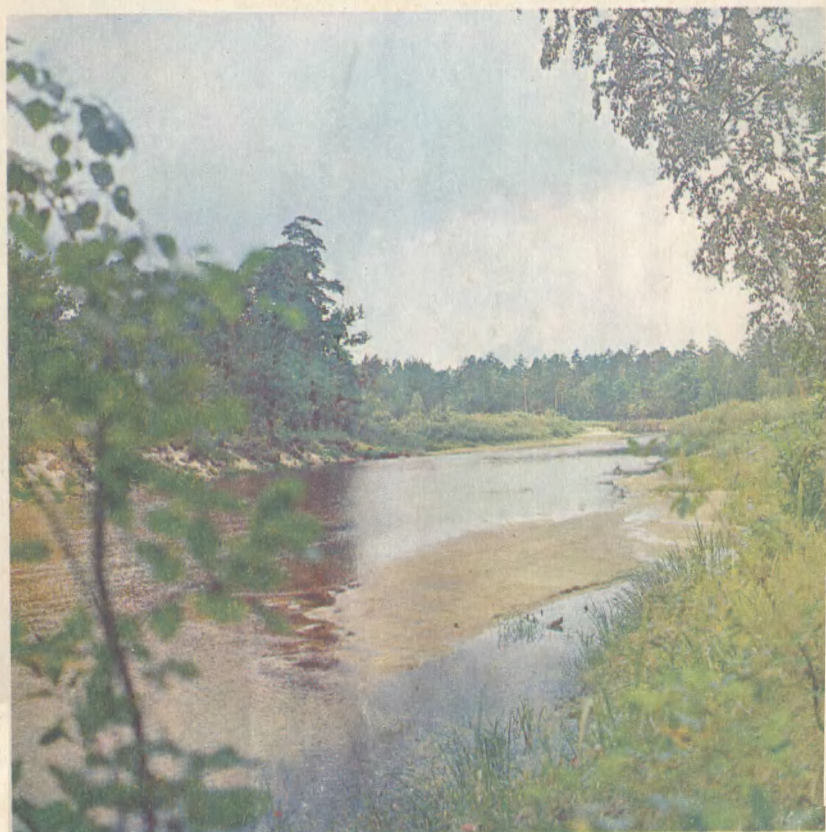


МР
И
знаний

Р.Ш. КАШАПОВ

Живая оболочка Земли



М И Р З Н А Н И Й

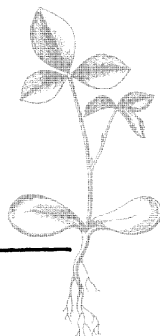
Р.Ш. КАШАПОВ

Живая оболочка Земли

Книга для внеклассного чтения

V—VIII классов

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1984



Scan AAW

ББК 28.08
К31

Рецензенты: кандидат географических наук *Н. Н. Дроздов*; учитель школы № 53 Ногинского р-на Московской области *И. В. Семенов*.

Кашапов Р. Ш.
К31 Живая оболочка Земли: Кн. для внеклас. чтения V—VIII кл.— М.: Просвещение, 1984.— 96 с., ил.— (Мир знаний).

Книга знакомит учащихся с общими закономерностями распространения организмов и биологических комплексов, показывает их размещение в пределах географических зон, раскрывает сложные и многообразные взаимосвязи и взаимозависимости в природе. Много внимания уделено актуальным вопросам охраны природы, воспитанию у учащихся научного подхода к рациональному природопользованию и сохранению биологических ресурсов.

К 4306020900-413
103 (03)—84—240—84

ББК 28.08
57.026

Введение

Коммунистическая партия Советского Союза, Советское государство всегда уделяли большое внимание вопросам охраны природы. С особой остротой этот вопрос был поставлен на XXVI съезде КПСС. В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» указывается на необходимость проведения работ по охране и рекультивации почв, комплексному использованию полезных ископаемых, охраны и рационального использования водных ресурсов, растительного покрова, разработки мер по предотвращению загрязнения окружающей среды и т. д. В решениях съезда отражена одна из важнейших проблем XX в. — проблема взаимоотношения человека и природы. Возникла она давно, но именно в наш век приняла острейший характер и широкие масштабы. В чем же она заключается и каковы причины ее возникновения и обострения?

Человеку необходим воздух, чтобы дышать, вода и пища, чтобы утолять жажду и голод, жилище и многое другое. Все это он находит в природе в уже готовом к использованию виде или должен сначала перерабатывать природные материалы, чтобы получить необходимый продукт.

На заре истории человечества потребности людей были немногочисленными и ограничивались в основном необходимостью утолить голод и жажду и иметь примитивное жилье и одежду. Эти потребности удовлетворялись за счет использования биологических ресурсов ¹.

¹Ресурсы или природные ресурсы — виды вещества и энергии, являющиеся средствами существования человеческого общества и используемые в хозяйстве. Это климатические условия, почвы, полезные дикие растения, животные, минеральное сырье, вода, воздух и т. д.

По мере развития общества запросы людей становились более разносторонними, возрастала численность населения; возникла и быстро развивалась промышленность. Соответственно постепенно расширился и круг используемых природных ресурсов: разнообразнейшие полезные ископаемые, почвы и т. д., резко возросла интенсивность эксплуатации биологических ресурсов.

С установлением господства капиталистического способа производства использование всех видов ресурсов приняло огромный размах. Так, почти полностью были распаханы прерии Северной Америки и степи Евразии, вырубались леса на огромных площадях, вылавливались ценные виды промысловых наземных и морских животных. При этом это носило характер безудержного хищнического растраниживания природных богатств, что с особенной отчетливостью проявилось в использовании животных. Достаточно сказать, что один из видов животных — стеллера, или морская корова — был уничтожен буквально на глазах одного поколения людей. Морскую корову впервые описал в 1741 г. у Командорских островов член экспедиции В. Беринга Георг Стеллер. Это были огромные морские животные, достигавшие массы 3,5 т. Морские коровы питались исключительно водорослями и поэтому постоянно держались у берега. Русские промышленники, которые вскоре после открытия хлынули в эти края, охотились на этих животных ради их вкусного мяса. Началось настоящее истребление животных, которое закончилось тем, что уже в 1768 г., т. е. спустя всего 27 лет после того, как вид стал известен науке, был уничтожен последний экземпляр. Сейчас о внешнем облике этого животного мы можем судить только по рисункам, сделанным еще рукой его первооткрывателя — Георга Стеллера.

Аналогичный подход господствовал во всех сферах взаимоотношений общества с природой: человек выступал по отношению к природе как неразумный потребитель, видел в ней только объект безудержной эксплуатации.

Любой живой организм в процессе жизнедеятельности берет из окружающей среды одни вещества и выделяет другие в виде различных отходов. Таким образом осуществляется так называемый обмен веществ между организмом и средой. Обмен веществ — неперемнное условие существования всех без исключения живых организмов. Это также обязательное условие жизнедеятельности каждого человека и общества в целом.

Обмен веществ общество — среда заключается в изъятии из нее человеком различных природных ресурсов и выделении в окружающую же среду отходов, получившихся в результате его хозяйственной деятельности, а также продуктов жизнедеятельности самих людей. Все эти отходы сбрасываются в реки, моря, атмосферу, на поверхность почвы. В подавляющем большинстве случаев они являются ядовитыми. Первоначально, когда человечество было относительно малочисленным, а промышленность находилась в зачаточном состоянии, деятельность людей заметным образом не влияла на природные процессы: чаще всего урон, наносимый природе, успевал нейтрализоваться естественным путем. По мере роста технической вооруженности человечества рос и масштаб его воздействия на природу, защитные силы природы «работали» на пределе своих возможностей, однако в целом еще она справлялась с возросшей нагрузкой.

Научно-техническая революция XX в. колоссально увеличила могущество человека и привела к резкому усилению влияния на природу. Его деятельность приняла глобальные масштабы и по мощности сравнялась с некоторыми природными процессами. Например, подсчитано, что сейчас при обработке почвы сельскохозяйственными орудиями ежегодно перемещается объем почвы, который в три раза превышает объем вулканических выбросов за тот же период. В то же время появились заметные признаки ухудшения окружающей среды: обмелели многие прежде полноводные реки, исчезли с лица Земли некоторые виды животных и растений¹, в пустынях пришли в движение пески, в степных районах стали очень часто возникать почти неизвестные ранее пыльные бури и, по некоторым данным, в отдельных районах Земли нарушился ход метеорологических процессов.

Исследования ученых показали, что все это результат бесхозяйственного отношения к природе. Живая оболочка Земли — биосфера включает населенные организмами части других ее оболочек: литосферы, атмосферы и гидросферы. В целом все компоненты², составляющие биосферу,

¹По данным международного союза по охране природы, за период с 1600 г. до наших дней по вине человека на Земле исчезло более 45 видов млекопитающих и 80 видов птиц.

² Компоненты биосферы — это все, что входит в ее состав: растительность, животный мир, почвы и подпочвенные слои, воды и суши Мирового океана, нижние слои атмосферы, заселенные живыми организмами.

находятся в теснейшей взаимосвязи и взаимообусловлены. Любое достаточно сильное воздействие, изменяющее состояние одного из его компонентов, непременно приводит к изменению и других. С этой точки зрения стало ясно, что причина неблагоприятных изменений окружающей среды заключается в одностороннем подходе к ней, в игнорировании ее закономерностей. Например, сплошная распашка степей и прерий явилась причиной широкого развития ветровой эрозии почв и возникновения пыльных бурь. На повестку дня встал вопрос о рациональном использовании природных ресурсов и их охране. Потребовалось научиться предсказывать (прогнозировать) последствия хозяйственной деятельности. Зная, например, что строительство крупного водохранилища в данном районе приведет к заболачиванию больших территорий, закроет доступ к нерестилищам ценным породам рыб, вызовет обмеление водоема, куда впадает река, на которой предполагается строительство; словом, зная, что осуществление проекта принесет природе большой ущерб, можно или совсем отказаться от него, или выбрать более подходящий с этой точки зрения вариант.

Так было, например, когда был предложен проект перегородить реку Обь недалеко от устья плотиной и построить гигантскую ГЭС. После тщательного изучения природных условий Западной Сибири и возможных их изменений после завершения строительства ученые пришли к выводу, что строить ГЭС в этом районе нельзя. Они доказали, что Обское море, которое возникнет здесь, девять месяцев в году будет сковано льдом, а это равносильно тому, что Северный Ледовитый океан продвинулся бы на сотни километров к югу; так же далеко к югу сместилась бы и граница тундры. Водоохранилище залило бы миллионы гектаров лесов и еще миллионы гектаров подтопило, исчезли бы мелководья — места нагула ценных пород рыб — «рыбы столовые». Таким образом, оказалось, что выгода от гидроэлектростанции не окупила бы ущерба, нанесенного ухудшением природных условий громадной территории. После открытия нефтяных и газовых месторождений Тюменской области стало ясно, что осуществление проекта сильно затруднило бы также и их эксплуатацию. Проект был отклонен.

В нашей стране проблема охраны природы и рационального использования ее ресурсов является задачей общегосударственного значения. Не случайно важность

этой задачи была подчеркнута на XXVI съезде КПСС. Охрана природы является обязанностью каждого советского человека. Статья 67 Конституции СССР гласит: «Граждане СССР обязаны беречь природу, охранять ее богатства».

Воспитание у советских людей бережного, хозяйского отношения к природе и к ее богатствам должно сочетаться с повышением общего уровня знаний о биосфере, ее структуре и закономерностях, управляющих жизнью. Основная роль в этом отводится школе.

В школьных учебниках биологии и географии даются начальные сведения о взаимоотношениях организмов и среды, человека и природы, а также приводятся данные о географическом распространении некоторых животных и растений. Для желающих более подробно ознакомиться с основами учения о биосфере необходима литература для дополнительного чтения, где более полно были бы изложены основы этой науки. Однако литературы, специально написанной для школьников, сейчас издается очень мало. Автор поставил перед собой задачу хотя бы частично восполнить существующий пробел и дать учащимся пособие, которое помогло бы им получить более углубленное и систематизированное представление об учении о биосфере.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОНЯТИЯ УЧЕНИЯ О БИОСФЕРЕ

Впервые термин «биосфера» ввел в научный обиход великий натуралист и мыслитель *Жан Батист Ламарк* (1744—1829).

В 1875 г. *Э. Зюсс* ввел это понятие в науку повторно. Занимаясь вопросами геологии, он обратил внимание на значение живого вещества¹ в строении земной коры и использовал термин «биосфера», подразумевая ее как особую оболочку земной коры, охваченную жизнью.

Советский ученый, академик *Владимир Иванович Вернадский* (1863—1945) заложил основы учения о биосфере. В результате его работ учение о биосфере оформилось как новое научное направление. До появления работ В. И. Вернадского роль живых организмов на Земле представлялась ученым очень скромной. Действительно, казалось бы, какое может быть сравнение последствий их жизнедеятельности с мощностью внутренних сил планеты, вздымающих высочайшие горы, разверзающих океанские пучины, перемещающих целые континенты.

В. И. Вернадский доказал, что, как бы слаб ни был каждый организм в отдельности, все они, вместе взятые, на протяжении длительного отрезка времени выступают как мощный геологический фактор, играющий существенную роль в жизни нашей планеты. Геологическая деятельность живых организмов проявляется как следствие следующих их особенностей: они теснейшим образом связаны с окружающей средой и взаимодействуют с ней в процессе обмена веществом и энергией; обмен веществ организ-

¹ Живое вещество или живая материя — это все разнообразие живых организмов, обитающих на Земле.

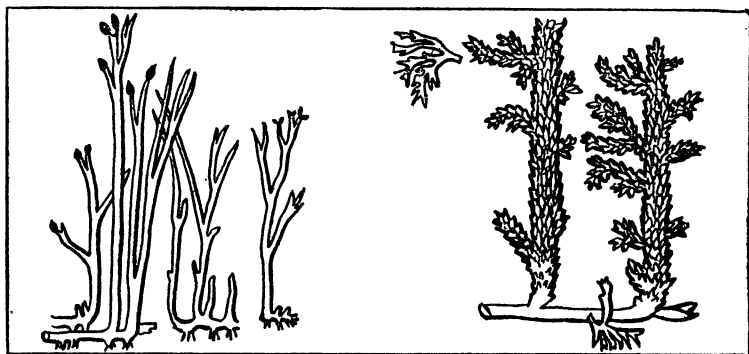


Рис. 1. Предполагаемый облик первых растений на Земле — псилофитов. Обратите внимание на отсутствие у них корней.

