

А. К. БРОДСКИЙ

# БИОРАЗНООБРАЗИЕ

*Учебник  
для студентов учреждений  
высшего профессионального образования,  
обучающихся по направлению подготовки  
«Экология и природопользование»*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2012

УДК 574(075.8)  
ББК 20.1я73  
Б881

Рецензенты:

д-р биол. наук *В. Ф. Левченко* (зав. лабораторией моделирования эволюции Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН);  
д-р биол. наук, проф. *В. Н. Мовчан* (зав. кафедрой геоэкологии и природопользования Санкт-Петербургского государственного университета)

**Бродский А. К.**

Б881 Биоразнообразия : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А. К. Бродский. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с. — (Сер. Бакалавриат).  
ISBN 978-5-7695-8821-1

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Экология и природопользование» (квалификация «бакалавр»).

В учебнике изложены теоретические основы и методы решения научных и практических задач изучения и сохранения биоразнообразия; показано разнообразие жизни на Земле. Большое внимание уделяется видовому, генетическому и экосистемному уровням разнообразия. Рассмотрены основные методы оценки состояния и динамики биоразнообразия, в том числе при локальных и глобальных изменениях среды; международные программы и национальная стратегия изучения и сохранения биоразнообразия.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 574(075.8)  
ББК 20.1я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-8821-1

© Бродский А. К., 2012  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Концепция биоразнообразия занимает важное место в современной науке и экологической политике. С момента подписания многими государствами Конвенции о биологическом разнообразии на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (Бразилия) в 1992 г. это понятие получило широкое международное звучание. Концепцию биоразнообразия используют в своих целях правительства разных стран, государственные и общественные организации, средства массовой информации. Без ссылок на необходимость сохранения биоразнообразия не обходится ни одна крупная политическая акция. В повседневной деятельности каждого жителя планеты все чаще возникают ситуации, заставляющие задумываться о значении биоразнообразия. Фактически концепция биоразнообразия приобрела глобальное значение — с научными аспектами здесь тесно переплетаются экономические и социальные проблемы.

Не случайно 2010 год был объявлен ООН Международным годом биоразнообразия. Тем самым сделана еще одна попытка привлечь внимание к необходимости охранять и рационально использовать живую природу планеты, объединить усилия в деле сохранения биоразнообразия. Для этого создается широкая система международного сотрудничества, возникает необходимость подготовки специалистов, способных решать сложные вопросы разработки и реализации комплекса мер, направленных на сохранение биоразнообразия. В университетах многих стран уже давно ведется подготовка специалистов в области биологии сохранения ресурсов живой природы (англ. *Conservation Biology*), однако в учебных планах и образовательных стандартах российских вузов лишь сравнительно недавно стали формироваться разделы, связанные с изучением феномена биоразнообразия, методами его оценки, значимости сохранения биоразнообразия для устойчивого развития общества и т. п. Практически отсутствуют учебные пособия по этой тематике.

Первым шагом в подготовке специалистов в области сохранения биоразнообразия стало формирование в 1997 г. в Санкт-Петербургском государственном университете образовательной программы «Биоразнообразии и охрана природы». Основная цель программы — подготовка высококвалифицированных экологов, способных плодотворно решать различные задачи по охране природы и управлению ис-

пользованием природных ресурсов с особым вниманием к проблемам сохранения биоразнообразия коренных ландшафтов Северной Европы.

Компетенции, которыми должен обладать бакалавр, прошедший подготовку в соответствии с учебным планом образовательной программы, формируются в результате освоения ряда теоретических дисциплин и приобретения практических навыков в решении различных природоохранных задач. Знакомство студентов с проблемами сохранения биоразнообразия начинается с курса «Введение в биоразнообразии», которому предшествуют такие курсы, как «Общая экология», «Геоэкология», «Социальная экология» и ряд других.

Для успешного освоения материала, изложенного в учебнике, студент должен иметь предварительную подготовку в объеме курса «Общая экология», а также быть знакомым с содержанием основных таксономических дисциплин: ботаники и зоологии. Также крайне желательно, чтобы студент, принимающийся за чтение настоящего учебника, был знаком с курсом «Генетика популяций», но достаточно иметь представление об основах общей генетики. Автор надеется, что материалы, изложенные в учебнике, окажутся полезными при организации и реализации основных и дополнительных образовательных программ, нацеленных на подготовку специалистов, способных внести свой вклад в решение важнейшей для человечества проблемы сохранения биоразнообразия.

Рисунки, графики и диаграммы не только иллюстрируют различные положения, обсуждаемые в тексте, но и служат дополнительным источником информации; они позволяют оттенить некоторые важные моменты, не увеличивая общего объема книги. Автор признателен С. О. Гапановичу за профессиональное изготовление рисунков.

Вставки, набранные петитом, при желании можно пропустить, что не помешает получить достаточно полное представление о проблемах сохранения биоразнообразия. Однако внимательный читатель, заинтересованный в углубленном изучении предмета, найдет в них важную дополнительную информацию и интересные примеры решения указанных проблем, заимствованные из мирового опыта, обобщенного в ряде специальных сводок и отчетов национальных и международных организаций, занимающихся вопросами сохранения биоразнообразия. Большое внимание в учебнике уделено также результатам исследований, выполняемых сотрудниками и студентами Санкт-Петербургского государственного университета на территории Северо-Западного федерального округа РФ.

