарообразностью Земли. Лучи Солнца, падающие на Землю в высоких широтах, распределяются по большей площади. Поэтому их интенсивность здесь ниже, чем вблизи экватора. Помимо этого на распределение тепла по земному шару влияют высота местности, соотношение суши и моря, морские течения.

Зональность биосферы проявляется в существовании ландшафтно-географических зон, в пределах каждой из которых формируются характерный для нее *биом* (от греч. *bios* – жизнь и лат. – *ота* – окончание, озна-

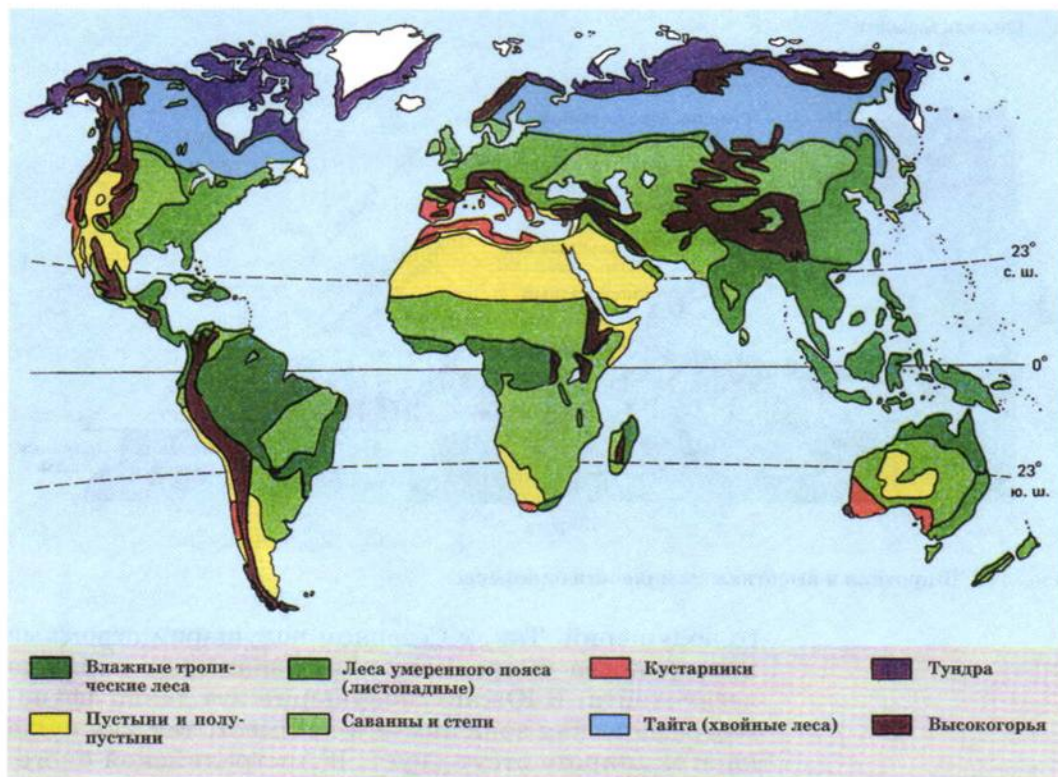


Рис. 160. Карта распределение биомов поверхности суши Земли

чающее целостность) – совокупность организмов и абиотической среды (рис. 160). Широтную зональность биосферы, проявляющуюся в существовании биомов, нарушают вулканизм, складчатость земной коры и другие процессы. Их следствием становится формирование высотных поясов – высотной зональности, в основном повторяющей широтную (рис. 161). Так, температура, от которой зависит характер растительности, понижается по мере продвижения вверх по горному склону или по мере удаления от экватора. При наличии обильных осадков растительность в широтной и высотной зональностях биосферы сходна.

Полярная асимметрия биосферы. Эта закономерность существования биосферы проявляется в различиях, имеющиххся между природой Северного и Южно-



Рис. 161. Широтная и высотная зональности биосферы

го полушарий. Так, в Северном полушарии огромные пространства умеренного пояса занимают хвойные леса – тайга. В Южном полушарии эта ландшафтно-географическая зона аналога не имеет, так как суша на этой широте отсутствует. В Австралийской биогеографической области в Южном полушарии распространены млекопитающие из отрядов Однопроходные и Сумчатые, которых нет в Голарктической биогеографической области в Северном полушарии, где сходные экологические ниши занимают плацентарные.



Целостность биосферы; круговороты веществ: геологический, биологический; биогеохимические циклы элементов; ► воздействия на биосферу: гравитационные и корпускулярные; ◄ зональность биосферы, биомы, полярная асимметрия.