мов со средой осуществляется в процессе биологического круговорота; суммарный эффект результатов деятельности организмов проявляется на протяжении очень длительных (сотен миллионов лет) отрезков времени. Таким образом, приоритет в разработке теоретических основ учения о биосфере принадлежит советским ученым.

В современном понимании биосфера — это очень сложно устроенная внешняя оболочка Земли, населенная живыми организмами. Она качественно отличается от других ее оболочек, поскольку именно в пределах биосферы осуществляется геологическая деятельность живых организмов: растений, животных, микроорганизмов.

По определениям ученых, возраст Земли равен приблизительно 5 млрд. лет. Наиболее древние следы живых организмов найдены в Южной Африке (Восточный Трансвааль), в толще горных пород, возраст которых равен 3,2 млрд. лет. Эти организмы напоминали современных нитчатых бактерий. Ученые даже дали им название — эобактериум изолятам. Таким образом, можно считать, что биосфера Земли возникла около трех миллиардов лет назад.

Наземные организмы появились около 400 млн. лет назад. Это были первые примитивные растения (рис. 1). С появлением на суше живых организмов и возникновением растений начинается важнейший этап в истории развития биосферы. С этого периода началось их быстрое распространение по планете, и в настоящее время Землю населяет огромное количество разнообразнейших растительных и животных организмов (см. табл.).

О РОЛИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В БИОСФЕРЕ

В. И. Вернадский, изучая историю минералов, законы миграции химических элементов в земной коре, обратил внимание на огромную роль живого вещества в геохимических¹ процессах, происходящих на Земле.

Живые организмы в процессе жизнедеятельности берут из окружающей среды необходимые им вещества и выделяют продукты уже иного состава. Таким образом они активно воздействуют на среду обитания. Выше мы говорили, что очень важным этапом в истории биосферы было возникновение живых организмов на суше и появление зеленых растений. В чем это заключается?

Как известно, растения в процессе фотосинтеза поглощают углекислый газ и воду, используя энергию Солнца,

Т а б л и ц а

Число основных типов растений и животных
(по П. П. Второву и Н. Н. Дроздову, 1974)

Название типа организмов	Приблизительное число видов	Название типа организмов	Приблизительное число видов
Зеленые водоросли	6000	Простейшие	30 000
Диатомовые водоросли	10 000	Губки	5000
Бурые водоросли	1000	Кишечнополостные	9000
Красные водоросли	2500	Плоские черви	6000
Сине-зеленые водоросли	1500	Круглые черви	10 000
Бактерии	5000	Кольчатые черви	7000
Грибы	70 000	Мшанки	3000
Лишайники	30 000	Моллюски	108 000
Мохообразные	25 000	Членистоногие без насекомых	70 000
Плаунообразные	1000	Насекомые	1 000 000
Папоротники	9000	Иглокожие	6000
Голосемянные	1000	Позвоночные	35 000
Покрытосемянные	25 000		
Всего растений	412 000	Всего животных	1 289 000
Общее количество видов организмов		1 701 000	

¹Геохимические процессы изучает геохимия — наука о химическом составе, о законах распространения и перемещения химических элементов на Земле.

синтезируют органические соединения из неорганических. Свободный кислород, который при этом образуется, выбрасывается в атмосферу как ненужный продукт реакции. Постепенно кислород накапливался, и в результате на Земле сформировалась современная атмосфера. И сейчас зеленый покров планеты является единственным источником свободного кислорода и регулятором газового состава атмосферы — он поддерживает неизменное содержание кислорода (20,95 %).

Живые организмы активно воздействуют на литосферу. Так, огромные массивы карбонатных пород есть результат жизнедеятельности организмов, живших в морях в давно минувшие геологические эпохи. Многие организмы забирают из воды растворенную углекислоту и используют ее для построения известкового скелета. После отмирания этих организмов панцири или скелеты опускаются на дно. Скапливаясь на протяжении миллионов лет, панцири образовали мощные толщи известняков. Знаменитые стерлитамакские шиханы¹ в Башкирии тоже результат жизнедеятельности морских организмов. Залежи каменного угля, болотной руды, горючих сланцев и других тоже имеют биогенное происхождение.

Почвенный покров Земли тоже возник в результате жизнедеятельности организмов: минеральные соединения, которые растения берут из почвы, после их отмирания возвращаются в почву, но уже в составе сложных органических веществ. Часть этих соединений проходит более сложный путь, так как от растений переходит в организмы животных. Но и эта часть в конце концов возвращается в почву после гибели животных. Органические вещества погибших растительных и животных остатков вступают в разнообразные реакции с частичками горных пород, образуя сложные органо-минеральные соединения, так называемый почвенный гумус.

Живое вещество активно воздействует также и на водную оболочку планеты. Это видно хотя бы из того, что часть воды, попавшей в растения, разлагается на кислород и водород; водород используется для синтеза органических веществ, а кислород выбрасывается как ненужный про-

¹Шиханы — одиночные горы высотой 150—200 м, расположенные в долине реки Белой (Башкирская АССР), представляющие собой остатки коралловых рифов морей, некогда занимавших данную территорию.

дукт. Таким образом, за весь период существования зеленых растений, как подсчитали ученые, вся вода гидросферы прошла многократный цикл разложения в растениях.

БИОСФЕРА И ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОБОЛОЧКА

В целом признаки влияния жизни заметны в масштабах всей планеты, начиная с верхней границы тропосферы (на высоте 8—16 км) и до нижней границы осадочных отложений: в литосфере (до глубины 2—3 км) и на дне самых глубоких впадин океана, т. е. в слое общей мощностью около 20—30 км. Это и есть собственно биосфера.

Географическую оболочку определяют как особую оболочку, где контактируют и тесно взаимодействуют все четыре сферы Земли: верхние слои литосферы, вся гидросфера, нижняя часть атмосферы (тропосфера) и биосфера. Но ведь и биосферу, как мы только что убедились, определяют точно таким же образом. Следовательно, понятия географической оболочки и биосферы по существу совпадают.

Основная масса организмов сконцентрирована в самом нижнем слое тропосферы и в самом верхнем слое земной коры. Здесь происходят наиболее активные взаимодействия организмов с горными породами, водами и воздухом. В морях и океанах тоже наиболее плотно заселен самый верхний слой воды, примерно до глубины 200 м. Таким образом, область концентрации жизни представляет собой по сравнению с размерами Земли очень тонкую пленку на ее поверхности. Здесь совершаются сложнейшие процессы взаимодействия живой и неживой материи. Этот тонкий, наиболее деятельный слой биосферы называют ландшафтной сферой.

Географическая оболочка представляет собой не однородную тонкую пленку на поверхности Земли, она имеет скорее пятнистое, или, как говорят, мозаичное, строение. Чтобы понять это, достаточно мысленно сравнить различные ее части, например зону степей и зону лесов: ясно, что они сильно различаются между собой. Однако каждая из этих зон также внутренне неоднородна: например, лесная зона включает леса широколиственные, еловые, елово-пихтовые, пихтовые, лиственничные, кедровые и др. Если же теперь внимательно рассмотреть только широколиственные леса, то и тут мы обнаружим, что и они не

езде одинаковы. Широколиственные леса Украины значительно отличаются от широколиственных лесов Предуралья или Дальнего Востока. На Украине встречаются и почти чистые буковые леса, и леса, состоящие только из дуба. Широколиственные леса Предуралья образованы липой, кленом, дубом и другими видами. Имеются также значительные различия и в составе кустарников и травянистых растений.

Даже если взять совсем маленький участок леса, то и там можно увидеть, что он в разных местах имеет заметные различия. Пойдите в соседний лес, пересекайте его в разных направлениях, внимательно изучите состав древесных пород, кустарников, травянистых растений, и вы сможете убедиться, что действительно это так. Например, если участок леса расположен на склоне холма, то в нижней его части, в долине лесного ручья, будет много ольхи, ив, но совершенно отсутствует дуб и почти нет липы; среди травянистых растений много любителей сырых затененных мест: осоки, гравилат, дудник и др., из кустарников — черемуха, калина, ива, смородина. Пovyше по склону — в древостое появятся липа, осина, клен, береза, дуб, а ива, смородина, черемуха исчезнут. Состав травянистых растений тоже изменится. В верхних частях склона и на вершине увеличится участие дуба, довольно часто будут встречаться заросли лещины, особенно на более открытых участках.

Если вы еще и вооружитесь лопатой и выкопаете ямы глубиной 0,8—1 м в нижней, средней частях склона или на вершине холма, то найдете довольно большие различия и в почвенном покрове. Во-первых, обнаружится, что слой гумуса наиболее тонок на вершине и наиболее глубок в нижней части склона; во-вторых, обнаружатся различия в цвете этого слоя — внизу он темный, почти черный, вверху намного светлее (это, как известно, указывает на различное содержание гумуса); в-третьих, вы сможете убедиться, что отличается и влажность почвы: чем выше по склону, тем суше почва.

Теперь, если походить вдоль склона, также внимательно осматривая лес, то опять-таки можно найти некоторые различия. Но они будут уже не столь заметными. В нижней части склона будут встречаться липа, ольха, черемуха, калина, ивы. Все различия заключаются в основном в том, что где-то окажется больше ольхи и меньше липы, в другом месте чаще будет встречаться черемуха, а ива — реже.

В целом условно можно сказать, что здесь участок леса однороден. Такой же вывод правомерен и относительно других участков леса.

В данном примере мы говорили о лесной растительности, но в наших рассуждениях ничего не изменится, если мы будем рассматривать степную территорию, луг и т. д. И здесь мы обнаружили бы, что растительность и почвы на разных элементах рельефа имеют существенные различия, а на однородных элементах эти различия менее выражены. Такие наиболее мелкие элементы «мозаики», из которых сложена вся «картина» географической оболочки, называются биогеоценозами.

БИОГЕОЦЕНОЗЫ, ЭКОСИСТЕМЫ, БИОМАССА

Академик *Владимир Николаевич Сукачев* сформулировал понятие о биогеоценозах. Он же разработал основные положения нового направления в науке о биосфере — биогеоценологии.

Биогеоценозами В. Н. Сукачев называл участки земной поверхности, относительно однородные по составу растительности (фитоценоз), животного населения (зооценоз), микроорганизмов (микробоценоз), строению почвенного покрова, горных пород, лежащих непосредственно под почвенным покровом, климатических условий и увлажнения. Все это компоненты биогеоценоза. Растительность, животное население и микроорганизмы объединяются под общим названием — биоценоз (рис. 2), а участок земной поверхности, который занимает данный биоценоз, носит название биотопа или экотопа. Таким образом, биогеоценоз — это биоценоз и биотоп, вместе взятые.

Биоценоз активно взаимодействует со средой обитания — биотопом. Растения берут из почвы воду и растворенные в ней минеральные вещества, а сами обогащают ее органическими веществами, из воздуха берут углекислый газ и выделяют в атмосферу кислород, увлажняют воздух в результате транспирации воды; дождевой червь питается органическими веществами почвы, а сам разрыхляет ее, удобряет своими экскрементами и улучшает ее структуру.

Все организмы, входящие в состав биоценозов, связаны друг с другом пищевыми и конкурентными отношениями из-за мест для гнездования и др. Следовательно, биогеоценоз — это не просто совокупность растений, животных и микроорганизмов, совместно занимающих опре-

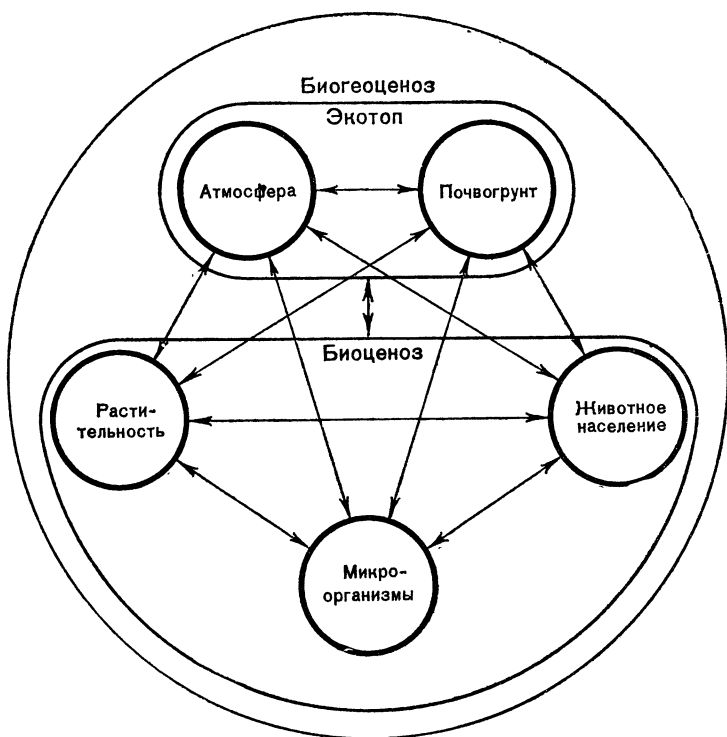


Рис. 2. Схематическое изображение структуры биогеоценоза (по акад. В. Н. Сукачеву).

деленный участок земной поверхности, а совокупность организмов, энергично взаимодействующих друг с другом.

В настоящее время широко применяется термин «экосистема». Термины «экосистема» и «биогеоценоз», вообще говоря, почти однозначны. Различия заключаются в следующем. Биогеоценоз означает конкретный участок земной поверхности, занятый определенным растительным сообществом с характерным населением животных и микроорганизмов, с определенным типом почвы, условий увлажнения и т. д. Каждый биогеоценоз отделяется от других границами.

Границами биогеоценозов являются границы растительных сообществ. Так, например, лесостепная территория предстает сложной множеством лесных, степных и луговых биогеоценозов.

При экосистемном подходе каждый лесной, степной и луговой участок можно было бы рассматривать как отдельную экосистему. В то же время и вся лесостепная зона есть также экосистема. Вся биосфера тоже есть одна экосистема. Таким образом, экосистема в отличие от биогеоценоза не связывается с каким-либо ограниченным участком земной поверхности. Это понятие более широкое, чем биогеоценоз.

Американский эколог *Юджин Одум* приводит такие примеры экосистем: озеро, лесной массив или степная территория со всеми их обитателями, аквариум с рыбками, моллюсками и растениями, космический корабль с космонавтами и всем необходимым для их существования.

В биогеографии, экологии и некоторых других науках широко применяется термин «популяция». Популяция — это совокупность особей, принадлежащих к одному виду и обитающих совместно на данной территории. Так, все бурые медведи, обитающие в лесах Южного Урала, образуют одну популяцию; все щуки, живущие в одном озере, или все караси этого же озера образуют популяцию карасей и щук данного озера. Воробьи, живущие, например, в вашей деревне, входят в популяцию воробьев этой деревни.