Последние 150 лет население Земли росло и продолжает расти феноменальными темпами, взрывообразно. Рост населения Земли сопряжен с усилением воздействия на природные системы, разрушением местообитаний, которые служат прибежищем многим видам животных и растений. Сведение лесов и опустынивание территорий происходят катастрофически быстро. Регулирование стока рек, разработка месторождений полезных ископаемых, освоение новых природных территорий под сельскохозяйственные культуры, строительство дорог, прокладка труб и иные формы хозяйственной деятельности неизбежно приводят к разрушению местообитаний и утрате экосистемами своих естественных свойств. Сокращение численности видов приводит к обеднению генетического разнообразия, без которого невозможна их адаптация к меняющейся среде. Это касается и домашних животных, и культурных растений. Деградация окружающей среды происходит все возрастающими темпами.

С катастрофической быстротой исчезают дождевые тропические леса, в которых обитает практически половина существующих ныне видов животных и растений. В большинстве случаев леса сначала вырубаются для получения твердой древесины, затем вслед за лесозаготовителями по уже проложенным ими дорогам идут первые поселенцы, которые расчищают территорию от остатков леса. Обедненная после вырубki леса почва, оставшись без растительного покрова, подвергается интенсивной эрозии, заболачивается и окончательно теряет продуктивность.

Человек содействует потеплению климата и тем самым изменению местообитаний многих видов. Некоторые виды, оказавшись неспособными адаптироваться к быстро меняющейся среде, покидают территорию или попросту вымирают. В обоих случаях видовое разнообразие природных систем уменьшается. В то же время глобальное потепление климата сопровождается расширением ареала некоторых видов, среди которых встречаются переносчики таких опасных для человека болезней, как малярия и энцефалит. Несмотря на усилия и огромные средства, направленные на предотвращение отрицательных последствий антропогенного воздействия на природу, общая тенденция неблагоприятных изменений сохраняется.

Быстрый рост населения Земли сопровождается исчерпанием природных ресурсов, загрязнением почв, вод, атмосферы и разрушением

естественных местообитаний. Меняется скорость многих естественных процессов. В результате деятельности человека возрастает скорость разрушения почвы, ее перемещения, что приводит к развитию оврагов и утрате пахотных земель. Человек в 80 раз ускоряет цикл обращения ртути, создавая угрозу для жизни многих животных и своей собственной. Из-за неконтролируемого освоения территорий и сведения лесов сокращается общий объем фотосинтеза и падает биологическая продуктивность в планетарном масштабе.

Заметнее всего влияние человека на скорость вымирания животных и растений. Ни одному виду не гарантирована вечная жизнь. Ископаемые остатки свидетельствуют о том, что в процессе естественного отбора виды образуются в определенном месте земного шара, а затем расселяются, дают начало новым видам и в большинстве случаев вымирают. Палеонтологи зарегистрировали восемь массовых вымираний видов в фанерозое, из которых четыре вымирания относят к категории «великих». Приходится признать, что на современном этапе деятельность человека служит основным фактором быстрого сокращения биологического разнообразия.

Некоторые ученые полагают, что Земля в настоящее время переживает очередное массовое вымирание видов и его основная причина — воздействие человека. При этом сокращение количества видов происходит значительно быстрее, чем в предыдущие периоды массового вымирания. Иными словами, каждый год исчезает больше видов, чем когда-либо ранее за тот же период. Утрата видов носит беспрецедентный, уникальный и необратимый характер. Настало время для решительных действий по спасению биологического разнообразия.

Библейская легенда о Ноевом ковчеге описывает первую попытку человека сохранить биоразнообразие. Предвидя Всемирный Потоп, Ной построил свой огромный корабль и собрал на нем по паре всех видов живых существ, населявших тогда Землю, не забыв и о своем семействе. На пороге экологической катастрофы он позаботился не только о продолжении своего рода, но и о сохранении всех остальных Божьих тварей.

Привлекая современные представления о биологическом разнообразии, можно попытаться представить реальные размеры Ноева ковчега. Прежде всего, само определение этого понятия включает в себя как число видов, или видовой уровень биоразнообразия, так и число комбинаций генов, или генетический уровень биоразнообразия. В ряде случаев внутривидовая изменчивость может быть сравнимой с межвидовой или даже превышать ее. Например, среди карповых рыб есть виды, настолько сходные генетически, что легко скрещиваются между собой и дают плодовитое потомство. В то же время есть виды рыб, у которых разные популяции очень сильно отличаются друг от друга генетически. В последнем случае исчезновение такой изолированной популяции, обладающей особыми, только ей присущими признаками, столь же невосполнимая утрата, как и исчезновение вида. К этому

надо добавить, что существованию видов чаще угрожает исчезновение пригодных мест обитания, чем прямое истребление.

Из всего сказанного можно сделать вывод о том, что размеры Ноева ковчега должны быть огромны, так как ему придется вместить не только все разнообразие видов животных и растений, но и не меньшее разнообразие внутривидовых популяций, а также экологических систем.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию, состоявшаяся в Рио-де-Жанейро (Бразилия) 3—4 июня 1992 г., принадлежит к числу наиболее значительных событий современности. Внимание участников конференции сосредоточилось на обсуждении путей устойчивого развития человечества; в результате этого обсуждения они приняли три важных документа: Декларацию по окружающей среде и развитию, долгосрочную программу действий в глобальном масштабе «Повестка дня на XXI век» и Принципы рационального использования, сохранения и освоения всех видов лесов. На конференции были также приняты Конвенция о биологическом разнообразии и Рамочная конвенция об изменении климата.

Конвенция о биологическом разнообразии была подписана представителями Европейского Союза и 153 государств, впоследствии к ним присоединились еще 14 стран. Таким образом, этой конвенции была обеспечена широкая международная поддержка.

Декларировались следующие цели Конвенции о биологическом разнообразии: сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование его компонентов, справедливое распределение доходов от использования генетических ресурсов. Достижение последней из поставленных целей возможно лишь при определенном характере взаимоотношений между странами, которые владеют генетическими ресурсами («страны Юга»), и странами, которые, обладая высоким техническим потенциалом и современными технологиями, создают из этих ресурсов продукты потребления («страны Севера»). Таким образом, Конвенция не только концентрирует внимание на необходимости сохранения биоразнообразия, но и определяет условия успешного решения этой проблемы.