1. Докажите целостность биосферы как живой оболочки нашей планеты.
2. Расскажите о биогеохимическом круговороте углерода и азота.
- 3. В чем проявляется ритмичность явлений в биосфере? Приведите примеры гравитационных и корпускулярных воздействий на биосферу.
- ◄ 4. С чем связана широтная и высотная зональности биосферы?
5. Что такое биом? Приведите примеры биомов суши.
6. В чем проявляется полярная асимметрия биосферы?

§ 30.

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО В БИОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Вспомните, какое воздействие человек оказывает на природу. Из каких этапов складывалась история хозяйственной деятельности человечества?

С самого начала своего возникновения биосфера представляла систему, в которой происходящие процессы поддерживали существование и развитие жизни от низших форм к высшим. На определенном этапе эволюции в биосфере появился человек, который стал играть в ней существенную роль, определяя ее дальнейшее существование и развитие.

Биосферная роль человека. Живое вещество биосферы только в том случае прогрессивно развивается, если оно своей жизнедеятельностью увеличивает упорядоченность среды обитания. Это в полной мере относится и к разумной форме жизни, т.е. к человечеству. Одни ученые рассматривают появление человека в биосфере как резко отрицательное явление, способное привести к ее гибели. Другие полагают, что у человека, вероятно, была какая-то функция в биосфере на раннем этапе антропогенеза (иначе он не появился бы), но затем она была утрачена. Третьи ученые считают, что у человека и сейчас есть *биосферная роль* – поддержание живой оболочки нашей планеты.

Наиболее существенно антропогенное влияние сказывается на круговоротах веществ. В результате истощения почв при земледелии, потребления древесины, угля, торфа, растительной и животной пищи человек изымает из природы различные соединения. Это, с одной стороны, уменьшает «запас устойчивости» биосферы, связанный с ее живым веществом, а с другой – запускает новый механизм поддержания ее стабильности – *антропогенный круговорот*.

Негативные последствия, сопровождающие деятельность человека на этапе экологического способа производства ресурсов, т.е. присваивающего хозяйства, были незначительны. Человек был такой же частью биосферы, как и любой другой биологический вид. С появлением социального способа производства пищи, одежды, орудий, т.е. производящего хозяйства, отрицательные последст-

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИРОДУ

- истощение природных ресурсов
- антропогенное изменение ландшафтов
- загрязнение окружающей среды

вия человеческой деятельности вышли на первый план. Главный вопрос сейчас состоит в следующем: способна ли биосфера сохранить сама себя при возрастающих *антропогенных воздействиях* или функцию сохранения биосферы необходимо взять на себя человеку?

Эволюционные изменения в биосфере происходят в настоящее время гораздо медленнее антропогенных. Поэтому самосохранение биосферы на основе естественных механизмов представляется маловероятным. Об этом свидетельствуют темпы изменений воздуха, почвы, климата, ландшафтов и др. (табл. 3).

Таблица 3

Антропогенные изменения в биосфере

Параметры	Темп изменения в % в год
Рост энергопотребления	2,0
Рост населения Земли	1,74
Изменение климата (глобальное потепление)	0,6 °C (за последнее столетие)
Истощение озонового слоя	1,0–2,0
Уменьшение биоразнообразия	0,65
Увеличение площади пустынь (опустынивание)	0,3–0,5
Деградация почв	0,4
Сведение лесов (обезлесивание)	0,9

Важны не только отрицательные последствия антропогенных воздействий, но и ослабление естественной реакции биосферы на них. Пока биосфера оставалась системой, в которой численность человечества была незначительной, ее реакция на изменения носила характер отрицательной обратной связи. Начиная с XIX в., ситуация коренным образом изменилась: человек стал активно сжигать ископаемое топливо – уголь, нефть и газ. Накопленное в земной коре биогенное вещество, которое ранее не входило в круговорот и поток энергии в биосфере, было искусственно введено в них человеком. В результате изменилась и сама система, т.е. биосфера перестала быть только природной системой и превратилась по существу в *антропобиосферу*.