Очень важной характеристикой экосистем являются биомасса, или биологическая масса, и продукция. Биомасса — это суммарная масса организмов данной экосистемы на единице площади (на квадратном метре, на гектаре и т. д.). Различают фитомассу, или биомассу, фотосинтезирующих растений и биомассу других организмов, например биомассу хищников, биомассу травоядных животных и др.

В процессе жизнедеятельности организмы растут и размножаются. В результате этого происходит увеличение биомассы. Если определить прирост биомассы на единице площади за единицу времени, то тем самым мы определим продукцию биомассы, или просто продуктивность, например продуктивность луговых растений и т. д.

Разные экосистемы сильно отличаются друг от друга и по биомассе, и по продуктивности. Так, по данным советского ученого *А. М. Рябчикова*, биомасса тропических лесов равна 500 т/га сухой массы, лесов умеренных широт — 300, степей, лугов, саванн, болот — 30, растительности полупустынь, пустынь, тундр и высокогорий — 10, водной растительности озер, рек, водохранилищ — 0,2 т/га, а

продуктивность — 30, 10, 9, 2 и 5 соответственно. Продукцию растений еще называют и первичной продукцией.

Биомасса, синтезированная растениями, расходуется по трем направлениям:

а) используется самими растениями на дыхание;

б) потребляется животными, питающимися зелеными растениями;

в) оставшиеся растения отмирают и опадают на землю, образуя растительный опад.

В экосистемах биомасса растений используется другими организмами на поддержание жизнедеятельности в процессе передачи по пищевым цепям.

ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ

Организмы, входящие в состав экосистем, связаны друг с другом пищевыми отношениями. По типу питания различают следующие группы организмов:

1. *Автотрофы* (их еще называют продуцентами). Это зеленые растения, создающие в процессе фотосинтеза органические вещества. За это и называли их продуцентами. Продуценты — аккумуляторы солнечной энергии.

2. *Гетеротрофы*. Эти организмы не способны сами создавать органические вещества, они живут за счет использования органических веществ, а вместе с органическими веществами и энергией, заключенной в них, синтезированных автотрофами (продуцентами). Заяц, волк, воробей, бабочка, порхающая над лугом в теплый летний день, многочисленные насекомые и, наконец, человек — все это примеры гетеротрофов.

3. *Редуценты*. Они тоже сами не создают органических веществ, а живут за счет энергии, полученной при разложении остатков мертвых растений и животных. Это в основном многочисленные микроорганизмы, грибы.

Рассмотрим простейшую пищевую цепь экосистемы широколиственного леса: растение — заяц — лиса. Первое звено цепи — растение — называется уровнем автотрофов или продуцентов, второе звено, в нашем примере заяц, — это уровень травоядных животных (гетеротрофов), и третье звено — лисица, хищник первого порядка (тоже гетеротроф). В более длинных пищевых цепях могут быть хищники второго и даже третьего порядка. В таких пищевых цепях хищник первого порядка служит пищей хищнику второго порядка и в свою очередь сам является пи-

щей хищника третьего порядка и т. д. Однако в природе нет очень длинных пищевых цепей, и самая длинная пищевая цепь состоит не более чем из пяти звеньев. Почему это так, мы узнаем позже.

В приведенном выше примере цепи питания последнее ее звено¹ — лисица — получает необходимые ему вещества, поедая зайца, а заяц получает необходимые ему вещества, поедая растения. Биомасса растений создается, как мы знаем, из неорганических веществ в процессе фотосинтеза. Таким образом, и заяц, и лисица в конечном счете живут исключительно за счет растений.

О ПИРАМИДЕ БИОМАСС И ПИРАМИДЕ ЭНЕРГИЙ

Исследованиями ученых установлено, что в наземных экосистемах только незначительная часть биомассы, потребленной животными, используется для создания собственной биомассы, т. е. для увеличения собственной массы. Эта величина для большинства животных не превышает 10 %. Таким образом, если заяц съел 10 кг растительной массы, то за счет этого его собственная масса увеличится только на 1 кг, а поедая 1 кг зайчатины, лисица увеличит свою массу только на 100 г, или на 0,01 от биомассы растений, съеденных зайцем. Если изобразить биомассы растений, зайца и лисицы графически, то мы получим так называемую пирамиду биомасс (рис. 3). Таким образом, при переходе от одного звена пищевой цепи к другому биомасса стремительно уменьшается. Уместен вопрос: а куда деваются остальные 90 % съеденной биомассы? Для того чтобы разобраться в этом, рассмотрим энергетическую сторону процессов, происходящих в пищевых цепях. Для этого сначала нам необходимо разобраться в сущности процессов фотосинтеза и окисления органических веществ.

Известно, что в процессе фотосинтеза в хлорофилловых зернах клеток листьев происходит образование органических веществ из неорганических соединений — воды и углекислого газа. Процесс этот эндотермический, т. е. идет с поглощением большого количества энергии, которая поступает в растения в виде видимых лучей Солнца. Поглощенная энергия аккумулируется в синтезированных со-

¹Во всех экосистемах начальным звеном цепей питания являются автотрофные растения, далее идут звенья, в состав которых входят гетеротрофы.

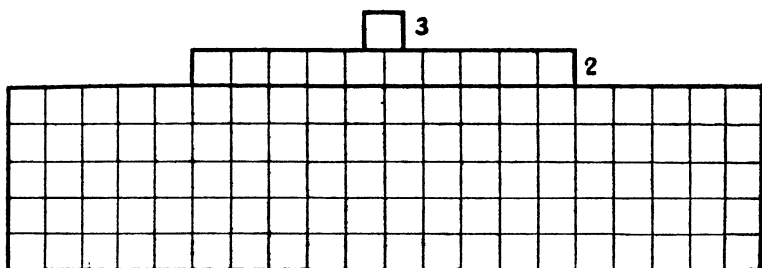
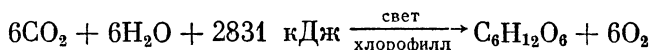


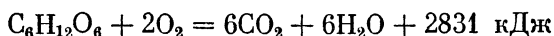
Рис. 3. Пирамида биомасс (схема выполнена с соблюдением масштаба):

1 — биомасса зеленых растений; 2 — биомасса растительноядных животных;
3 — биомасса хищных животных.

единениях в другой форме — в форме энергии химических связей. Процесс фотосинтеза выражается в общем виде формулой:



При разложении органических соединений на более простые аккумулированная энергия освобождается и выделяется в виде тепла. Так происходит, например, при горении органических веществ (дров, каменного угля, торфа и т. д.). Окисление органических веществ выражается общей формулой:



В организмах живых существ, как и при горении, сложные органические вещества подвергаются окислению, а выделившаяся при этом энергия тратится на движение, размножение, поддержание нормальной температуры тела и т. д., в конце концов она излучается в окружающее пространство в виде тепловых (инфракрасных) лучей. Поскольку инфракрасные лучи не улавливаются растениями, то эта энергия уходит безвозвратно в мировое пространство.

В пищевых цепях энергия переносится вместе с биомассой от одного звена к другому, и в каждом звене большая ее часть теряется в виде теплового излучения. Таким образом, в каждом звене уходит в среднем около 90 % всей энергии и только около 10 % задерживается в организме в виде химических связей вновь синтезированных органи-

ческих веществ. Следовательно, КПД организмов равен 10 %.

Растительоядные животные поедают не всю биомассу растений. Несъеденная часть отмирает и поступает в почву в виде опада. В почву поступают также трупы животных. В общей сложности вместе с опадом и трупами животных в почву переходит более 90 % запасов энергии, аккумулированной в органических веществах.

Опад и трупы животных, а также их экскременты перерабатываются целой «армадой» бактерий, грибов, почвенных беспозвоночных животных. Поскольку, как мы видели, если в опад переходит большая часть биомассы, то и роль организмов-редуцентов в жизни биосферы огромна.

Так, остатки растений перерабатывают различные бактерии, грибы, почвенные беспозвоночные; трупы животных перерабатывают некоторые представители млекопитающих (гиены, шакалы), птиц (стервятники, грифы, американские кондоры), личинки многочисленных мух (мясная муха и др.) и жуки. Все эти организмы объединяются в группу *некрофагов*. В переработке трупов принимает участие великое множество микроорганизмов.

Экскременты животных поедают в основном представители различных беспозвоночных: жуки-навозники, личинки мух и др., которые по типу их питания объединяют в группу *копрофагов*, или *калоедов*.

Общими усилиями всех этих организмов остатки растений и животных полностью перерабатываются, сложные, богатые энергией органические вещества при этом расщепляются до молекул CO_2 , H_2O и некоторых других простых веществ, содержащих мало связанной энергии. Они поступают затем в почву, атмосферу, воду и могут быть снова использованы растениями.

ПОТОК ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ БИОСФЕРУ

Выше мы видели, что растения улавливают энергию Солнца в форме видимых лучей и переводят ее в результате фотосинтетических процессов в энергию химических связей, затем она переходит в теплоту и излучается через поверхность тела животных в мировое пространство в форме инфракрасных лучей. Получается поток энергии через биосферу. Как видно, с момента прихода в биосферу она испытывает целый ряд превращений. Этот процесс

называется трансформацией энергии в биосфере. Энергия именно протекает через биосферу, а не совершает в ней круговорот. Вещество же в отличие от энергии совершает в биосфере непрерывный круговорот. Запомним этот важнейший момент. Только непрерывное поступление энергии Солнца на Землю обеспечивает нормальное функционирование биосферы.

Авторы книги «Рассказы о биосфере» П. П. Второв и Н. Н. Дроздов иллюстрируют роль потока энергии в круговороте веществ очень простым и наглядным примером. Объясняя роль энергии и круговорота веществ в жизненных процессах биосферы, они сравнивают их с водяным колесом и потоком воды. Колесо символизирует запасы вещества в биосфере: оно непрерывно крутится, оставаясь на месте и не изменяясь. То же самое происходит и с веществом биосферы: не изменяясь количественно, оно находится в состоянии непрерывного круговорота. Но колесо само по себе не будет вращаться, необходим постоянный поток воды. Вода, раз совершив работу, уходит и повторно не возвращается к колесу. Стоит прекратиться потоку воды — остановится и колесо. Поток энергии через биосферу играет точно такую же роль. Он «крутит колесо» круговорота веществ и обеспечивает тем самым существование и развитие биосферы. Стоит прекратиться потоку энергии — встанет и «колесо жизни» биосферы.

Количество поступающей энергии на разных широтах из-за шарообразности Земли неодинаково. Оно максимально в низких широтах и минимально в высоких. В субтропических и тропических поясах ежегодно поверхность Земли получает 220 ккал/см^2 , или 924 кДж/см^2 , тепла, а в полярных районах — около 70 ккал/см^2 , или 294 кДж/см^2 . Из этого количества только 0,5 % энергии запасается растительностью суши в виде чистой первичной продукции. Вот эти-то 0,5 % аккумулированной энергии и обеспечивают существование жизни на Земле, в том числе и нас с вами. Растительный покров — это огромный аккумулятор, который бесперебойно снабжает все организмы, живущие на Земле, энергией. А каким образом передается эта энергия в биосфере, мы видели, когда рассматривали пищевые цепи. Выше уже было отмечено, что в природе не может быть слишком длинных пищевых цепей. Почему же? Оказывается, слишком длинные пищевые цепи невыгодны с энергетической точки зрения. Поскольку только 10 % энергии, полученной со съеденной пищей, используется по

«прямому назначению», т. е. идет на синтез органических веществ в теле животного, то количество передаваемой энергии стремительно сокращается при переходе от низших звеньев цепи к высшим:

Звенья пищевой цепи	I	II	III	IV	V
Количество передаваемой энергии (в долях единицы)	1	0,1	0,01	0,001	0,0001

Таким образом, животное, находящееся в конце цепи, включающей пять звеньев, получит только 0,0001 часть энергии, аккумулированной растениями, и для поддержания его нормальной жизнедеятельности потребуется затратить громадное количество биомассы растений. Вот это и делает невозможным существование в природе экосистем с очень длинными пищевыми цепями.

КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ

В процессе жизнедеятельности все организмы находятся в постоянном и активном взаимодействии с окружающей средой. Суть этого взаимодействия заключается в обмене веществом и энергией. В целом в биосфере происходит непрерывный процесс созидания живого вещества и аккумуляции энергии и одновременно с этим разрушения сложных органических соединений и превращения их в исходные вещества: CO_2 , H_2O , H_2S , различные соли и т. д. Эти два процесса составляют сущность круговорота веществ, они неразделимы, и биосфера может существовать лишь при одновременном их протекании (рис. 4).

Как мы уже говорили, энергия протекает через биосферу, происходит непрерывающийся обмен энергией между Землей и космосом. Однако веществом Земля и космос не обмениваются. Вещество в пределах Земли совершает круговорот. Различают два круговорота — большой, или геологический, и малый (биологический). Причем только малый круговорот совершается в пределах биосферы, и поэтому мы не будем здесь рассматривать большой круговорот. Очень важным элементом круговорота является живое вещество, а «мотором», который «раскручивает колесо круговорота», является энергия Солнца.

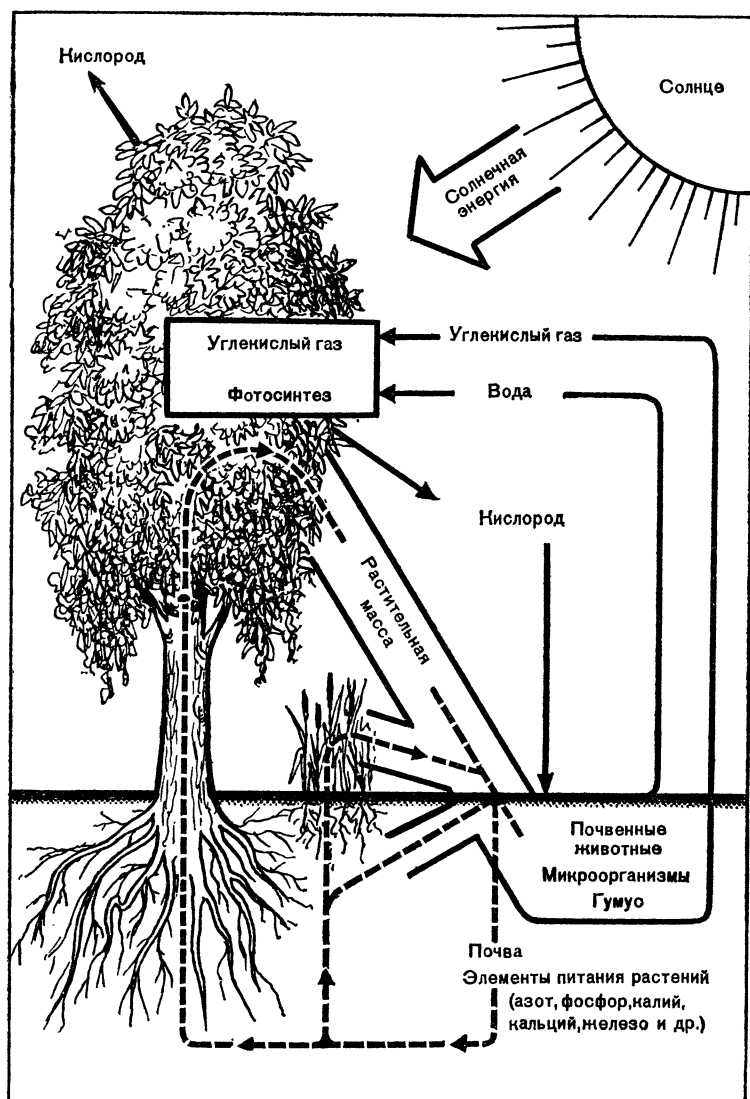


Рис. 4. Схематическое изображение биологического круговорота веществ на суше.