В дополнение к Конвенции о биологическом разнообразии страны, которые участвовали в работе конференции, приняли Программу действий в XXI веке, известную как Повестка дня на XXI век. Важной частью данного документа стала рекомендация направлять деятельность в рамках Конвенции в первую очередь на выявление состояния биоразнообразия и потенциальных угроз ему в каждой из стран, признающих ценности, провозглашенные на конференции в Рио-де-Жанейро, и принятую программу действий. Разнообразие видов животных и растений служит важным индикатором (показателем) устойчивого развития территории.

Известный биолог Э. Уилсон определил биоразнообразие как саму суть жизни. И он прав: без разнообразия нет жизни. Биоразнообразие означает разнообразие всего живого на Земле — от генов до экосистем. Оно включает миллионы видов животных, растений и микроорганизмов, населяющих все местообитания планеты: океаны, реки, озера, сушу, почвы. Но оно также включает все разнообразие форм жизни — от бактерий, микроскопических водорослей и мельчайших беспозвоночных животных до гигантских секвойядендронов, высота которых превышает 100 м, и таких крупных животных, как слоны и киты.

### 1.1. Структура и уровни биоразнообразия

Биологическая наука изучает четыре главнейших феномена: жизнь, организм, биосферу и биоразнообразие. Организация живой материи включает три блока, которые соответствуют трем основным уровням: суборганизменный, организменный и надорганизменный. Первый объединяет молекулярную, клеточную, тканевую и органную системы организации, второй соответствует организменной системе организации, а третий включает популяционно-видовую и экологическую системы и биосферу. Биоразнообразие характеризует каждый из трех основных уровней (рис. 1.1): без разнообразия органических молекул нет жизни, без морфологического и функционального разнообразия клеток, тканей, органов (или органелл у одноклеточных) нет организма, без разнообразия организмов не может быть экосистем и биосферы. Очевидно, что никакие биологические процессы невозможны вне биосферы и экосистем.

Различают биоразнообразие генетическое, видовое и экологическое. Эти формы биоразнообразия обладают своими особенностями и составляют предмет изучения таких биологических наук, как генетика, систематика и экология. Они тесно переплетаются и необходимы для существования жизни на Земле. Разнообразие организмов (биоразнообразие на таксономическом уровне, или видовое разнообразие) — важнейший показатель состояния биосферы и составляющих ее экосистем.

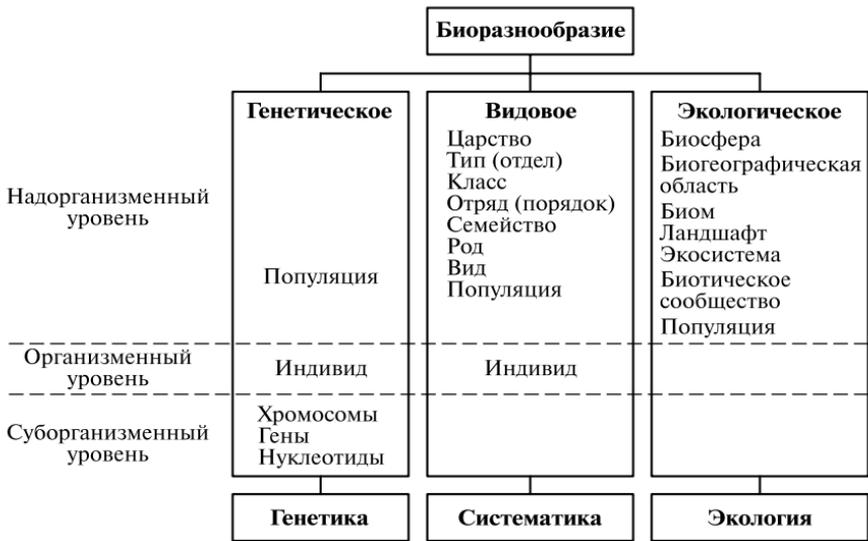


Рис. 1.1. Структура и уровни изучения биоразнообразия

Биологическое разнообразие — уникальная особенность живой природы. Именно благодаря ему формируется структурно-функциональная организация экосистем, обеспечивающая их стабильность и устойчивость к изменениям внешней среды, в том числе вызванным антропогенными воздействиями.

Надорганизменный уровень биоразнообразия определяет существование различных экосистем и ландшафтов. В природе не бывает однородных местообитаний. Очень близкие виды животных и растений, встречающиеся в двух различных экосистемах, например в черном ольшанике и заболоченном ельнике, образуют в них совершенно разные связи и сообщества, чем достигается еще большее разнообразие на уровне экосистем.

**Видовое разнообразие.** Под биоразнообразием чаще всего подразумевается множество видов животных, растений, грибов и микроорганизмов. Вид образован совокупностью популяций особей, сходных по существенным признакам строения и жизнедеятельности и способных при скрещивании между собой давать плодовитое потомство, также имеющее характерные для данного вида признаки. Все особи, принадлежащие к одному виду, обладают сходным обликом и одинаковыми приспособлениями к среде обитания. В то же время особи разных видов различаются по внешнему облику, поведению, физиологии.

Каждый вид образуют особи, настолько генетически близкие друг к другу, что они свободно скрещиваются и дают плодовитое потомство. В то же время особи одного вида не могут свободно скрещи-

ваться с особями другого. Биологи классифицируют виды, т. е. относят особей к тому или иному виду, только после тщательного изучения их особенностей и получения доказательств их репродуктивной изоляции от других видов.