Не исключено, что продолжающееся исчезновение видов и разрушение природных экосистем отчасти объясняется тем, что большое биоразнообразие, т.е. число видов растений и животных, современной биосфере не нужно (рис. 162). Избыточный углерод, со-

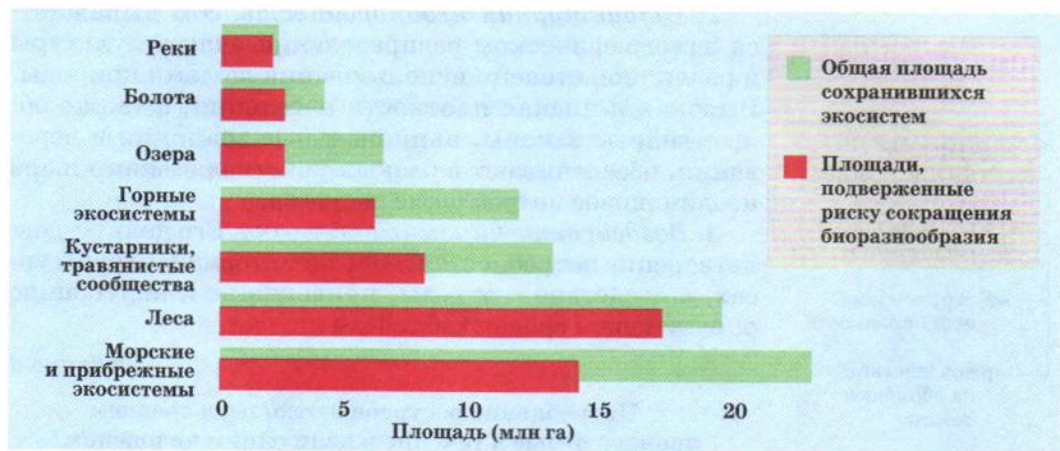


Рис. 162. Сокращение биоразнообразия в биосфере

гласно закону отрицательной обратной связи, должен выводиться из биосферы, что и достигается уменьшением массы ее живого вещества и снижением биоразнообразия нашей планеты.

Переход биосферы в ноосферу. Возникнув в процессе эволюции живой природы и достигнув определенного уровня развития, человечество стало активно влиять на биосферу, постепенно преобразуя ее в ноосферу. *Ноосфера* (от лат. *noos* – разум и *sphaire* – шар) – мыслящая оболочка, высшая стадия эволюции биосферы, связанная со становлением в ней человечества, разумная деятельность которого становится ключевым фактором ее дальнейшего развития. Происходит постепенный переход в эволюции живой природы от биологических факторов, управляющих ее развитием, к эволюции, управляемой человеческим сознанием. Коллективный разум все сильнее воздействует на природу, усиливает давление на абиотическую среду, растительный и животный мир.

► Переход биосферы в ноосферу ускоряется по мере объединения усилий людей, направленных на преодоление негативных влияний на природу. Переходному состоянию – антропобиосфере – присуще следующее.

1. *Непрерывное расширение.* Антропобиосфера охватывает не только всю поверхность земного шара, но и околоземное пространство космоса (рис. 163). Из земного явления она превратилась в явление космическое.

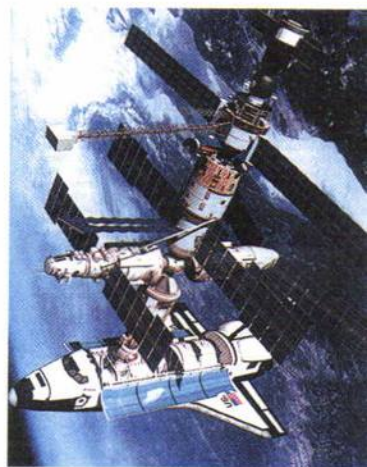


Рис. 163. Международная орбитальная космическая станция

ОСОБЕННОСТИ
АНТРОПОБИОСФЕРЫ

- непрерывное расширение
- структурная неоднородность
- воздействие на оболочки Земли

2. *Структурная неоднородность.* Это выражается в географическом распределении очагов культуры и различной степени использования людьми природы. Высокая и низкая плотности населения, а также общественные законы, национальные традиции и верования, обеспечивают в разных участках земного шара неодинаковое потребление ресурсов.

3. *Воздействие на земные оболочки.* Его цель – удовлетворение потребностей людей в материальных ресурсах, а следствие – отходы, приводящие к нарушению окружающей среды (табл. 4). ◀

Таблица 4

**Потребление ресурсов и отходы, в среднем
производимые в течение жизни одним человеком**

Ресурсы	Отходы
Пища – 50 т	Бутылки – 27 000 шт.
Вода – 98 280 000 л	Изношенная одежда и обувь – 0,2 т
Железо и сталь – 52 т	Бытовой мусор – 126 т
Бумага – 0,65 т	Использованные автомобили – 2 шт.
Удобрения – 5 т	Продукты выделения – 2,8 т

Ноосферная этика и прогресс человека. Антропобиосфера в настоящее время неуклонно ускоряет свое развитие. Это сопровождается возникновением глобальных природно-экономических, социально-политических и иных проблем, угрожающих существованию природы и человечества. Природные охранные механизмы при этом не успевают срабатывать. Возникающий разрыв ведет к *экологическому кризису* – такому состоянию окружающей среды, при котором она становится непригодной для жизни. Чтобы предотвратить экологический кризис, человечеству необходимо выработать *ноосферную этику*, перейти в общении с природой от позиции антропоцентризма («все для человека») к позиции биоцентризма («все для природы»).