Никогда новый цикл круговорота не является точным повторением старого, но обязательно имеет что-то новое, пусть и очень малозаметное. Эти различия, постепенно накапливаясь с каждым новым циклом, приводят к заметным изменениям. Таким образом и происходит развитие биосферы. Как малозаметные изменения со временем накапливаются, мы увидим при рассмотрении, например, круговорота кислорода.

КРУГОВОРОТ КИСЛОРОДА

Земля — единственная планета солнечной системы, где имеется достаточно большое количество кислорода в свободном состоянии. Благодаря ему на нашей планете возможно существование жизни. Этот элемент является составной частью практически всех органических соединений: он составляет 70 % живого вещества. Растительный покров — единственный поставщик свободного кислорода на Земле: ежегодно в процессе фотосинтеза в атмосферу поступает, по приблизительным подсчетам, 430—470 млрд. т этого газа. Являясь сильнейшим окислителем, он расходуется в процессе разнообразнейших окислительных реакций.

Наиболее мощным потребителем кислорода являются живые организмы — почвенные организмы, животные, сами растения, которые используют его в процессе дыхания.

Следующим очень важным каналом расхода кислорода является хозяйственная деятельность человека. Человек тратит его в огромных количествах, сжигая топливо в двигателях тракторов, автомобилей, самолетов, кораблей, топках электростанций и т. д. Например, подсчитано, что автомобиль, проехавший 100 км, потребляет годовую норму кислорода одного человека. В общей сложности таким путем ежегодно потребляется около 10^{10} т кислорода. При сгорании топлива образуется много воды, которая в конечном счете попадает в растения и разлагается в результате фотосинтеза на атомарный кислород и атомарный водород. Освободившийся кислород выбрасывается как побочный продукт реакции в атмосферу, а водород используется для создания органических веществ. Так замыкается круговорот.

В главе о роли живых организмов в биосфере мы уже говорили, что возникновение растительного покрова при-

вело к формированию современной атмосферы. Как полагают ученые, более 300 млн. с лишним лет назад на Земле была очень развита растительность, во много раз мощнее современной (измененные остатки этой растительности сейчас находят, например, в виде месторождений каменного угля). Климат в то время был примерно такой, как сейчас в экваториальной зоне, т. е. теплый и влажный, и фотосинтез осуществлялся очень интенсивно. Кислород, поступающий при этом в атмосферу, конечно, как и сейчас, тратился в ходе различных окислительных процессов, но его поступало столько, что какая-то часть оставалась неизрасходованной. Таким образом, в результате каждого нового цикла круговорота кислорода в атмосферу его поступало несколько больше, чем расходовалось, и он постепенно накапливался. Одновременно уменьшалось содержание других газов, в частности углекислого газа, что в конечном счете привело к похолоданию климата. Почему же? Дело в том, что углекислый газ обладает способностью задерживать тепловое излучение Земли, обуславливая так называемый «парниковый эффект» атмосферы. Поскольку содержание CO_2 в атмосфере падает, то ослабляется и «парниковый эффект». В итоге, чем больше становилось в атмосфере кислорода и меньше углекислого газа, тем холоднее становился климат и затруднительнее фотосинтез. Кроме того, углекислый газ является основным «сырьем», которое используется при фотосинтезе. Поэтому начиная с определенного этапа, очевидно, интенсивность фотосинтеза упала в результате сокращения запаса CO_2 . Естественно, эти изменившиеся условия привели соответственно и к изменениям в растительном покрове. Наконец, около 240 млн. лет назад установился газовый состав атмосферы, близкий к современному. Примерно к этому моменту, как показывает изучение остатков древних растений (палеоботанические данные), приурочено начало коренных изменений в растительном покрове, которые позже закончились полной заменой ее состава: на смену папоротникообразным и голосемянным пришли более высокоорганизованные цветковые. Этот процесс закончился в меловом периоде, т. е. около 70 млн. лет назад. Сейчас на Земле господствуют цветковые растения, а голосемянные и папоротникообразные занимают второстепенное положение.

Как показывают палеонтологические данные, глубокие изменения в растительном покрове сопровождались таки-

ми же сильными изменениями и в животном мире: в меловом периоде полностью вымерли динозавры и на смену им пришли млекопитающие.

Итак, мы видим, как малозаметные изменения, возникавшие в атмосфере в результате круговорота кислорода, привели в конечном счете к грандиозным изменениям в природе: возникновению атмосферы с иным газовым составом и к полному преобразованию биосферы,

КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА

Вторым после кислорода широко распространенным элементом, входящим в состав органических веществ, является углерод: среднее его содержание равно 18 %.

Сущностью жизнедеятельности всех организмов являются процессы синтеза и противоположного ему процесса разложения органических веществ. В этих процессах участвует все вещество биосферы, они являются основой круговорота элементов, в том числе и углерода.

Если зеленые растения в круговороте кислорода выступают в качестве его поставщика в атмосферу, то в круговороте углерода они являются мощным механизмом, улавливающим его из атмосферы в виде двуокиси и связывающим в органические соединения. Другим таким же мощным фиксатором углерода являются морские организ-

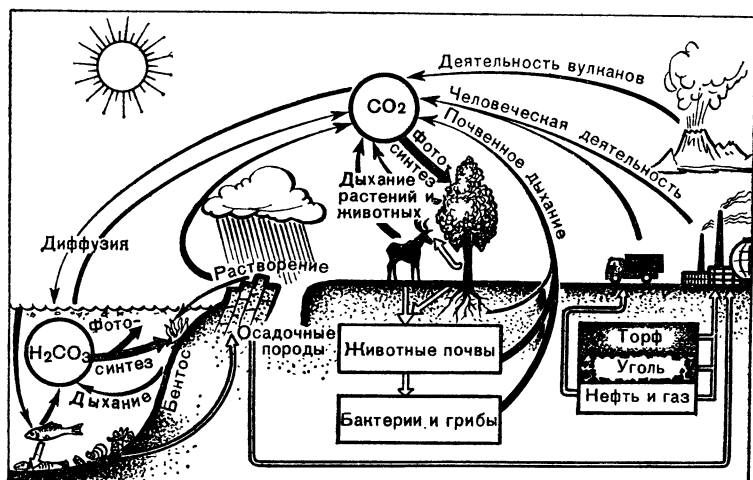


Рис. 5. Одна из множества схем круговорота углерода (по Н. Н., Н. Н., Н. М. Верзилиным, 1976).

мы. Они улавливают растворенный в воде CO_2 и используют его для образования скелета. После отмирания этих организмов их скелеты опускаются на морское дно и образуют мощные отложения известняков. В этом случае углерод надолго исключается из биологического круговорота (включается в геологический круговорот), поэтому мы эту ветвь не рассматриваем.

Источником углерода, точнее углекислого газа, являются животные, которые выделяют его в результате дыхания, почвенные организмы, вулканы, в продуктах извержения которых он содержится в виде CO_2 и CO . Наконец, очень много углекислоты выбрасывается в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека.

Связанный растениями углерод переходит в почву с органическим опадом при отмирании растений, а также с трупами животных. Там органическая масса подвергается бактериальному разложению. При этом в качестве одного из конечных продуктов получается CO_2 . Углекислый газ вновь поступает в атмосферу, восполняя его убыль (рис. 5).

КРУГОВОРОТ ВОДЫ

Самое распространенное вещество в биосфере — это вода. Она служит и средой обитания многих животных, и составной частью (точнее, внутренней средой) всех без исключения организмов. Круговорот воды наряду с круговоротом других веществ и элементов играет очень важную роль. Однако в отличие от других веществ в данном случае живое вещество не играет существенной роли. Основным «двигателем» круговорота воды является солнечная энергия. Влага, испаряясь с поверхности океана, подхватывается воздушными течениями и переносится на сушу. Над материками водяной пар конденсируется и выпадает в виде осадков на землю. Далее эта вода постепенно стекает в реки, а они уже уносят ее снова в океан.

Обратно в океан возвращается не вся испарившаяся вода, часть ее на какое-то время задерживается на суше. Эта вода пропитывает почву, обогащается растворенными веществами и захватывается корнями растений. В растения она отдает растворенные вещества, а сама выбрасывается в атмосферу при транспирации в виде водяного пара. В дальнейшем этот пар может сконденсироваться и выпасть снова на землю в виде атмосферных осадков и

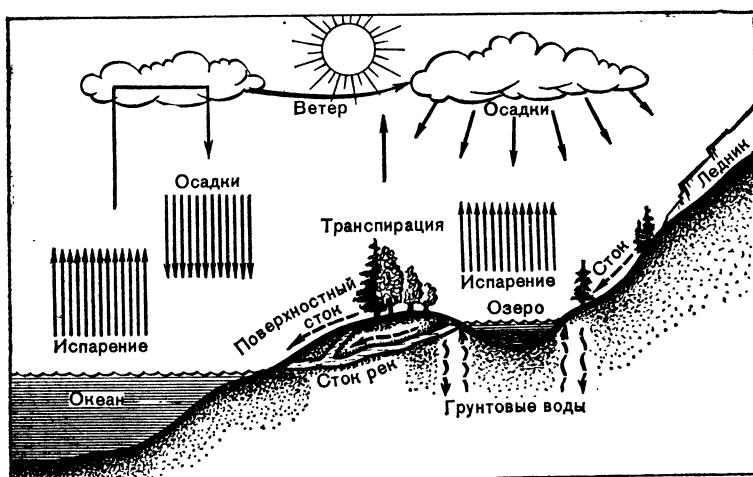


Рис. 6. Круговорот воды (по Н. Н., Н. Н. и Н. М. Верзилиным, 1976).

частично скатиться вместе с речным стоком в океан, частично снова быть захваченным растениями в виде почвенного раствора. Таким образом, наряду с общим круговоротом океан — атмосфера — суша — океан существует и частный (вернее, множество частных): атмосфера — почва — корни растений — листья растений — атмосфера — и т. д. (рис. 6).

КРУГОВОРОТ АЗОТА

Азот является четвертым широко распространенным элементом в мире органических соединений. Среднее его содержание в биосфере равно 0,3 %.

В почву азот поступает по нескольким каналам. Во-первых, значительное количество попадает вместе с дождевыми водами из атмосферы¹ во время гроз. Во-вторых, какое-то количество его соединений выбрасывается во время вулканических извержений и тоже попадает в конечном счете в почву. Подсчитано, что таким путем на 1 км² земной поверхности ежегодно попадает до 1 т фиксированного азота. В-третьих, связанный азот поступает в почву в результате биологической фиксации газообразного

¹В атмосфере доля азота составляет 78,09 %.

азота из атмосферы. Способностью связывать свободный азот атмосферы обладают некоторые свободноживущие почвенные микроорганизмы, клубеньковые бактерии и сине-зеленые водоросли. Считается, что свободноживущие микроорганизмы вносят в почву 0,2—0,5 т/км² связанного азота. Клубеньковые бактерии вносят 15—40 т/км² азота в год. В-четвертых, в почву частично переходит азот в виде нитратов из органических соединений при их бактериальном разложении. В-пятых, мощным источником связанного азота в наше время стали азотсодержащие удобрения, вносимые человеком в почву.

Азот в виде нитратов и нитритов усваивается растениями и передается по пищевым цепям. После отмирания организмов, при бактериальном разложении их остатков, этот элемент частично переходит в почву в виде солей, частично в атмосферу в молекулярной форме. Таков в общих чертах круговорот азота (рис. 7).

В составе органических веществ, кроме кислорода, углерода, азота и воды, содержатся и другие элементы:

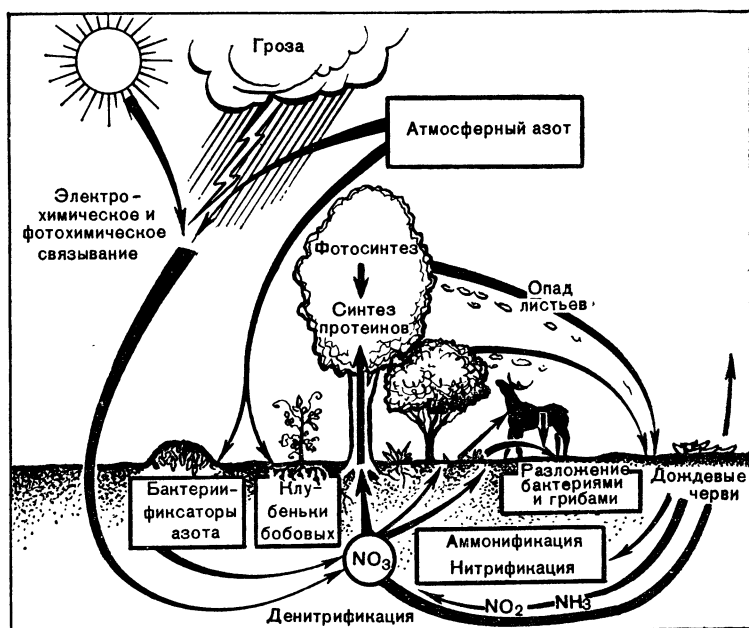


Рис. 7. Круговорот азота (по П. Дювиньо и М. Тангу, 1973).

фосфор, сера, медь, железо и пр. Все они также совершают в биосфере круговорот. Практически чуть ли не все элементы таблицы Менделеева принимают участие в круговороте веществ.

Мы закончили краткий обзор основных положений, используемых в учении о биосфере, без знания которых невозможно было бы понять материал, изложенный в последующих главах, основное содержание которых — характеристика главнейших экосистем Земли.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗЕМЛИ

В разделе «Основные принципы и понятия учения о биосфере» мы установили, что солнечная энергия играет в географической оболочке Земли исключительно важную роль — только благодаря непрерывному ее приходу и существует биосфера.