Трудности, связанные с описанием новых видов, требуют осторожности в оценке их общего числа. Во времена К. Линнея было известно 11 тыс. видов животных и растений, в настоящее время — около 2 млн. Ученые постоянно описывают и называют новые виды животных, растений и микроорганизмов, предполагается, что общее число существующих в настоящее время видов достигает 8,7 млн, из которых более 75 % еще не описаны (рис. 1.2).

Таким образом, точное число обитающих на планете видов назвать невозможно, однако известно, что видов животных значительно больше, чем растений, грибов и бактерий (рис. 1.3). Известно также, что среди животных по числу зарегистрированных видов лидируют насекомые, превосходя не только всех остальных животных, но также растения и микроорганизмы вместе взятые. В царстве Растения первенство принадлежит покрытосеменным, или цветковым.

Доля видов, в отношении которых имеются более или менее надежные сведения, различна в разных систематических группах (рис. 1.4). Наиболее полно изучены позвоночные животные: можно с уверенностью утверждать, что в этой группе описано 40 % видов. Иная ситуация с беспозвоночными животными, из которых внимание

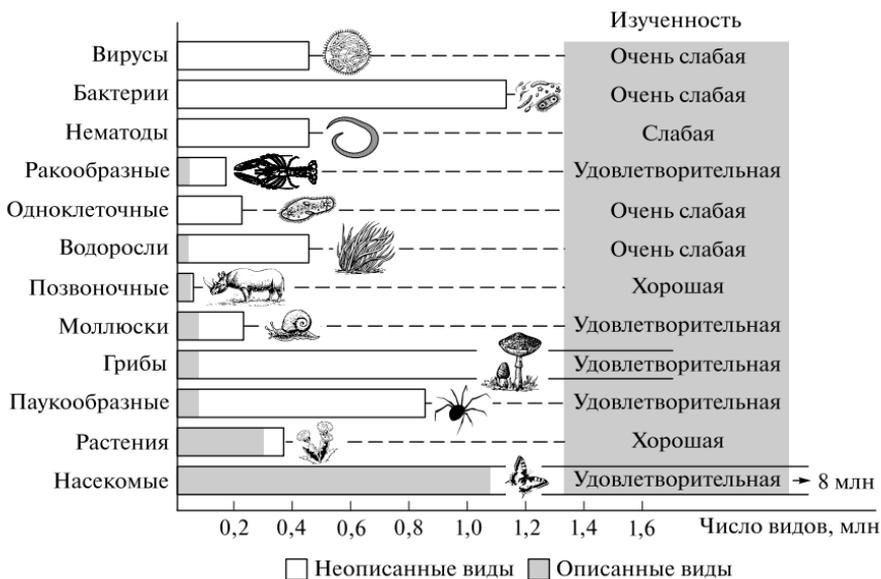


Рис. 1.2. Число известных науке (описанных) видов с оценкой степени изученности различных систематических групп (по Р. Примаку, 2002, с изм.)

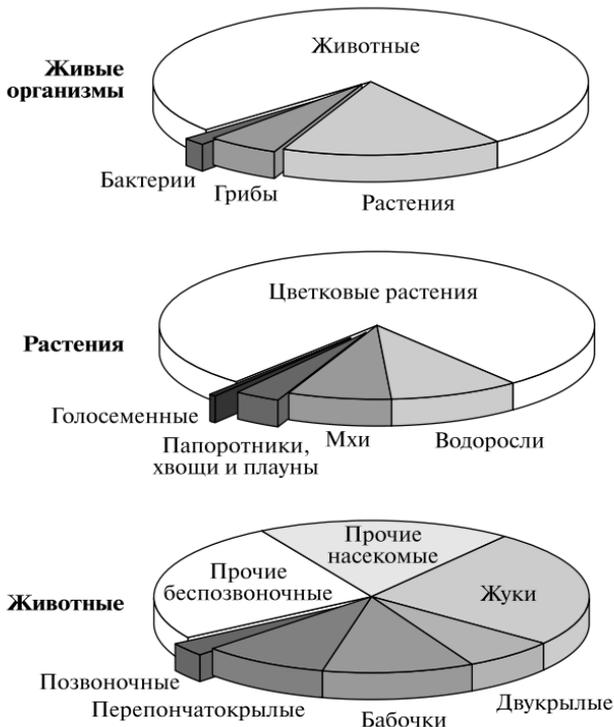


Рис. 1.3. Относительное число известных науке видов в разных систематических группах живых организмов

систематиков привлекали, главным образом, моллюски и ракообразные, а в гигантской по объему группе насекомых подробные сведения имеются лишь о некоторых семействах чешуекрылых и о стрекозах.

Такое богатое разнообразие видов должно быть систематизировано — причем так, чтобы место вида в системе несло в себе максимально возможную информацию о нем. В этом заключается задача систематики (таксономии) — области биологии, которая исследует не только разнообразие живых организмов, но и причины этого разнообразия. Выделение групп видов на основании их сходства и родства позволяет построить естественную систему органического мира на Земле, а использование разных признаков приводит к созданию различных систем.