Нормами ноосферной этики должны стать:

- замедление роста потребления энергии, максимальное использование человечеством неисчерпаемых энергетических источников;
- естественная стабилизация численности населения земного шара;

- оптимизация материальных и максимальное удовлетворение духовных потребностей каждой человеческой личности;
- рост личностного качества человека, нравственное и экологическое воспитание населения Земли;
- «управление» антропобиосферой через активизацию созидательных сил и познание закономерностей ее существования;
- эффективное функционирование мирового содружества наций.

Особое внимание при переходе биосферы в ноосферу уделяется *прогрессу человека*. Эволюция человека – это эволюция разума. Прогресс человека как биосоциального вида реализовывался в процессе антропогенеза механизмом обучения, усиленном речью, письменностью и другими способами передачи информации. Разум человека отражает в себе всю совокупность изменений условий среды, сопровождающих его становление и развитие. В разуме природой найден способ концентрированного запечатления всего пройденного человечеством эволюционного пути. Разум должен указать людям оптимальные пути преодоления экологического кризиса, развивающегося по объективным законам действительности (рис. 164). Разум для того и возник, чтобы познать законы развития и с помощью этических норм исключить «стихийность» их реализации.



Рис. 164. «Мир в наших руках» – традиционный экологический образ



Биосферная роль человека, антропогенный круговорот, антропогенные воздействия, антропобиосфера, ноосфера, экологический кризис, ноосферная этика, прогресс человека.



1. В чем состоит биосферная роль человека? 2. Приведите примеры антропогенных воздействий на природу. 3. Что такое антропобиосфера? В чем причины снижения ее биоразнообразия? 4. Дайте определение ноосферы. ►5. Каковы особенности перехода антропобиосферы в ноосферу? ◀6. Что такое ноосферная этика? 7. Какую роль призван сыграть прогресс человека в преодолении экологического кризиса?



Найдите в ближайшем окружении (на территории школы, микрорайона, около дачного участка) примеры отрицательного антропогенного воздействия на природу. Зарисуйте или сфотографируйте их. Постарайтесь выявить их причины и наметить возможные пути устранения. Результаты оформите в виде проектной работы.

§ 31.

СОСУЩЕСТВОВАНИЕ ПРИРОДЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Вспомните, какие меры люди предпринимают для охраны природы. Возможно ли существование человечества в отсутствии природной среды?

Поверхность нашей планеты перестала быть чисто природным образованием. Человек создал антропо-биосферу, коренным образом преобразовал окружающую среду. Ее изучение показывает, что существует неразрывная связь между природой, человеком и обществом; действуют общие закономерности развития биологических и социальных систем.

Устойчивое развитие. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро проходила «Конференция ООН по окружающей среде и ее развитию», которую можно назвать событием века. На ней впервые за историю своего существования человечество официально, на уровне глав государств и правительств 180 стран мира признало зависимость своего дальнейшего развития от состояния окружающей среды. Участие в работе конференции не только политиков, но и экономистов, биологов и ученых других специальностей, свидетельствовало о том, что историю человечества уже нельзя рассматривать только как смену одной общественно-экономической формации другой. Перед мировым сообществом была поставлена задача выработать подход, согласно которому человека необходимо изучать в тесной взаимосвязи не только с социальной, но и с природной средой, а существование человечества связано с природой.

В материалах конференции широко использовался термин *устойчивое развитие* («sustainable development») – такое состояние различных сторон жизни общества, при котором достигается наиболее полное удовлетворение жизненных потребностей сегодняшнего поколения людей без лишения такой возможности наших потомков. Таким образом, устойчивое развитие означает выживание и непрерывающееся развитие всего человечества и отдельных стран мира в условиях сохранения природной среды, т.е. всей совокупности образующих биосферу экосистем (рис. 165).



Рис. 165. Схема, иллюстрирующая устойчивое развитие



Рис. 166. Некоторые из индикаторов устойчивого развития

Основной вопрос конференции – количественные показатели устойчивого развития, позволяющие определять степень воздействия общества на природу. В итоговых документах форума, главным из которых стала «Повестка дня на XXI век», были приняты 132 статистических индикатора, позволяющих судить о переходе экономики, политики, науки и других сфер жизни той или иной страны на рельсы устойчивого развития (рис. 166), а также определены основные действия по регуляции этих показателей.