Как известно из курса физической географии, количество падающей на земную поверхность солнечной энергии уменьшается от экватора к полюсам. Таким образом, энергия Солнца распределяется так, что территории, лежащие на одной широте, получают одинаковое количество, а территории, лежащие на разных широтах, получают разное количество тепла. По количеству поступающего тепла на Земле выделяют 7 тепловых поясов.

1. Жаркий пояс. Границами пояса служат годовые изотермы $+20^{\circ}\text{C}$ по обе стороны от экватора. Этот пояс охватывает экватор и приэкваториальные полосы приблизительно до 30° с. ш. и 30° ю. ш.

2. Северный и южный умеренные пояса. Каждый из них граничит с жарким поясом, и поэтому со стороны экватора они ограничены годовыми изотермами $+20^{\circ}\text{C}$. Со стороны полюсов их ограничивают изотермы $+10^{\circ}\text{C}$ самого теплого месяца. Географические границы поясов — 30 и 40° с. ш. и 30 и 40° ю. ш.

3. Северный и южный холодные пояса. Со стороны экватора они ограничиваются изотермами $+10^{\circ}\text{C}$ самого теплого месяца, а со стороны полюсов изотермами 0°C тоже самого теплого месяца. В каждом полушарии они охватывают территории, лежащие между 40 и 60° широтами,

4. От изотермы 0°C самого теплого месяца и до полюса и в северном и в южном полушариях расположены поясы мороза. Это высокие широты между 60° с. ш. и ю. ш. и полюсами.

В тесной зависимости от прихода тепла происходит формирование воздушных масс, которые в свою очередь определяют количество осадков, выпадающих на тех или иных широтах. По количеству осадков, выпадающих в течение года, выделяют 7 зон увлажнения.

1. Влажная тропическая зона, где среднегодовое количество осадков равно 750—1000 мм.

2. Две сухие зоны (севернее и южнее экватора), расположенные между 20 и 40° широтами в северном и южном полушариях. Это зоны, где широко распространены пустыни, среди них и такие крупнейшие, как Сахара, Австралийские пустыни и т. д.

3. Северная и южная влажные зоны умеренных широт. Сумма осадков от 500 до 1000 мм/год. Эти зоны занимают территории между 40 и 60° с. ш. и 40 и 60° ю. ш.

4. Области арктических и антарктических холодных пустынь с годовым количеством осадков менее 250 мм.

Результатом такого зонального распределения тепла и осадков является зональное строение географической оболочки. В пределах географической оболочки выделяют 13 так называемых географических поясов: экваториальный, два субэкваториальных (северный и южный), два тропических, два субтропических, два умеренных, два субполярных и два полярных. Географический пояс — это очень крупная единица деления географической оболочки, занимающая громадные территории, в разных частях которых климатические показатели (количество выпадающих осадков, их ритмы, соотношение тепла и влаги — коэффициент увлажнения и др.) могут достаточно сильно различаться. А в результате этого и распределение растительности, ее богатство, биомасса и продуктивность, богатство животного мира, особенности почв, биологического круговорота веществ и т. д. также будут сильно различаться в разных частях пояса. Поэтому каждый из них подразделяется на более однородные, так называемые ландшафтные зоны. В последующих главах мы кратко охарактеризуем наиболее существенные черты экосистем основных ландшафтных зон Земли.

ЭКОСИСТЕМЫ ХОЛОДНЫХ АРКТИЧЕСКИХ ПУСТЫНЬ И ТУНДР

Холодные арктические пустыни северного полушария занимают главным образом острова Северного Ледовитого океана. В пределах Евразии и Северной Америки эта зона захватывает также и узкую полосу по северным окраинам материков.

Условия жизни отличаются крайней суровостью: среднегодовая температура ниже 0°C , осадков выпадает не более 200 мм в год, зима очень холодная и продолжительная с маломощным снежным покровом. Это способствует глубокому промерзанию грунта, который в течение короткого полярного лета не успевает полностью оттаять, и поэтому здесь существует многолетняя мерзлота, которая располагается очень близко к поверхности почвы. Сильные ветры сдувают снег с открытых участков, он скапливается в низинах, трещинах и других защищенных от ветра местах. Растения ютятся лишь в этих укрытиях. Несмотря на столь неподходящие условия, здесь существует группа высших цветковых растений (полярная крупка, маки, лютики, некоторые осоки и злаки), которые за короткое лето все же успевают полностью пройти цикл развития. Оказывается, краткость вегетационного периода здесь компенсируется длительностью освещения: летом солнце светит почти круглые сутки, поэтому растения успевают получить количество света и тепла, необходимое для завершения цикла развития.

Скудная растительность, в составе которой преобладающее место занимают мхи и лишайники, покрывает не более 30 % площади поверхности, развивает незначительную биомассу. Это обуславливает бедность животного мира. Практически все обитатели этого края так или иначе связаны с морем. Из крупных млекопитающих обычен белый медведь, житель морских льдов. Сейчас поголовье этого красивого зверя вследствие неумеренной охоты сильно сократилось, и он оказался в списке животных, требующих особой охраны. По подсчетам зоологов, общая его численность не превышает 20 тыс. голов. Для сохранения белого медведя от исчезновения пять стран, на территориях которых он обитает, — СССР, США, Канада, Дания и Норвегия — подписали соглашения по его совместному изучению и охране. Белый медведь никогда не выходит за пределы зоны арктических пустынь и поэтому является

эндемиком¹ этой зоны. Основной пищей белого медведя являются тюлени. Тюлени обитают в морях по окраинам Арктического бассейна, основная их пища — крабы и рыба. На прибрежных мелководьях кормятся моржи, отыскивая в илистом грунте дна моллюсков, червей и т. д. Морж, как и белый медведь, является эндемиком зоны. В результате усиленной охоты численность моржей также сильно сократилась, и поэтому охота на них запрещена.

Основная масса птиц Арктического бассейна также связана с морем. Многочисленны лютрик, тупик, чайки (бургомистр, малая полярная, моевка, серебристая), гага и т. д. Часто из тундры сюда проникают птицы, не связанные с морем: пуночка, подорожник, а также из млекопитающих лемминги.

Из насекомых наиболее распространены шмели. Они являются практически единственными опылителями бобовых растений и поэтому селятся только там, где есть эти растения.

В водах шельфа² обитает огромное количество растительного и животного планктона³ и разнообразных донных организмов. Планктон, донные организмы служат пищевой базой многочисленным видам рыб, обитающих в этих водах.

С юга к арктическим пустыням примыкает зона тундр. Тундровая зона относится уже не к Арктике, а к Субарктике и занимает северные окраины материков Евразии и Северной Америки.

Экологические условия здесь сравнительно более благоприятны для существования, чем в соседней зоне арктических пустынь, однако все еще достаточно суровы. Вегетационный период длится не более 2—2¹/₂ месяцев, в любой летний день возможны температуры ниже 0 °С. Средняя температура самого теплого месяца (июля) не

¹Эндемизмом называют виды растений и животных, обитающих на ограниченной территории и нигде больше не встречающихся.

²Шельф, или материковая отмель,— прибрежная мелководная часть дна Мирового океана.

³Планктон — совокупность мельчайших организмов, обитающих в толще воды во взвешенном состоянии. Различают фитопланктон — растительные организмы и зоопланктон — мелкие животные организмы (в том числе и одноклеточные животные), лишенные способности к самостоятельному передвижению на большие расстояния. Планктонные организмы перемещаются только с океаническими течениями.

превышает $+14^{\circ}\text{C}$, количество осадков составляет 200—250 мм в год. Снеговой покров сдувается с поверхности, и достаточно мощный слой снега образуется только по понижениям рельефа. Многолетняя мерзлота и здесь еще довольно близка к поверхности почвы, хотя и оттаивает летом на большую глубину, чем в арктических пустынях. Она оказывает большое влияние на тундровые почвы. Например, именно это обуславливает широкое распространение в зоне тундр заболоченных почв: плотный мерзлый грунт не пропускает воду вглубь и она застаивается на поверхности. Кроме того, мерзлота понижает температуру почвы, и поэтому она не превышает даже в середине лета $+8-10^{\circ}\text{C}$. Вследствие этого процессы разложения мертвых растительных остатков идут очень медленно и почвы содержат мало гумуса: как правило, гумусированность почв не превышает 1—3 %.

Как и в арктической зоне, сумму тепла и света, необходимую для прохождения цикла развития, растения получают за счет большой длительности освещения солнцем.

Растительный мир значительно богаче, чем в Арктике. Вследствие того что тундры занимают обширные территории с севера на юг, в этом направлении они неоднородны и делятся на подзоны арктических, мохово-лишайниковых, кустарниковых тундр и лесотундры. Во всех подзонах наиболее широко распространены лишайники и мхи, которые, как правило, занимают большую часть территории. Цветковые растения немногочисленны. Наиболее часто здесь встречаются вороника, брусника, куропаточья трава, кассиопе, альпийская толокнянка, голубика, багульник, водяника, морошка, осока, некоторые злаки, полярные маки и др. Из кустарников наиболее широко распространены ивы (круглолистная, полярная, травянистая, ледниковая и др.), кустарниковые формы березы, например карликовая березка. Наиболее широко кустарники встречаются в подзоне кустарниковой тундры, а также в лесотундре. Лесотундра характеризуется тем, что там встречаются редко разбросанные деревья, пространство между которыми занято зарослями кустарников, перемежающимися участками со сплошным ковром мхов и лишайников. На западе, в Скандинавии и на Кольском полуострове лесотундра образована березой извилистой, восточнее, до Урала — елью сибирской, за Уралом — лиственницей сибирской и лиственницей даурской.

Тундровые животные имеют ряд приспособлений, по-

могающих им бороться с холодом: толстый слой подкожного жира, густой мех и т. д. Из крупных млекопитающих широко распространены северный олень (в Северной Америке — олень-карибу, близкородственный вид северному оленю) и полярный волк. Олени известны как типичные растительноядные животные. Однако мало кто знает, что они включают в свой рацион и животную пищу: охотно поедают мелких грызунов, птиц, птичьи яйца, рыбу, кухонные отбросы и т. д. Причина этого заключается в следующем. Природные воды и почвы в зоне тундр очень бедны растворенными минеральными веществами, поэтому и растения, особенно мхи и лишайники, содержат их мало. Олени, основу питания которых составляют лишайники, получают поэтому значительно меньше минеральных соединений, чем это требуется их организму, и испытывают, как говорят, минеральное голодание. Дефицит минеральных веществ они восполняют столь необычным для растительноядных животных способом.

Северные олени являются главным объектом охоты полярного волка. Многочисленные стада диких оленей, круглый год кочующих по бескрайней тундре, постоянно сопровождают стаи волков. Специальными исследованиями зоологов было установлено, что волки в экосистемах тундр играют в общем полезную роль, если их численность не очень велика. Во-первых, питаясь оленями, они ограничивают их численность, что в условиях тундры имеет немаловажное значение. И вот почему. Если бы по какой-либо причине численность диких оленей возросла, то они в скором времени начисто съели бы скудную растительность и тем самым лишили бы себя кормовой базы. Это привело бы к гибели от голода большого числа животных. Кроме того, вследствие того, что лишайниковый покров восстанавливается крайне медленно (стравленный животными покров лишайников полностью восстанавливается только через несколько десятков лет), то кормовая база была бы подорвана на многие годы вперед. Во-вторых, волки (как, впрочем, вообще все хищники) в первую очередь уничтожают больных и слабых животных, значит, способствуют отбору крепких и выносливых особей, т. е. способствуют улучшению вида. Такова роль волков в экосистемах, слабо освоенных человеком. Однако в густонаселенных районах с развитым животноводством они наносят огромный урон сельскому хозяйству. Поэтому в нашей стране волк признан вредным животным и его числен-

ность подлежит регулированию. Однако речь идет не о полном уничтожении волка как биологического вида, а о сокращении его численности настолько, чтобы вред, наносимый им народному хозяйству, был минимальным.

В Канаде, на островах Канадского архипелага и на севере Гренландии встречается другое крупное млекопитающее — овцебык, или мускусный бык. Это животное надежно защищено от жестоких морозов густым плотным мехом, от волков — крепкими рогами, может найти себе корм в любом, казалось бы, самом бескормном месте. Во время ледникового периода овцебык обитал и в Евразии: в Европе — на территории нынешней Англии, Франции, Германии, в Азии — до Монголии, в Северной Америке — на территории нынешних США. Однако впоследствии он повсеместно вымер и сохранился, как уже упоминалось, на ограниченной территории. Сейчас советские ученые начали работы по реакклиматизации¹ этого замечательного животного. Небольшие стада овцебыков завезены на полуостров Таймыр, остров Шпицберген и хорошо там прижились.

Овцебыки — стадные животные. Они не убегают от опасности, а занимают «круговую оборону»: самки с телятами сбиваются в кучу, а самцы выстраиваются в круг, выставив в сторону врага крепкие рога. Самки и детеныши оказываются надежно защищенными от нападения волков. Но не от человека. На них охотятся ради вкусного мяса и ценнейшего меха, точнее шерсти. Привычка овцебыков не убегать от нападающего врага, а встречать его рогами сослужила им на этот раз плохую службу. Вооруженный винтовкой человек может подойти к стаду вплотную и в упор расстреливать животных. Один человек может уничтожить все стадо, хватило бы патронов, благо ни одно животное так и не попытается убежать. Поэтому овцебыки так стремительно исчезают с лица Земли.

Сильная заболоченность и близость «вечной» мерзлоты неблагоприятны для существования роющих животных, и потому их здесь мало, в частности грызунов. Наиболее замечательные грызуны в тундрах — это лемминги. Три вида этого небольшого зверька, внешним обликом напоминающего хомячка, распространены по всей тундровой

¹Реакклиматизация — это расселение на данной территории какого-либо вида животного или растения, который раньше здесь обитал, но позже исчез (вымер, был уничтожен человеком и т. д.).

зоне Северной Америки, Гренландии и Евразии. Живет он, прорывая ходы в толще неглубокого снега, а также выкапывая норы в самом верхнем слое почвы. Рацион леммингов очень разнообразен; пищей им служат практически все растения, произрастающие в тундре,— лишайники, грибы, побеги трав и кустарников. Сами лемминги являются основным источником пищи почти всех хищников тундры — песца, полярной совы и даже волк при случае не побрезгует ими. Однако основной «потребитель» леммингов — это песец.