В последарвиновский период и вплоть до настоящего времени господствуют две теории биологической классификации: кладизм, или филогенетическая систематика, и эволюционная систематика. Кладизм — теория, согласно которой организмы получают ранг и классифицируются исключительно согласно «давности происхождения от общего предка». Сторонники

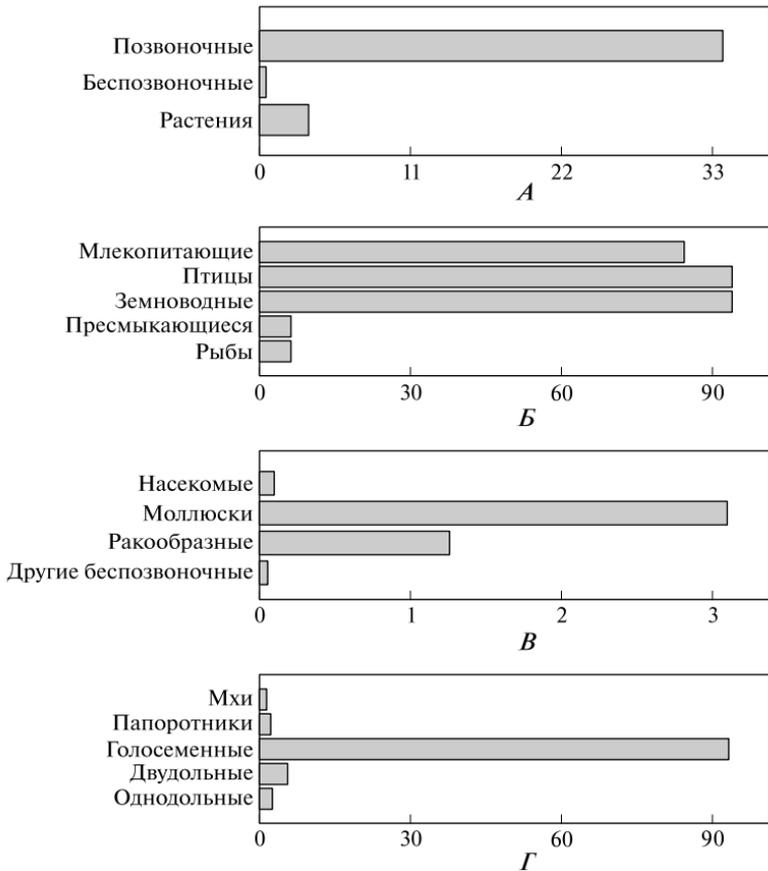


Рис. 1.4. Доля видов, о которых имеются более или менее надежные данные (%), в разных систематических группах живых организмов (по материалам сводки «Глобальная оценка видов», 2004):

*A* — животные и растения; *Б* — позвоночные животные; *В* — беспозвоночные животные; *Г* — растения

кладизма считают, что дивергенция представляет собой единственный исторический процесс, имеющий место в эволюции надиндивидуальных групп организмов в природе, исключая различие в темпах эволюции. По их мнению, можно определить ранг таксона, устанавливая точку ветвления на геологической временной шкале. Таксоны в иерархии подчинены друг другу в соответствии с временной дистанцией между моментами их возникновения и настоящим временем.

Эволюционная систематика, как и филогенетическая, допускает, что обычно два таксона тем более сходны, чем позднее разошлись их филогенетические линии. Однако она, кроме того, учитывает в своей классификации любую неравную дивергенцию линий потомков. Сознательно игнорируя

эти различия, сторонники кладизма часто вынуждены признавать таксономи одного уровня группы, весьма неравноценные по объему вследствие различных темпов эволюции.

В настоящем учебнике используется наиболее распространенная классификация живых организмов, в которой учтены главные различия в экологии основных систематических групп. Американский ботаник Р. Уиттейкер в 1969 г. предложил систему живой природы из пяти царств (рис. 1.5). В основу системы он положил, с одной стороны, строение клеток (прокариоты, эукариоты), а с другой — способы получения энергии и способы питания, разделив эукариотные организмы на три царства: Растения (фототрофы), Животные (зоотрофы) и Грибы (осмотрофы).

**Генетическое разнообразие.** Термин «биоразнообразие» означает нечто большее, чем просто видовое разнообразие. Значительно разнообразие и внутри самого вида, т. е. генетическое разнообразие. Каждая особь вида обладает множеством генов, определяющих ее

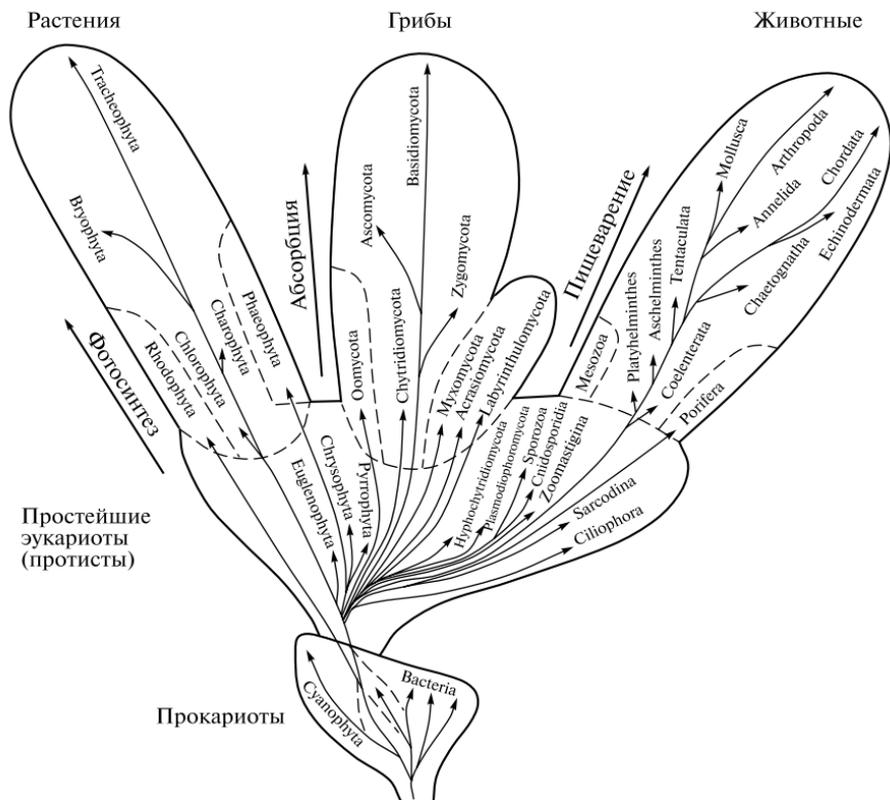


Рис. 1.5. Эволюционная схема биоты Р. Уиттейкера

характерные черты: например, огромное количество индивидуальных признаков человеческих лиц отражает генетическую специфику каждого индивида. Генетическое разнообразие — основа непрерывности эволюционного процесса: в условиях меняющейся среды одни особи получают больше шансов оставить потомство и, следовательно, передать свои гены по наследству, чем другие, хуже приспособленные к среде. Особи, вносящие наибольший относительный вклад в численность производимого потомства, оказывают и наибольшее влияние на его наследственные признаки.