Коэволюция природы и общества. Известно, что различные теории смены общественно-экономических формаций объясняют социальную форму движения материи, вырывая человека из эволюционного процесса на Земле. Это ведет к недооценке природных факторов социальной жизни. Особенно отчетливо слабость социальных теорий развития общества проявилась на этапе появления антропобиосферы, когда ни одна из них не



Рис. 167. Пестицид ДДТ был обнаружен в жировой ткани пингвинов за тысячи километров от полей Европы, где он распылялся тоннами для борьбы с вредителями сельского хозяйства. В организм рыбоядных антарктических птиц этот сильнейший яд попал по пищевым цепям экосистемы Мирового океана, накапливаясь в массовых долях от одного трофического уровня к другому

смогла предвидеть глобальных проблем современности и обосновать пути их решения. Время накопления информации об экологических и социальных катастрофах закончилось. Человечеству в XXI в. необходимо перейти к поиску путей *коэволюции* (от лат. *со* – совместно), т.е. совместной эволюции природы и общества. Только коэволюционные представления дают возможность создать прогностические модели развития системы «Природа–Человек–Общество», отойти от бездумного использования людьми природных ресурсов.

Предприняты первые попытки сформулировать законы коэволюции. Например, законы *социальной экологии* американского ученого Барри Коммонера подобно библейским заповедям, напоминают человечеству о простых истинах и учат жить в гармонии с природой.

Первый закон звучит так: «Все связано со всем». Он отражает существующую в природе сложную систему взаимосвязей. Коммонер пишет: «Большинство экосистем настолько сложны, что их циклы представляют собой не просто круги, а пересекающиеся разветвления, похожие на паутину... Загрязнение окружающей среды служит сигналом того, что экологические петли где-то разрезаны, и, следовательно, система значительно упростилась, став, таким образом, более чувствительной к нагрузкам и ближе к гибели». Согласно этому закону, человек должен воздерживаться от необдуманного вторжения в природу, которое может привести к непредсказуемым отрицательным последствиям (рис. 167).

Второй закон формулируется следующим образом: «Все должно куда-то деваться». Он вытекает из закона сохранения материи и позволяет по-новому взглянуть на проблему отходов материального производства. Огромные количества веществ извлечены людьми из недр планеты, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что «все куда-то девается». В результате этого вещества нередко накапливаются в тех местах, где их не должно быть. Этот закон по существу ограничивает создание производств, вносящих в природную среду чуждые химические соединения и служит основой для внедрения безотходных технологий (рис. 168,2).

Третий закон звучит так: «Природа знает лучше». Данный закон призывает человека к тщательному изучению природы и сознательному отношению к своей хозяйственной деятельности. Без точного знания последствий вмешательства людей в природу недопустимы никакие ее «улучшения». Экосистемы настолько сложны, что абсолютное их познание невозможно.

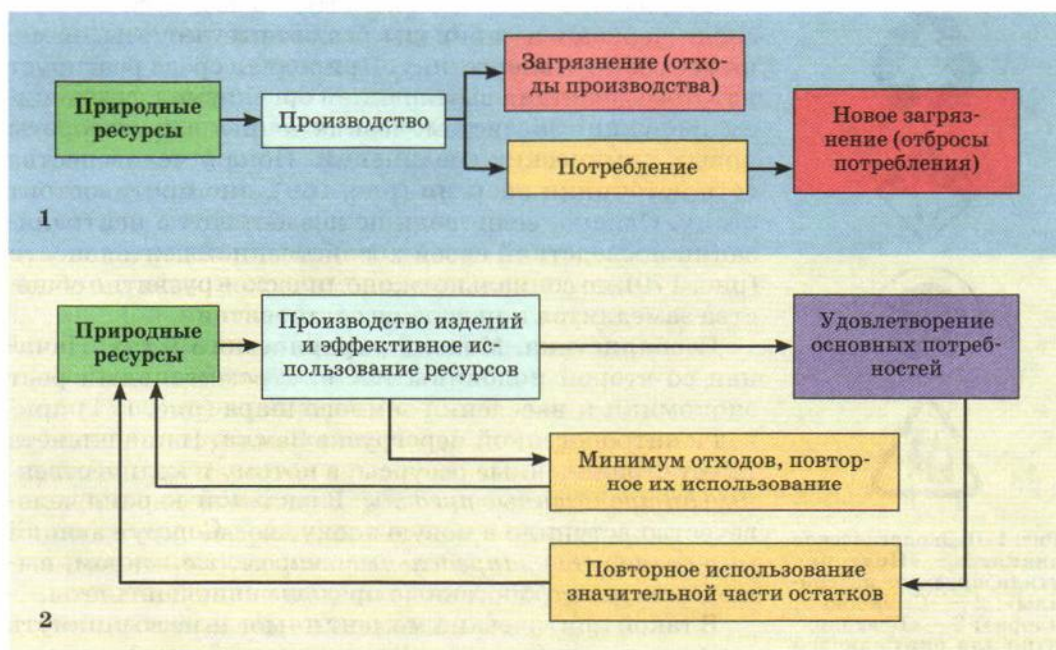


Рис. 168. Схема высокоотходного (1) и безотходного (2) производств



Рис. 169. Мировые источники и потребители энергии (на конец XX в.)