Численность леммингов может очень резко колебаться по годам. Раз в три-пять лет они размножаются в невероятных количествах. Как полагают ученые, это происходит в годы, когда урожай тундровых растений особенно велик. В такие годы зверьки размножаются даже под снегом. Расплодившиеся животные объедают всю растительность на значительных площадях и к следующей зиме кормов оказывается недостаточно, они начинают голодать. Кроме того, вспыхивают эпидемии. В конечном счете, уже в следующую зиму после вспышки численности количество леммингов резко уменьшается, а еще через год-два достигает минимума.

Колебания численности леммингов сопровождаются колебаниями численности хищников, питающихся ими, в первую очередь песцов и полярных сов. При обилии пищи песцы усиленно размножаются, а при недостатке корма их численность падает.

Кроме леммингов, в тундре обычны заяц-беляк, несколько видов полевок, из птиц — тундряная куропатка — родственница нашего тетерева.

Однообразная и малопривлекательная зимой, весной и летом тундра неузнаваемо преобразается. Поверхность земли покрывается зеленым ковром трав, усеянным яркими цветами полярных маков, лютиков, камнеломок, местами одета белым покрывалом цветущей морозики. Повсюду голубеют озера чистой воды. Все живое спешит воспользоваться живительным теплом, которое Солнце круглосуточно посылает на Землю. Появляются многочисленные перелетные птицы: гуси, казарки, лебеди, кулики (кулик-воробей, песочник-красношейка, кулик-краснозобик, кулик-чернозобик), воробьиные — лапландские подорожники, пуночки, краснозобые коньки, рогатые жаворонки, варакушки, пеночки-таловки и многие другие.

Вместе с перелетными появляются и хищные птицы:

соколы (кречет, сапсан), ястреб-тетеревятник, мохноногий канюк. Вся эта пернатая армия находит для себя достаточно корма. Основной пищей водоплавающих и околоводных птиц являются ракообразные, моллюски, личинки насекомых, растения. Многие другие птицы также кормятся насекомыми, их личинками, моллюсками, ягодами, благо тундра в это время буквально кишит ими. Песцы, зимующие пернатые хищники, питаются птичьими яйцами, птенцами, самими хозяевами гнезд. Ястреб-тетеревятник и соколы ловят водоплавающих птиц, куропаток, куликов; мохноногий канюк в основном питается леммингами и другими грызунами.

Разнообразен мир насекомых тундры. Основную массу составляют двукрылые — комары, мошки, различные мухи, долгоножки. Многие из них являются кровососущими и питаются кровью теплокровных животных. Там, где имеются большие стада оленей, много слепней и оводов. Кровососущие насекомые сильно докучают этим животным, и они на лето откочевывают к побережью океана, поближе к прохладным северным ветрам. По долинам рек, лучше защищенным от ветров, расселяются шмели. В отличие от наших, северные шмели покрыты более густыми и длинными волосками. Кроме того, темные поперечные полосы на брюшке у тундровых шмелей более широкие, чем у их более южных сородичей. Это способствует лучшему прогреванию тела насекомого солнечными лучами, что имеет немаловажное значение в условиях сурового севера.

На поверхности почвы, среди разлагающихся растительных остатков, обитают небольшие прыгающие насекомые — ногохвостки. Ногохвостки, или коллемболы, — мельчайшие бескрылые насекомые с размерами 1—2 мм, требовательные к влажности среды и не требовательные к теплу. Это свойство способствовало большому их распространению на всех широтах, включая и Арктику. Питаются ногохвостки главным образом мертвыми растительными остатками, есть также небольшое число видов, живущих за счет живых растительных организмов. Поэтому эти насекомые концентрируются в верхних слоях почвы и слое неполностью перегнивших растительных остатков — так называемой подстилке, за что их называют почвенно-подстилочными организмами. Ногохвостки являются одной из наиболее многочисленных групп почвенно-подстилочных животных и играют очень большую роль в переработке опада. Они способствуют его разложению и возврату

в почву минеральных веществ, изъятых когда-то растениями в процессе их питания. Таким образом, ногохвостики занимают важное место в цепях питания экосистем, в частности тундровых экосистем.

Неглубоко в почве живут дождевые черви, пищей которых являются органические вещества тундровых почв.

Вследствие того что условия тундровых почв неблагоприятны для микроорганизмов, их здесь мало. Поэтому основная роль в минерализации растительного опада и трупов животных принадлежит грибам.

Таковы в общих чертах связи в пищевых цепях (цепях питания), каналах передачи энергии и вещества в экосистемах тундр.

Тундровые экосистемы относятся к наиболее простым. Но это так только в зимнее время, когда часть организмов, преимущественно насекомые, впадает в состояние зимней спячки, а другая часть мигрирует на юг. В это время в тундре остается только крайне ограниченное число бодрствующих видов. В летнее же время, как мы видели, пищевые цепи становятся достаточно сложными.

Характернейшей чертой тундровых экосистем является наличие длительной (8—9 месяцев) зимней паузы в продукции биомассы. В этот период используется исключительно энергия, запасенная растениями в летнее время. Отсюда становится понятным и то, почему зимой здесь ограничено число бодрствующих животных: ведь биомасса растений равна всего 25 ц/га и тундра попросту не может прокормить большее число животных. Кстати, это имеет место в годы вспышек численности леммингов: сильно расплодившиеся грызуны за зиму объедают растения на больших площадях, а за лето они не успевают отрасти до исходного состояния, значит, будущей зимой корма будет недостаточно и леммингам предстоит голодная зимовка.

ЭКОСИСТЕМЫ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ УМЕРЕННЫХ ШИРОТ

Зона лесов в северном полушарии охватывает громадную территорию на материках Северной Америки и Евразии. Здесь они тянутся непрерывной полосой от побережья Тихого до Атлантического океана. В южном полушарии леса занимают небольшие площади на юге Чили и Аргентины, в Новой Зеландии, горных районах Австралии и Тасмании.

Климатические условия здесь гораздо более благоприятны для существования растительности, чем в тундрах. Так, вегетационный период длится около 4 месяцев, средняя температура июля равна $+10-23^{\circ}\text{C}$. Количество осадков от 250 мм в центральных частях материков до 1000 мм в год на побережьях океанов, и, что особенно важно, значительная часть из них выпадает летом. Такой режим выпадения осадков очень благоприятен для древесной растительности, и поэтому она здесь широко распространена.

В пределах зоны выделяют экосистемы темнохвойных, светлохвойных, смешанных, широколиственных и мелколиственных лесов. Темнохвойные и светлохвойные леса называют тайгой.

Древесная растительность оказывает большое воздействие на окружающую среду и изменяет ее. Густые кроны деревьев задерживают значительную часть солнечных лучей, и поэтому под пологом леса всегда сумрачно, кроны деревьев снижают скорость ветра, и в лесу царит постоянное затишье, влажность воздуха всегда высока, дождевые и талые воды хорошо впитываются рыхлой лесной подстилкой¹, и поэтому лесная почва хорошо увлажняется. Она же надежно предохраняет почву от пересыхания. Зимой в лесу снежный покров толще, чем на рядом расположенном луговом участке, поэтому лесная почва промерзает на незначительную глубину.

Большое воздействие оказывают деревья и на кустарниковые и травянистые растения, произрастающие в лесу. Леса умеренных широт имеют ярусное строение (рис. 8). Первый ярус составляют высокие деревья, во втором ярусе расположены кустарники, третий — образуют травянистые растения. Иногда различают даже два яруса древесных растений: ярус высоких и ярус низких деревьев. Часто мхи, покрывающие поверхность почвы зеленым ковром, образуют отдельный ярус. Корни тоже располагаются по ярусам, образуя так называемую подземную ярусность. Такое многоярусное строение помогает растениям полнее использовать ресурсы среды обитания — свет, влагу, пищу и одновременно ослабить конкуренцию за них. Действительно, если бы все растения (деревья, кустарники и травы) брали воду и питательные элементы с одинаковой

¹Лесная подстилка — слой перепревших листьев, сучьев, остатков травянистых растений, устилающих поверхность почвы.

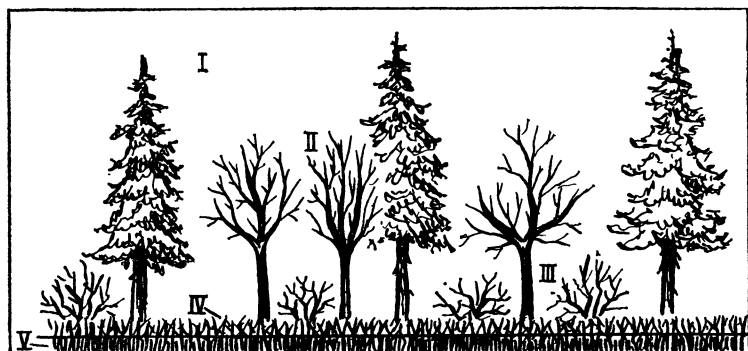


Рис. 8. Схема ярусного строения лесных сообществ на примере лесов Урала (по П. Л. Горчаковскому и др., 1948). Ярусы:

1 — ель и пихта; 2 — липа; 3 — подлесок из черемухи, рябины, жимолости, бузины, волчьего лыка; 4 — папоротник, вейник и другие травянистые растения; 5 — моховой покров.

глубины, то конкурентная борьба была бы очень острой. При ярусном расположении корневых систем деревья берут воду и пищу из наиболее глубоких горизонтов, кустарники из средних, а травянистые растения — из самых верхних. Таким образом они создают минимальные помехи друг другу.

Фитоценозы лесов значительно богаче видами, чем тундровые. Основными видами, образующими первый ярус, являются ель, пихта, лиственница, сосна, дуб, клен, ясень, липа, бук. Леса, образованные этими деревьями, приурочены к различным географическим районам в зависимости от особенностей их климатических условий.

Хвойные леса Евразии (тайга) и Северной Америки занимают территории с наиболее суровыми климатическими условиями — они образуют северную часть лесного пояса. Европейские и западносибирские таежные леса образованы главным образом елью и пихтой с некоторой примесью сосны и частично лиственницы. Это так называемая темпохвойная тайга. К востоку от долины Енисея расположена светлохвойная тайга. Основной породой, образующей эти леса, является лиственница.

В Европе, на Дальнем Востоке и в Северной Америке с юга к зоне хвойных лесов примыкают широколиственные леса. В Европе переход от хвойных лесов к широколиственным совершается не сразу. Между ними расположена обширная полоса смешанных лесов, которая простирается

на востоке до Урала. Эти леса образованы и хвойными, и широколиственными породами деревьев, что и отражено в их названии.

Широколиственные леса занимают обширные пространства от Британских островов на западе до Урала на востоке. Восточнее Урала их сменяют мелколиственные леса. Вновь широколиственные леса появляются уже на Дальнем Востоке, на побережье Тихого океана. Как известно, чем дальше от океана расположена данная территория, тем меньше она получает влаги. Поэтому в глубинных частях материков Евразии и Северной Америки годовое количество осадков значительно меньше, чем в приокеанических районах. В зависимости от этого распределяется и растительность широколиственных лесов. В Западной Европе широко распространены влаголюбивые буковые леса, которые восточнее сменяются более сухолюбивыми дубовыми. Вместе с дубом здесь произрастают граб, клен, ясень, липа, вяз, ильм.

Мелколиственные леса Сибири образованы так называемыми мелколиственными породами — березой и осинкой.

Притихоокеанские широколиственные леса востока Азии значительно богаче видами, чем европейские. Они образованы видами дуба, ореха, клена, липы, ясеня, граба, вяза. В южной части территории встречаются также пальмы, саговники и др.

Побережье Атлантического океана Северной Америки занято буковыми лесами, а в более континентальных частях распространены дубовые леса. Особенностью североамериканских широколиственных лесов является разнообразие древесных пород, которые их слагают. Так, если европейские широколиственные леса образованы не более чем 10—15 видами, то только в буковых лесах Северной Америки произрастает более 40 видов деревьев.

Второй ярус, или, как еще его называют, подлесок, в широколиственных лесах Европы образуют такие виды, как орешник, рябина, жимолость, бересклет бородавчатый. В ярусе травянистых растений широко распространены мятлики, коротконожка, осоки, копытень, сныть, медуница, колокольчики и другие виды. В таежных лесах чаще встречаются такие виды, как грушанки, брусника, черника, багульник и др.

В широколиственных лесах умеренных широт встречаются лианы: хмель, дикий виноград, плющ, ломонос. Очень интересной особенностью этих лесов является нали-

чие группы эфемероидов. Эфемероидами называют многолетние растения, развивающиеся только весной, до распускания листьев на деревьях. К тому моменту, когда на деревьях первого яруса распустятся листья и в лесу воцарится зеленый сумрак, эфемеронды уже полностью заканчивают цикл развития. В конце мая — начале июня они исчезают из состава травостоя и сохраняются в почве до следующей весны в виде луковиц, клубней, корневищ и т. д. Эфемероиды всем хорошо известны. Как только сойдет снег, на проталинах появляются первые весенние цветы — лазоревые подснежники, желтые ветреницы, чистяк, лиловые хохлатки, розовые зубянки и др., которые местами устилают землю сплошным разноцветным ковром. Но уже через две-три недели, когда на деревьях распустятся листья, они полностью отцветают и исчезают из состава травостоя.

Развитие весенних эфемероидов, как и ярусное строение, является приспособлением к более полному использованию условий местообитания: снег уже сошел, света и тепла достаточно, а вегетация основных растений еще не началась и, если бы не было эфемероидов, благоприятное время использовалось бы биоценозом не полностью.

Леса дают более разнообразные условия для обитания животных, чем тундра: они могут питаться хвоей, листьями деревьев, их почками, семенами, корой, древесиной, опадом, корнями, пылью и нектаром, стеблями, побегами, листьями травянистых растений и т. д. Лес предоставляет множество удобных укрытий и мест для устройства гнезд в кронах деревьев, под корой, под упавшими стволами деревьев, в старых пнях, в почве. Поэтому и фауна лесов значительно богаче тундровой.

В лесных экосистемах основным потребителем живых частей растений являются лось, заяц-беляк, косуля, изюбр (на Дальнем Востоке), серна, зубр, рыжая полевка, в приречных лесах бобр и многие другие. Из птиц листьями, ягодами, сережками, цветками, хвоей питаются рябчик, глухарь, тетерев (из тетеревиных). Живыми частями растений питается многочисленная армия насекомых, например гусеницы различных бабочек. Среди них есть и очень опасные вредители, такие, как гусеницы сибирского шелкопряда и непарного шелкопряда. Первая питается хвоей, а гусеница непарного шелкопряда — листьями деревьев. Сибирский шелкопряд распространен в основном в азиатской части, а непарный шелкопряд — в европейской части

континента. Эти вредители в иные годы по неясным причинам размножаются в огромных количествах и способны уничтожить кроны деревьев на обширных территориях. Нападение гусениц наносит лесам не меньший урон, чем пожары. Многочисленны также ложногусеницы пилильщиков, листоеды и их гусеницы, майские жуки и другие хрущи. Корой и тканями деревьев питаются короеды, личинки усачей, златок. Цикадовые, тли, листоблошки питаются соками живых тканей побегов и корней; личинки долгоносиков, майского жука и другие выедают корни.