Популяционная генетика зародилась в начале XX в. Долгое время жизнь популяций можно было исследовать лишь на тех организмах (как правило, не имеющих хозяйственной ценности), у которых есть какие-то внешние наследственные признаки, позволяющие различать внутри вида дискретные группировки. Такая индивидуальная прерывистая изменчивость называется *полиморфизмом*.

Ботаники давно заметили, что внутри многих видов имеются группы растений, по морфологическим признакам соответствующие своим местообитаниям. Например, отдельные экземпляры тысячелистника (*Achillea millefolium*) — растения из семейства Сложноцветные, произрастающие в горных районах на разных высотах, заметно различаются по высоте стебля и количеству образуемых семян (рис. 1.6). Растения, выращиваемые на высоте, близкой к уровню моря, из семян, полученных от растений, произрастающих на разных высотах, сохраняли на протяжении нескольких поколений различия своих диких предков. Такие различия в адаптациях у растений из разных областей и местообитаний, несомненно, расширяют пределы экологической устойчивости многих видов. Шведский ботаник Г. Турессон назвал эти различающиеся формы *экотипами* и высказал



Рис. 1.6. Экологическая дифференцировка в популяциях тысячелистника

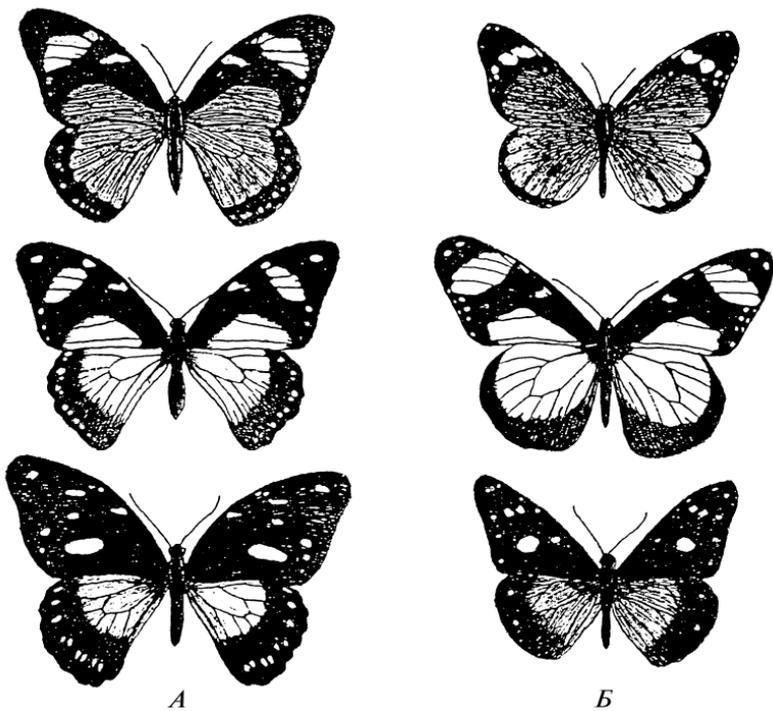


Рис. 1.7. Три морфологические формы бабочки *Papilio dardanus* (А), каждая из которых формой и окраской имитирует определенный вид бабочек, неуязвимых для насекомоядных птиц (Б)

предположение, что они представляют собой генетические линии популяции, приспособленные к особым условиям среды, в которой они обитают.

В Африке различные формы одного вида — бабочки *Papilio dardanus* — так искусно подражают разным (и не близкородственным) видам чешуекрылых, отвергаемых птицами из-за резкого запаха ядовитых гликозидов, что сами становятся неуязвимыми (рис. 1.7).

В течение 12 веков люди, наблюдая за особенностями животных и растений, выделяют те их черты, которые наиболее полезны для человека. С помощью искусственного отбора человек давно выводит сорта культурных растений и породы домашних животных, но только в конце XX в. произошел качественный скачок в селекционной работе, связанный с использованием генной инженерии. С помощью этого метода создаются генетически модифицированные растения и животные. Предпринимаются попытки создать «супер-деревья» — быстро растущие, устойчивые к гниению, гербицидам, атакам насекомых. Большое внимание уделяется также выведению

генетически модифицированных пород домашних животных. Создавая трансгенные сорта растений и породы животных, не следует забывать об опасности появления в сообществах видов с искусственно измененными свойствами, не прошедших испытание естественным отбором, что может нарушить равновесие в экосистемах.

**Экологическое разнообразие.** Жизнь на Земле демонстрирует широкое разнообразие не только генов и видов. Группа особей одного вида (внутри которой особи могут обмениваться генетической информацией), занимающая определенное пространство и действующая как часть биотического сообщества, образует популяцию. Популяция одного вида взаимодействует с популяциями других видов, и все вместе они образуют *биотическое сообщество*, в свою очередь взаимодействующее с физической средой, обеспечивая непрерывный поток веществ; так образуются круговороты питательных веществ, энергию для которых поставляет Солнце (рис. 1.8). Биотическое сообщество вместе с физической средой его обитания образует экосистему.