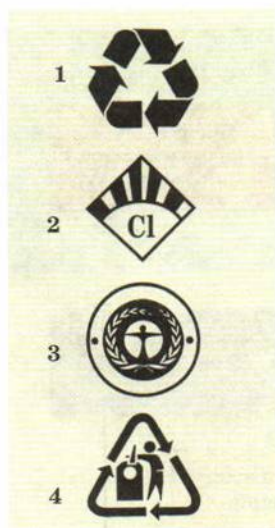


Рис. 170. Экологические знаки: 1 – «Повторно утилизируемые материалы»; 2 – «Свободно от хлора»; 3 – «Благоприятно для окружающей среды»; 4 – «Сохраните свою страну чистой»

Четвертый закон гласит: «Ничто не дается даром». Люди черпают из природы различные ресурсы, изменяя ее состав и энергетику. Природная среда реагирует на эти воздействия вымиранием организмов, снижением продукции экосистем, невключением в круговороты новых химических соединений. Пока у человечества есть источники энергии (рис. 169), оно противостоит этому. Однако, если люди не позаботятся о нейтрализации последствий своей хозяйственной деятельности (рис. 170), то социально-экономическое развитие общества замедлится или вообще остановится.

Глобалистика. Модели управляемого мира. Начиная со второй половины XX в. стремительный рост экономики и населения земного шара (рис. 171) привел к антропогенной перегрузке Земли. Наша планета имеет ограниченные ресурсы, а потому и количественные *антропогенные пределы*. В настоящее время человечество вступило в новую эпоху, когда окружающий мир становится *запредельным миром*, т.е. миром, вышедшим за антропогенные пределы нашей планеты.

В такой критический момент не могла не возникнуть *глобалистика* (от лат. *globus* – земной шар) – наука о закономерностях развития человечества и моделях

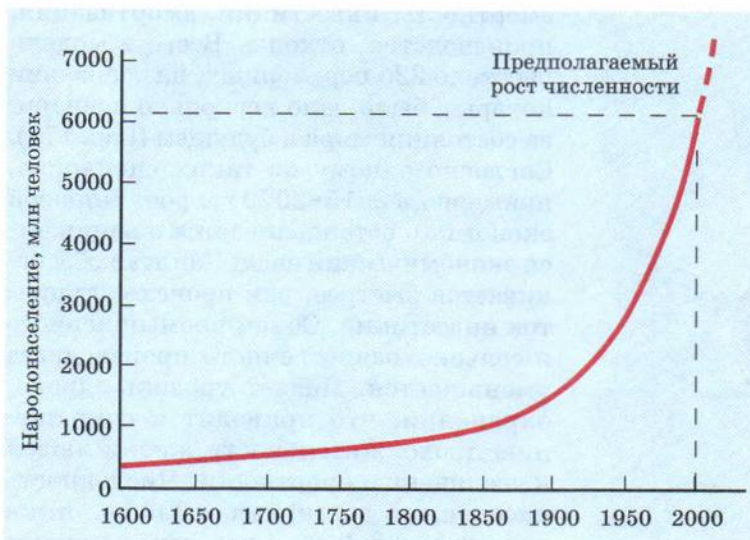


Рис. 171. Рост народонаселения земного шара за последние 400 лет

управляемого мира в единстве и взаимодействии трех основных сфер деятельности человека – экологической, социальной и экономической. Подчиненная высшей цели сохранения природы и общества, глобалистика делает ряд выводов о необходимости:

- стабилизации экономики, энергетики и численности населения земного шара;
 - введения механизма управления миром, начиная с природной ренты, т.е. введения компенсации со стран мира за пользование природой;
 - перехода от стихийного развития, разрушающего природу, к более продуманной системе планового природопользования.
- Особую роль в глобалистике играют *модели управляемого мира*. Они описывают поведение мировой экономики и отдельных стран мира в их взаимодействии с природой (рис. 172). Рассмотрим две модели.