Многие растения лесов умеренных широт размножаются семенами и поэтому регулярно и обильно плодоносят. Их плоды (желуди, орехи, мелкие орешки и семена) содержат большое количество жиров и других питательных веществ. Поэтому в лесах широко распространены семеноядные животные. Среди крупных млекопитающих типичных семеноедов нет. Можно упомянуть только дикого кабана, в рационе которого заметное место занимают желуди дуба. Из более мелких животных многочисленны белки, лесные и желтогорлые мыши, сони, рыжая полевка. Этим животным семена служат основным кормом. Среди птиц наиболее известные семеноеды — это тетеревиные, сойки, клест-еловик. Кроме того, заметными семеноедами являются некоторые дятлы, например большой пестрый дятел. В зимнее время он питается семенами хвойных деревьев. Некоторый вред, наносимый дятлами вследствие уничтожения семян, с лихвой окупается тем, что в остальное время года они активно уничтожают таких опасных вредителей леса, как короеды, слоники, гусеницы шелкопрядов. Не случайно в народе дятла называют доктором леса.

Из насекомых многие виды долгоносиков специализировались на поедании семян, например: желудевый долгоносик, орешниковый долгоносик, шишковая смолевка и др. Так, желудевый долгоносик в иные годы уничтожает до 70—80 % урожая желудей.

Большинство деревьев в лесах умеренных широт относится к анемофильным, т. е. ветроопыляемым. Из древесных растений наших лесов только липа и клен приспособлены к опылению насекомыми, в основном пчелами. Травянистые растения, наоборот, в подавляющем большинстве опыляются насекомыми. Исключение составляют злаки, осоки. Среди насекомых много видов антофилов («любителей цветков»). Антофилы питаются пыльцой или нектаром цветов и попутно опыляют их. Наиболее широко рас-

пространенными антофилами являются пчелы и шмели, бабочки, различные мухи, жуки-наездники.

В экосистемах широколиственных лесов есть группа растений, потерявших способность к фотосинтезу и паразитирующих на других растениях. Это петров крест, повилика из высших цветковых растений. Паразитируют на растениях и некоторые виды грибов, например трутовик, широко встречающийся в наших лесах, а также вирусы.

Непотребленная часть первичной продукции отмирает и переходит в опад, переработкой и разложением которого занята огромная армия почвенных беспозвоночных, бактерий, грибов и актиномицетов. Среди них преобладает биомасса дождевых червей. Переработкой растительного опада заняты также личинки типулид и других двукрылых, личинки щелкунов, хрущей, очень мелкие (менее одного миллиметра) нематоды из класса круглых червей, панцирные клещики и бескрылые насекомые — коллемболы. Панцирные клещики и коллемболы и по численности, и по биомассе преобладают среди мелких членистоногих, питающихся растительным опадом. Поэтому их роль в экосистемах лесов очень большая.

Почвенные беспозвоночные производят первичную «грубую» переработку опада. В таком виде опад поступает в «распоряжение» бактерий, микроскопических грибов и актиномицетов, которые доводят разложение органической массы до формы, доступной растениям.

Довольно разнообразна группа хищных животных. Из крупных млекопитающих сюда относятся в первую очередь волк, жертвами которого являются лось, косуля, бобр, заяц-беляк. В некоторых районах распространена самая крупная кошка умеренных широт — рысь, а также лисица, горноста́й, ласка, хорек, еж, крот, землеройка. Эти животные являются «чистыми» хищниками, т. е. они питаются исключительно животной пищей. Кроме того, некоторые хищники в зависимости от времени года и наличия пищи могут переключаться с животной пищи на растительную и наоборот. Таков, например, бурый медведь. Наиболее характерными пернатыми хищниками являются совы, филины, ястреба, соколы. Основная их пища — различные птицы и грызуны. Фактически хищниками по типу питания являются и многочисленные насекомоядные певчие птицы: славки (садовая, черноголовая, серая), синицы (большая, лазоревка, московка, гаичка), дрозды (рябин-

ник, певчий, белобровик, деряба и др.), зяблик, горихвостка, кукушка, крапивник, мухоловки (пеструшка, малая и др.). Некоторые из них могут временно переходить на другой тип питания, например поедать ягоды при отсутствии насекомых. Только животной пищей питаются пресмыкающиеся и земноводные: гадюка, живородящая ящерица, лягушки, жабы, ужи.

Из хищных членистоногих наиболее многочисленны пауки. Многочисленны также муравьи. Однако в отличие от пауков муравьи не являются «чистыми» (облигатными¹) хищниками. Они относятся к группе так называемых факультативных² хищников. Значительную часть их рациона составляют семена, ягоды и т. д. Интересно, что среди растений есть виды, специально приспособившиеся к распространению насекомыми. Это чистотел, некоторые фиалки, хохлатка, растение-паразит петров крест, гусиный лук и многие другие. Эти растения объединяются в группу мирмекохоров, т. е. «распространяемых муравьями». Муравьи питаются семенами, которые растаскивают, при этом часть из них неизбежно теряется, и таким образом растение распространяется на еще не занятые участки. Заметными хищниками являются осы. Из хищников, обитающих в подстилке, многочисленны литобииды, геофиллиды, некоторые нематоды. Есть хищные виды и среди простейших. Это амёбы и инфузории.

Личинки грибных комариков, моллюски, некоторые жуки, питающиеся в основном грибами, хотя и не являются хищниками в точном смысле этого слова, тем не менее в экосистемах лесов относятся к уровню хищников, точнее гетеротрофов, а не растительноядных животных, так как грибы существуют за счет готовых органических веществ.

Мы кратко рассмотрели основные группы организмов, входящих в состав пищевых цепей экосистем лесов умеренных широт. Сравнивая их с экосистемами тундр, мы могли убедиться, что лесные экосистемы устроены намного сложнее, чем тундровые. Они включают большее число видов, причем довольно большая их часть имеет смешанный тип питания (бурый медведь, кабан, тетеревиные

¹Облигатные (обязательные) хищники — животные, питающиеся исключительно пищей животного происхождения. Как правило, облигатные хищники падалью не питаются.

²Факультативные хищники — это животные, которые по характеру питания относятся к хищникам, но в их рационе заметное место занимает также и растительная пища.

птицы и др.). В результате в простой и четкой схеме растение — растительноядное животное — хищник возникают многочисленные разветвления. Однако общий принцип строения экосистем, конечно же, сохраняется. Современные радиоприемники по сложности устройства не идут ни в какое сравнение с детекторными приемниками: они снабжены многочисленными вспомогательными устройствами (усилители, фильтры для устранения помех, переключатель диапазонов и т. д.). Однако и детекторный приемник, и сверхсовременный транзисторный аппарат работают по одному и тому же принципу: улавливание радиосигналов, превращение их в низкочастотные электрические импульсы, передача их к телефону и превращение в звуковые сигналы. Так же и в экосистемах тундр и лесов: несмотря на значительные различия в степени сложности строения, принципиальная схема их цепей питания одинакова: автотрофные растения — растительноядные животные — хищники — организмы, перерабатывающие опад растений и трупы животных. Такую принципиальную схему строения пищевых цепей имеют практически все без исключения экосистемы Земли. Запасы биомассы в лесах значительно больше, чем в тундре. Они составляют 200—500 т/га, продуктивность равна 40—200 ц/га. Наряду с более благоприятными по сравнению с тундрами экологическими условиями это дает возможность существовать здесь большему количеству организмов. В зимнее время продукция биомассы полностью прекращается, запасы пищевых ресурсов сокращаются. Поэтому на это время значительная часть животных откочевывает. Например, перелетные птицы (улетают все насекомоядные птицы, за исключением синиц, дятлов и некоторых других). Синицы добывают себе пропитание, отыскивая спрятавшихся на зиму насекомых, гусениц, куколок в трещинах коры и стволов деревьев, в старых пнях. А дятлы в поисках гусениц-древоточцев продавливают стволы деревьев. Вслед за насекомоядными улетают и хищные птицы, но только те, основной пищей которых являются перелетные. Совы, например, которые питаются грызунами, не впадающими в зимнюю спячку, остаются. Часть животных (еж, барсук, медведь) впадает в спячку, или зимний сон. О том, что главной причиной отлета птиц является отсутствие пищи в зимнее время, говорят многочисленные случаи благополучной их зимовки в средних широтах, когда пищи было достаточно. Например, на

р. Буй, куда Кармановская ГРЭС (в Башкирии) сбрасывает отработанную теплую воду и река всю зиму не замерзает, многократно оставались на зимовку утки. И таких примеров можно найти множество. Однако из этого не следует делать вывод, что если обеспечить всех перелетных птиц кормами на зиму, то все они остались бы зимовать. Законы, управляющие перелетами птиц, сложны, и многое еще в этом вопросе неясно, точнее, здесь больше неизвестного, чем выясненного.

ЭКОСИСТЕМЫ СТЕПЕЙ И ПРЕРИЙ

Степями называют сообщества травянистых растений, среди которых преобладают злаки, в особенности ковыли. Степные территории занимают огромные площади в Евразии, в Северной Америке (здесь их называют прериями). Достаточно большие территории занимает степь и в Южной Америке. Это так называемые пампасы или пампы Аргентины и Уругвая. Относительно небольшие площади степей есть и на других материках.

Климатические условия, при которых существуют степи на разных материках, весьма разнообразны. Так, в Евразии среднегодовые температуры колеблются от $+0,5^{\circ}\text{C}$ в Сибири до $+11^{\circ}\text{C}$ на западе степной зоны, а количество осадков равно в разных районах от 250 до 500 мм/год. В прериях среднегодовые температуры составляют $+15$ — 18°C , количество осадков — 200—1000 мм/год. Как видим, климатические условия в Евразии и Северной Америке сильно различаются, но и там и тут существует однотипная степная растительность. Почему же это так? Местами в прериях выпадает осадков почти в два раза больше, чем в некоторых районах лесной зоны. Оказывается, все зависит не вообще от количества выпадающих осадков, а от их распределения по сезонам года. В лесной зоне большинство осадков выпадает в теплое время года, а в степных районах, наоборот, в теплый сезон меньше. Такое распределение влаги неблагоприятно для древесной растительности. Поэтому здесь деревья не растут.

Наиболее распространенные почвы степной зоны — черноземы, уникальные по плодородию. Их отличает, во-первых, высокая гумусированность (содержание гумуса достигает 14—16 %), во-вторых, большая мощность гумусового горизонта, превышающая иногда 120 см, в-третьих, сбалансированное содержание химических элементов. Они

содержатся в черноземах в наиболее благоприятных для растений и животных соотношениях.

В степях выделяется ясно выраженный период зимнего покоя в вегетации растительности, вызванный низкими температурами, и летняя пауза, вызванная недостатком влаги.

Весной и в начале лета степные растения буйно вегетируют. В это время степь представляет бескрайнее зеленое море, пестрое от цветущих тюльпанов, маков, фиалок, анемонов, прострелов, серебрящееся от величественного колышущегося ковыля. Воздух звенит от пения птиц, стрекотания насекомых. В чистом голубом небе щедро светит огромное солнце, волнуется раскаленный воздух. Изредка в небе появится одинокое облако и окропит землю дождем. Через несколько минут дождь прекращается, и попрятавшиеся было птицы и насекомые снова оглушают всю округу импровизированным концертом. В цветении растений имеется определенный ритм и порядок: они цветут не все одновременно, а в строгой последовательности. Поэтому за 2—2½ месяца сменяется несколько красочных оттенков (аспектов). Так, ботаник *В. В. Алексин* отметил для Стрелецкой степи, что под Курском, от начала вегетации до осени 12 сменяющих друг друга аспектов. Уже к концу июня большинство растений засыхает, и степь приобретает однообразный желто-бурый оттенок, который не разнообразят даже седой волнующийся ковыль и отдельные цветущие растения.

Биомасса степных сообществ равна 120—150 ц/га, но большую ее часть составляют подземные части растений. Первичная продукция составляет 80—150 ц/га. В прериях эти показатели намного выше.

В отличие от лесов в степях нет такого разнообразия условий для устройства гнезд и выведения потомства. Поэтому степные животные устраивают гнезда и прячутся от врагов в траве и в норах.

Обилие кормов весной и в начале лета определяет и достаточно большое разнообразие растительноядных животных. Из позвоночных это заяц-русак, суслики, сурки¹, полевки. Они поедают наземные части растений. В азиатских степях часто встречается степная пищуха, или сено-

¹Некогда сурки были широко распространены по всей степной зоне. В настоящее время они многочисленны только в относительно мало измененных человеком азиатских степях,

ставка. Сеноставки обычно живут большими колониями и заготавливают себе на зиму сено. Во время заготовки сена территория, занятая колонией, бывает сплошь заставлена копешками подсыхающего сена. Сами «заготовители» торчат тут и там и внимательно обозревают местность, высматривая врагов. При приближении к колонии человека зверьки с паническим писком скрываются в норах. Сеноставки очень хорошо чувствуют изменения погоды и при приближении дождя поспешно прячут непросохшее сено в укрытиях.

Подземные части — корни, корневища, луковицы — поедают слепушонки и цокоры, а из беспозвоночных животных — нематоды. Зеленые надземные части поедают многочисленные саранчовые, жуки (чернотелки, хрущи, щелкуны), гусеницы различных бабочек. Иногда зеленые части растений поедают жаворонки (степной, малый, серый, белокрылый, черный). Тли, цикадки, клопы питаются соками живых растений.

Многие степные растения размножаются семенами, и потому здесь довольно много животных, специализированных на питании семенами: грызуны, жаворонки, дрофа, стрепет, муравьи.

Опадом питаются различные жуки (чернотелки, хрущи, щелкуны), почвенные нематоды, дождевые черви, бактерии.

Самые крупные хищники — это волк и лисица. Широко распространены ласка и хорь. Основной добычей волка являются степные копытные (антилопа-сайгак, дзерен), сурки, суслики. Ласка, степной хорек и лисица тоже питаются в основном грызунами. Вообще грызуны являются основной кормовой базой практически всех степных хищников. Кроме четвероногих, на них охотятся пернатые хищники: орлы, канюк-курганник, соколы (пустельги, кобчик), лунь; из пресмыкающихся — щитомордник, степная гадюка. Степные жаворонки, перепелки, куропатки и дрофы включают в свой рацион, кроме растительной пищи, также и насекомых, особенно саранчовых. Частично питаются насекомыми кобчик, пустельга, совы, луни.