В структуре и функциях экосистемы воплощены все виды активности организмов, входящих в данное биотическое сообщество: их взаимодействие с физической средой и друг с другом. Свойства экосистемы определяются деятельностью входящих в нее организмов.

Какими бы разными ни были экосистемы, все они устроены и действуют по единым правилам. В этом убеждает сравнение наземной и водной экосистем (рис. 1.9). Для функционирования любой экосистемы необходимы следующие компоненты: солнечная энергия (или другие виды энергии); вода; элементы питания (основные абиотические неорганические и органические соединения), содержащиеся в почвах, донных осадках и воде; автотрофные и гетеротрофные организмы, образующие пищевые сети.

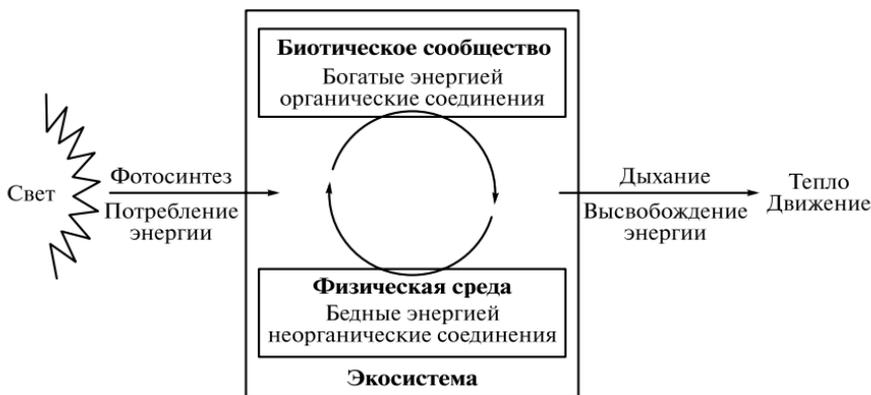


Рис. 1.8. Поток энергии и круговорот химических веществ в экосистеме

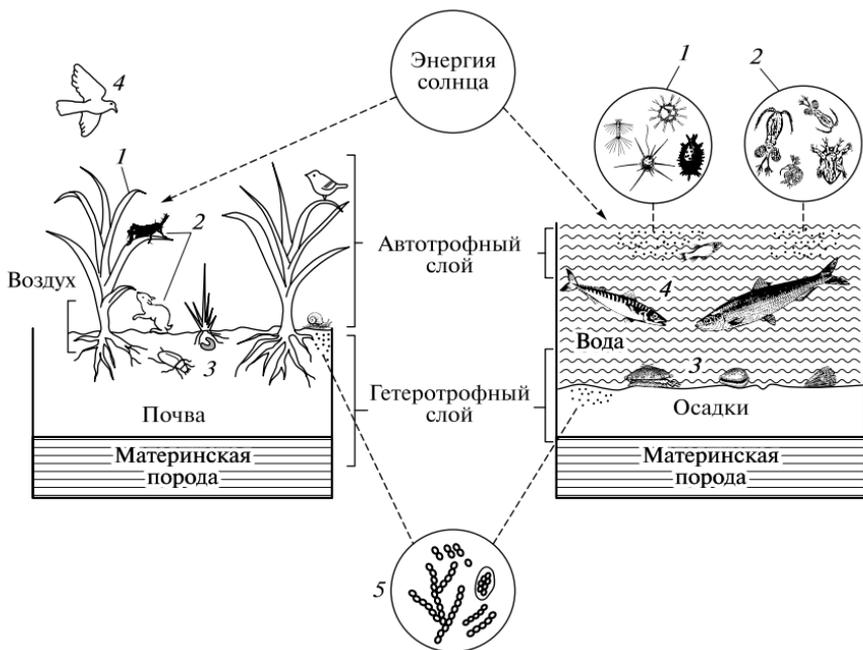


Рис. 1.9. Сравнение наземной и водной экосистем (по Ю.Одуму, 1986, с изм.):

1 — продуценты; 2 — консументы первого порядка; 3 — консументы-детритофаги; 4 — консументы-хищники; 5 — редуценты

Функционирование наземных и водных экосистем сходно, но их составляют совершенно разные виды (см. рис. 1.9). На лугу продуценты представлены травами, а в водной экосистеме — фитопланктоном. Консументы первого порядка (т. е. потребители продуцентов) на лугу представлены многочисленными насекомыми, моллюсками и млекопитающими, в водной экосистеме — зоопланктоном. Следующее звено в пищевой цепи — детритофаги. Хищники на лугу нападают, главным образом, на растительноядных животных, тогда как основную долю рациона рыб в воде составляют донные беспозвоночные. Замыкают пищевую цепь редуценты — бактерии и грибы, приуроченные к почве и донным осадкам.

Экосистемный подход позволяет сравнивать экосистемы, обладающие сходной структурой и особенностями функционирования, несмотря на совершенно разный видовой состав, например сообщества разных биогеографических областей. Каждый вид образуется в одном, определенном месте земного шара, а затем расселяется, останавливаясь перед естественными преградами, такими как морские проливы, горные цепи и т.п. Однако всюду, где независимо от гео-