Ресурсная модель мира. Американские ученые Донелла и Деннис Медоузы исследовали путем компьютерного моделирования мировую систему на рубеже XX–XXI вв. В предложенной ими модели учитывалось несколько элементов: население, капитал, загрязнения, пахотные земли. Производными от них стали: рождаемость,

МОДЕЛИ УПРАВЛЯЕМОГО МИРА

- ресурсная
- биосферная

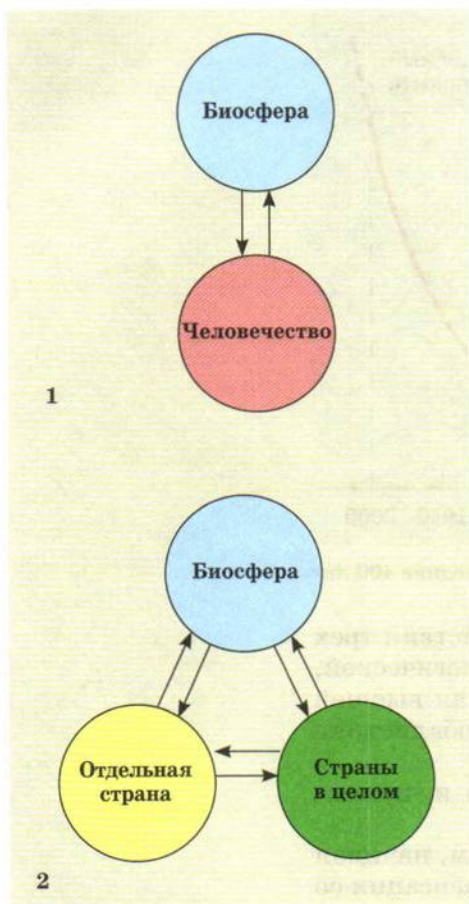


Рис. 172. Модели неуправляемого (1) и управляемого (2) мира

смертность, инвестиции, амортизация, производство, отходы. Всего в модели работало 225 переменных, на основании которых было дано несколько сценариев состояния мира в будущем (рис. 173). Согласно одному из таких сценариев, примерно в 2015–2020 гг. рост мировой экономики останавливается и начинается экономический спад. Капитал обесценивается быстрее, чем происходит приток инвестиций. Объем промышленного и сельскохозяйственного производства уменьшается. Падает уровень здравоохранения, что приводит к сокращению продолжительности жизни людей и увеличению смертности. Численность населения, достигнув в 2030 г. пика примерно в 8,4 млрд человек, начинает уменьшаться и приходит в соответствии с допустимыми природными ресурсами Земли предела в 7 млрд человек.

Биосферная модель мира. Английский ученый Джеймс Лавлок и американский исследователь Линн Маргулис выдвинули гипотезу, которую назвали в честь древнегреческой богини Земли «Гейя». Согласно ей, биосфера управляет неживой природой, т.е. представляет собой гигантский «суперорганизм», преобразующий абиотическую среду так, чтобы она была для него благоприятной. Окружающая среда всегда подвергалась

внешним воздействиям: землетрясениям, вулканической деятельности, наводнениям, падениям метеоритов и др. Эти возмущения приводили к изменению рельефа поверхности Земли, ее температурного режима, газового состава атмосферы. Организмы способны изменить природную среду в 10 тыс. раз быстрее, чем неживая природа. Следовательно, сама живая природа Земли может осуществлять значительные изменения окружающей среды и компенсировать любые ее возмущения.

На вопрос: до какой степени живая природа способна компенсировать возмущения окружающей среды,