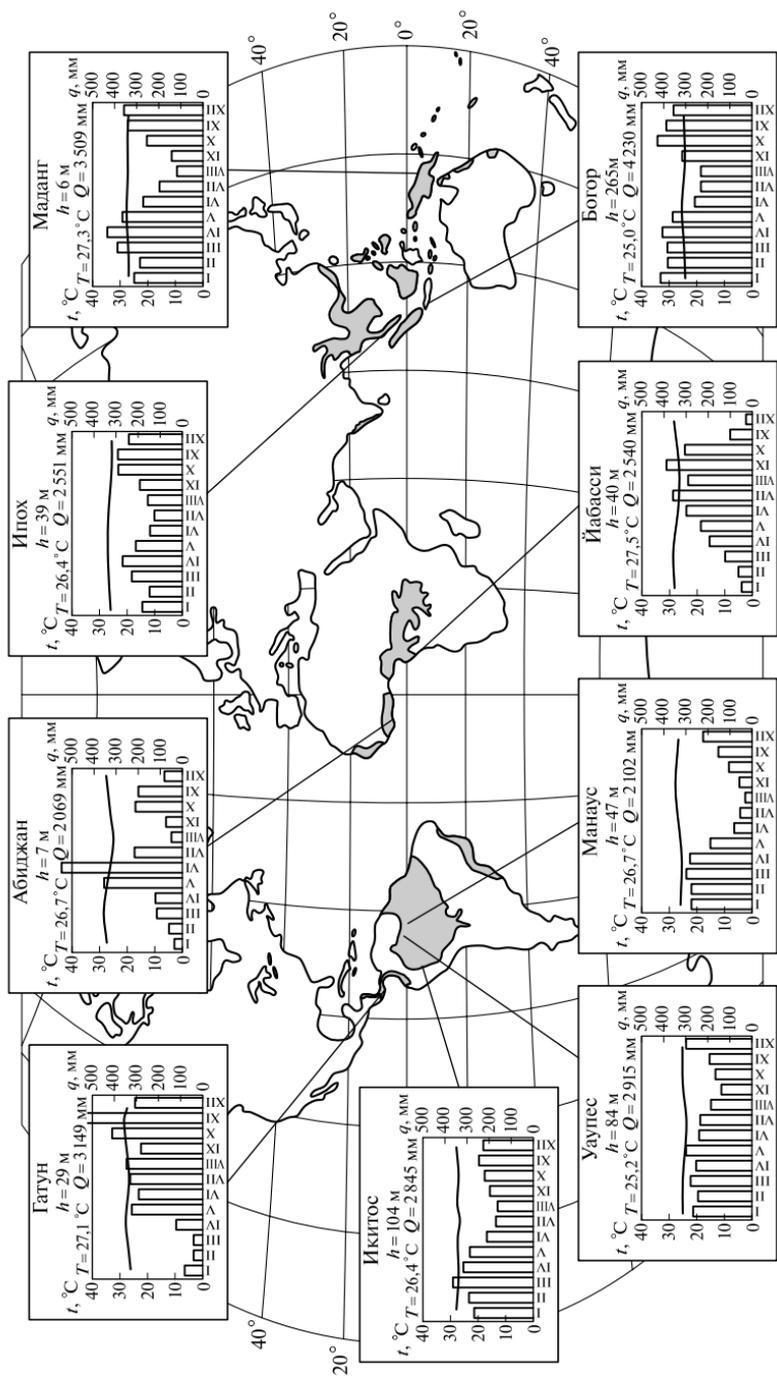


Рис. 1.10. Климатические характеристики тропических лесов в разных частях света:

$h$  — высота над уровнем моря;  $T$  — среднегодовая температура;  $t$  — среднемесячная температура (показана линией);  $Q$  — годовая норма осадков;  $q$  — среднемесячная норма осадков (показана столбиками); I — XII — месяцы

графического положения физическая среда одинакова, развиваются сходные экосистемы. Эквивалентные экологические ниши занимают биологические группы, которые имеются в фауне и флоре данной области. Так, тропические дождевые леса в Южной Америке, Африке и Азии представляют собой один и тот же тип экосистемы. Развитие таких экосистем в тропической зоне определяется сходством условий (рис. 1.10), но в то же время на фоне практически одинаковой физической среды биотические сообщества в каждом из регионов формируются за счет местной фауны и флоры. Степной биом развивается во всех областях со степным климатом, но виды злаков и травоядных животных могут быть различными.

**Разнообразие ландшафтов.** Одна из составных частей природной среды — рельеф земной поверхности, существующий в своей непрерывной изменчивости на границе трех природных оболочек, или сфер, планеты: земной коры (литосферы), атмосферы и гидросферы.

Каждый крупный ландшафт Земли представляет собой сложный комплекс неживой природы и растительности, имеющий свой неповторимый характер. Частью этого комплекса является человек.

Чем разнообразнее условия окружающей среды в данном регионе, чем больше времени в распоряжении обитающих в нем организмов для эволюционных преобразований, тем богаче их видовой состав. Рельеф и геологическое строение могут создать разнообразие условий в пределах областей с однородным климатом. В холмистой местности наклон и экспонированность поверхности определяют температуру и содержание влаги в почве. На крутых склонах почва хорошо дренируется, что нередко приводит к недостатку влаги для растений, хотя в близлежащих низинных местах почва насыщена влагой. В аридных областях в поймах и по руслам рек часто можно видеть хорошо развитые лесные сообщества, резко контрастирующие с окружающей пустынной растительностью. На теплых и сухих склонах холма, обращенных на юг, растут иные древесные породы, чем на холодных и влажных северных.

Холмистый рельеф часто ассоциируется с красотой ландшафта, что означает соседство богатых и разнообразных сообществ. В этом одна из причин рекреационной привлекательности гор или берегов водоемов.

Всякий ландшафт на земном шаре претерпевает изменения под действием климатических условий. Огромно влияние на ландшафты растительного мира. Ландшафты во всем их разнообразии формировались на протяжении многих тысячелетий и в результате деятельности человека. Они непрерывно изменяются благодаря постоянным поискам эффективных форм землепользования и добычи полезных ископаемых. Человек строит города и прокладывает дороги. Таким образом, ландшафты состоят из природных и культурных элементов.