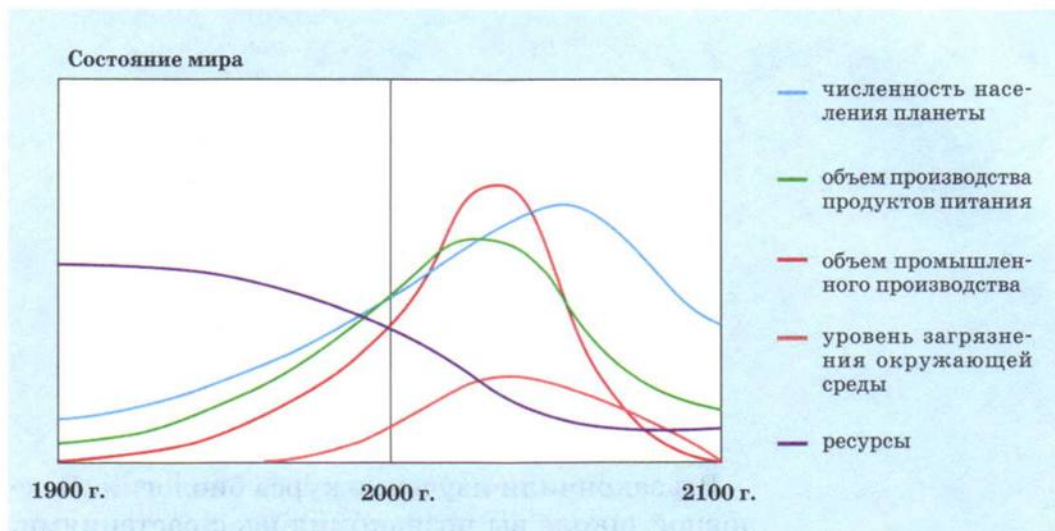


Рис. 173. Один из сценариев ресурсной модели управляемого мира Медоузов

ответил наш российский ученый В.Г. Горшков. Согласно его модели, живая природа способна регулировать и стабилизировать окружающую среду, если величина потребления человеком первичной биологической продукции не превышает примерно 1% от всей продукции биосферы. Эта величина допустимого потребления соответствует численности населения земного шара примерно в 1 млрд человек. Остальная мощность живой природы в 99% выполняет важнейшую функцию стабилизации окружающей среды, гармонизации продуктивности экосистем и имеющихся ресурсов.



Устойчивое развитие, коэволюция, законы социальной экологии, антропогенные пределы, запредельный мир, глобалистика, ► модели управляемого мира: ресурсная и биосферная.◄



1. Объясните смысл термина «устойчивое развитие». 2. В чем преимущество коэволюционных взглядов на развитие природы и общества перед социальными? 3. Охарактеризуйте законы социальной экологии Б. Коммонера. 4. Что такое «запредельный мир»? Что изучает глобалистика? 5. Назовите первоочередные меры для сохранения природы в условиях «запредельного мира». ► 6. В чем сущность ресурсной и биосферной моделей управляемого мира?◄

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вы закончили изучение курса биологии. В основной школе вы познакомились с растениями, животными, грибами, бактериями, собственным организмом и общими закономерностями жизни. В старшей школе вы изучали биологические системы и происходящие в них процессы: химический состав, строение и жизнедеятельность клеток, строение и функции организмов, организацию и жизнедеятельность популяций видов организмов, биоценозов и биосферы. Вы убедились, что биологические знания охватывают широкий круг вопросов, далеко выходящих за рамки биологии. Живая природа — явление сложное и многостороннее, требующая для своего изучения разных подходов и применения методов многих естественных наук.

В современной биологии есть немало проблем, решение которых будет иметь огромное значение для будущего. В их числе познание строения и функций биологических макромолекул; молекулярного механизма включения генов; регуляции и координации внутриклеточных, тканевых и организменных процессов; рациональной ор-

ганизации жизнедеятельности человека и проблемы продления его жизни; индивидуального развития организма и влияния на него факторов окружающей среды; управляемого биосинтеза, промышленной микробиологии и биоинженеринга; изучение энергетики и продуктивности природных сообществ и биосферы в целом; рационального природопользования и сохранения биоразнообразия нашей планеты; создание моделей устойчивого развития природы и общества; определение философских и нравственно-этических проблем современной биологии; интеграции различных областей научного знания с обыденным и художественным познанием человеком мира и др.

Много вопросов и проблем современной биологии ждет своего решения. В значительной степени это будет зависеть от вас. Хочется надеяться, что знания, приобретенные вами при изучении биологии в школе, помогут не только выбрать будущую профессию, но и грамотно общаться и взаимодействовать с живым миром и природой в целом, не причиняя им вреда.

Учебное издание

**Теремов Александр Валентинович
Петросова Рената Арменаковна**

БИОЛОГИЯ

Биологические системы и процессы

11 класс

**Учебник для учащихся
общеобразовательных учреждений**

Зав. редакцией К.М. Шевченко

Редактор Н.В. Королёва, Ю.Д. Шиганова

Зав. художественной редакцией И.А. Пшеничников

Верстка С.В. Иванцов

Корректор Т.Я. Кокорева

Лицензия ИД № 03185 от 10.11.2000.

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.60.953.Д.010192.08.09 от 28.08.2009 г.

Подписано в печать 26.07.10. Формат 70×90/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 14,6.

Тираж 50 000 экз. (1-й завод 1–3 000 экз.). Заказ № 2054.

Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС.

119571, Москва, просп. Вернадского, 88,

Московский педагогический государственный университет.

Тел. 437-11-11, 437-25-52, 437-99-98; тел./факс 735-66-25.

E-mail: vlados@dol.ru

<http://www.vlados.ru>

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ЗАО «ИПК Парето-Принт», г. Тверь, www.pareto-print.ru