Разноцветная ящурка из пресмыкающихся в больших количествах поедает жуков, муравьев, саранчовых. Сама разноцветная ящурка является жертвой щитомордника и степной гадюки. Много хищников и среди степных насекомых. Муравьи — всеядные насекомые. Наряду с растительной пищей они поедают большое количество насеко-

мых. Пауки, скорпионы являются облигатными (обязательными) хищниками. Они питаются только животной пищей. Панцирные клещи и ногохвостки (из обитателей почвы), питающиеся в основном грибами, тоже могут быть отнесены к уровню хищников. В почве, кроме панцирных клещей и ногохвосток, живут и настоящие беспозвоночные хищники — это хищные нематоды, питающиеся растительными нематодами, многоножки-геофилы, поедающие дождевых червей, жуков-чернотелок, хрущей, хищные простейшие, поедающие бактерий.

Для многих степных животных характерно образование больших колоний, таких, как степные сурки, пищухи, сепоставки, полевка Брандта и др. В этом есть определенный смысл. В большой колонии легче организовать «караульную службу». В то время как один зверек стоит на посту, остальные могут спокойно заниматься своими делами, зная, что при необходимости сигнал тревоги будет подан своевременно. И действительно, кто пытался незамеченным подобраться к колонии сурков, тот мог убедиться, как трудно это сделать. При одиночном образе жизни выжить суркам было бы значительно труднее. Тогда каждый зверек в открытой степи, полной врагов, был бы представлен только самому себе, и, конечно, у него было бы значительно меньше шансов остаться в живых. Интересно, что колониальную жизнь ведут только степные животные, а их ближайшие родичи, обитатели лесов, как правило, не собираются в колонии¹. В лесу невозможно издалека увидеть подкрадывающегося врага, поэтому они и не образуют больших стай. В тех случаях, когда степные хищники живут стаями, они устраивают организованную охоту. Например, волки. Их стаи насчитывают 5—6, редко — 10 зверей. Но опять-таки это продиктовано условиями жизни. Главной жертвой волков являются крупные быстроногие степные животные, которые к тому же сбиваются в большие стада. В таких случаях охота в одиночку трудна и даже опасна и успешно нападать можно только стаей.

До сих пор мы говорили об экосистемах степей в их естественном состоянии. Однако сейчас естественные степные участки сохранились разве только в немногих запо-

¹Из обитателей лесов колонии образуют бобры, но причина этого в другом. Вести колониальный образ жизни бобров заставляет необходимость строить запруды для поднятия уровня воды в речке. При этом хатки бобров и вход в хатки оказываются в воде и становятся недоступными для врагов.

ведниках, а вся остальная территория почти полностью распахана и занята посевами сельскохозяйственных культур. Соответственно коренным образом изменился и состав степной фауны: часть степных животных в изменившихся условиях не смогла выжить и вымерла, часть была вынуждена переселиться в мало затронутые человеком сухие степи и пустыни. Так, например, из азиатских степей были вытеснены копытные из группы полуослов — куланы. На грани уничтожения была антилопа сайгак. После ленинского декрета, подписанного в 1919 г., это животное было взято под строгую охрану закона. Такая мера позволила не только сохранить вид, но и значительно увеличить его поголовье: сейчас численность сайгака приблизилась к двум миллионам и на него частично разрешена промысловая охота. В пустынных степях Центральной Монголии обитала дикая лошадь Пржевальского. В Европе в прошлом веке вымер (точнее, был уничтожен человеком) другой вид дикой лошади — тарпан, обитавший в степях Украины. Намного раньше был истреблен дикий степной бык — тур. Постепенно исчезают степные птицы стрепет и дрофа.

Обилие зернового корма вызвало увеличение численности грызунов, зерноядных птиц и насекомых, таких, как полевые мыши, хомяки, суслики, серые полевки, голуби, воробьи, клоп-черепашка и многие другие. Параллельно увеличивается поголовье хищников: сов, канюков, хорьков, лисиц, питающихся грызунами.

Эти хищники оказывают человеку неоценимую услугу, уничтожая грызунов, поэтому их не только нельзя убивать, а, наоборот, нужно взять под особую охрану.

ЭКОСИСТЕМЫ ПУСТЫНЬ

Обширные площади суши занимают пустыни. Наиболее крупные массивы их имеются в Центральной Азии (Гоби, Такла-Макан, Алашань), Средней Азии (Каракумы, Кызылкум), на всем Аравийском полуострове, в Африке (Калахари, Намиб, Сахара), в южной и центральной частях Северной Америки, в Южной Америке (Атакама), в Австралии (Большая Песчаная пустыня).

Климатические условия пустынь отличаются крайней неблагоприятностью для растений. Количество осадков не превышает 200 мм/год, а в некоторых пустынях осадки не выпадают годами (Намиб в Южной Африке, Атакама в

Южной Америке). В таких пустынях скудная растительность существует только за счет влаги, конденсирующейся в грунте из воздуха, или за счет грунтовых вод, если они находятся в пределах досягаемости корней. Характерны резкие колебания суточных температур. Например, в Намибе ночью температура иногда падает ниже 0°C , а днем поднимается до $+40-45^{\circ}\text{C}$. Дефицит влаги достигает огромных величин. Так, в Алжирской Сахаре в течение года может испариться воды в 50—60 раз больше, чем количество осадков, выпавших за это же время; в Ливийской пустыне за год мог бы испариться слой воды в 4000 мм, а дожди здесь выпадают лишь раз в 5—6 лет. Прогревание поверхности почвы солнечными лучами до температуры $+70^{\circ}\text{C}$ и даже выше, а также сильные сухие ветры, очень часто дующие в пустыне (например, самум в Сахаре, афганец в Каракумах и т. д.), делают еще более острой проблему снабжения организмов водой. Поэтому все живые организмы, обитающие в пустыне, выработали разнообразнейшие приспособления для экономного ее расходования. Различают растения, активно и пассивно борющиеся с недостатком влаги и высокой температурой. Пассивно борющиеся — это эфемеры и эфемероиды. Эти растения, как только выпадают дожди, быстро начинают расти, развиваются и к началу сухого сезона полностью проходят цикл развития до цветения и образования семян. Разница между ними заключается лишь в том, что эфемеры — это однолетние растения, переживающие сухой период в виде семян, а эфемероиды, как мы уже отмечали выше, — это многолетники, переживающие неблагоприятные условия в виде корневищ, клубней или луковиц. Таким образом, эти растения попросту «убегают» от засухи и «не видят» пустыни. Наиболее распространенные эфемеры наших среднеазиатских пустынь — это маки, вероника, мортук, малькольмия; эфемероиды — афганский лук, ирис, ревень, мятлики живородящий, пустынная осока. Весной после выпадения осадков пустыня покрывается сплошным зеленым ковром с часто разбросанными голубыми, белыми, розовыми, красными крапинками цветущих растений. Но уже к середине мая запас влаги в почве истощается, сочная зелень исчезает и устанавливается однотонная бурая окраска, которая сохраняется вплоть до следующей весны. В это время только заросли многолетних пустынных растений несколько разнообразят унылую картину.

Все растения, активно приспособившиеся к пустынным

условиям, являются многолетниками. Травянистые растения этой группы — это колючие сухие травы с широко разветвленной поверхностной корневой системой, способной улавливать то небольшое количество влаги, которое образуется в почве при конденсации водяных паров. Таков, например, злак аристиды. Часть растений имеет мощную, глубоко укореняющуюся корневую систему, проникающую до уровня грунтовых вод. Например, корни саксаулов достигают 10—12 м глубины. Эти растения вовсе не имеют листьев, и фотосинтез у них совершается в зеленых однолетних побегах. Есть целая группа растений, запасующих воду в своем теле, например кактусы, молочаи. Из растений среднеазиатских пустынь такой способностью обладают виды, произрастающие на солончаках: солерос, солянка мясистая и др. Водозапасающие растения объединяются под общим названием суккуленты. Суккуленты очень экономно расходуют воду. Так, в одном опыте шаровидный кактус массой 37 кг не поливали в течение шести лет. За это время он потерял 11 кг, но все-таки остался живым.

Пустынные животные тоже имеют разнообразные приспособления для экономии воды. Некоторые животные имеют жизненный ритм, синхронный с годовым ритмом: они деятельны лишь в определенный, благоприятный для них период, а при наступлении неблагоприятного периода впадают в спячку, например среднеазиатская черепаха. Другие приспособились к суточным ритмам. Оригинальные пустынные и сухостепные грызуны-тушканчики днем укрываются во временных норах с единственным ходом, а в сумерки и ночью ведут активный образ жизни. Тушканчики довольствуются той влагой, которая попадает в их организм с пищей, и за всю свою жизнь не выпивают ни капли воды. Типичные пустынные аборигены, такие, как ящурки, тоже не переносят высокой температуры и прячутся днем от солнца в толще песка или в тени. Если извлечь ящурку из укрытия и поддерживать несколько минут на солнце, то она погибает от перегрева. В жаркое время дня наиболее высокая температура бывает на поверхности почвы. Здесь она достигает +70—80 °C, а на высоте нескольких десятков сантиметров значительно ниже, да и ветром обдувает. Это отлично знают обитатели пустыни. В полуденные часы они влезают на ветки пустынных кустарников, саксаула и там дожидаются вечерней прохлады. Так поступают некоторые змеи, степная агама, насекомые.

Есть животные, которым регулярно нужна вода. Это верблюды, антилопы, пустынные птицы. Все они являются хорошими бегунами или летунами и в поисках воды способны пробегать или пролетать огромные расстояния. Их организм тоже приспособлен к экономному расходованию воды. Наиболее интересен в этом отношении верблюд. Он отличается рекордной устойчивостью к потере воды организмом: если все другие млекопитающие погибают при потере 20 % воды, содержащейся в их организме, то верблюд погибает лишь при потере 40 % воды. Зато, добравшись до воды, он выпивает ее в громадных количествах. Организм верблюда способен к терморегуляции. Как и другие животные, для того чтобы избежать перегрева, верблюд потеет. Однако если остальные позвоночные начинают потеть уже при $+37^{\circ}\text{C}$, то верблюд потеет только при достижении температуры тела $+41^{\circ}\text{C}$. Это тоже в какой-то степени помогает экономить воду. Ночью температура тела верблюда поддерживается на 10° ниже по сравнению с дневной.

Рассмотрим цепи питания пустынных экосистем. Зелеными частями растений питаются джейраны, заяц-песчаник, тушканчики, черепахи, тонкопалый суслик, песчанки. Из насекомых-фитофагов наиболее распространены жуки-златки, жуки-чернотелки, снежные хрущи. Довольно много зерноядных птиц (пустынный и саксаульный воробьи, буланный выюрок). Они поедают семена кустарников и трав. Подземные части растений поедают тушканчики, некоторые жуки-чернотелки, личинки различных насекомых. Опад растений перерабатывают преимущественно пустынные мокрицы. Минерализацию органических остатков производят главным образом бактерии. Настоящих хищников в пустыне сравнительно немного. Большинство из них — это животные небольшого размера: пустынный волк, маленькая пустынная лисичка корсак; в Сахаре это лисичка фенек и большеухая лиса; есть несколько видов пустынных котов: барханный, манул, длиннохвостая степная кошка, пустынная рысь каракал и лучший бегун мира — гепард. Последние два вида теперь редки. В азиатских пустынях широко распространена перевязка — пестрый, очень подвижный зверек, поселяющийся прямо в колониях грызунов-песчанок, «в доме» своей жертвы. Пернатые хищники пустынь — стервятники, грифы, белоголовые сипы, орел-беркут, пустынный ворон. Орел-беркут и пустынный ворон в основном

поедают грызунов и более крупных животных, а первые три вида специализируются на поедании падали. Из пресмыкающихся на грызунов охотятся змеи, серый варан.

Насекомых поедают птицы — бормотушки, скотоцерки и др. Гусеницами, бабочками, мелкими хрущами и другими питаются ящерицы: сетчатые ящурки, круглоголовки. На ночных насекомых охотятся гекконы и хищные членистоногие (тарантулы, скорпионы, фаланги, жужелицы). Они поедают насекомых и их личинки, а фаланги справляются и с мелкими ящерицами.

Из хищников второго порядка (хищники, поедающие хищников) можно назвать некоторых змей — эфу, стрелузмею, песчаного удавчика; из насекомых таковы крупная жужелица-антей, личинки муравьиных львов. Жужелица-антей устраивает засаду у входа в муравейник и ловко хватает выбегающих муравьев. Личинка муравьиного льва выкапывает в песке воронкообразное углубление, а сама устраивается на его дне. Зазевавшийся муравей скачивается вниз и попадает прямо в челюсти хищника.

Таковы в общих чертах пищевые связи в экосистемах пустынь. В целом запасы биомассы и продуктивность пустынной растительности невелики и в зависимости от типа растительности колеблются от 25 ц/га до 150 ц/га. Только на участках, поросших саксаулом белым, биомасса может достигать 500 ц/га. Годовая продуктивность также невелика — 10—50 ц/га, в белосаксаульниках — до 80 ц/га. Низкая продуктивность ограничивает численность обитателей пустынь.

Экосистемы пустынь существуют в крайних (экстремальных) условиях, набор видов, входящих в состав экосистем, ограничен, и они практически не могут заменить друг друга в пищевых цепях. Поэтому пустынные экосистемы легко вывести из равновесного состояния и разрушить, причем самовосстановления равновесия не происходит. Например, если нарушить перевыпасом скота растительный покров пустыни, то очень быстро придут в движение пески и пустынная растительность уже не сможет повторно их закрепить. Это возможно только при целенаправленном вмешательстве человека. Так, в последнее время довольно широко развернулись работы по закреплению подвижных песков пустыни Каракумы. Кстати, полагают, что подвижные пески Каракумов возникли в отдаленные времена по вине человека как следствие перевыпаса скота. Такие же предположения высказывают и

относительно пустыни Сахары. Так это или не так, сейчас трудно установить точно, но не вызывает сомнения, что доля вины человека в этом есть: ведь установлено, что в настоящее время Сахара расширяется на юг, в сторону экватора, ежегодно наращивая свою площадь на 100 тыс. га, и причиной этого является уничтожение саванной растительности и вырубание экваториальных лесов. Что происходит сейчас, могло произойти и в древности.

ЭКОСИСТЕМЫ САВАНН И РЕДКОЛЕСИЙ

Территории, занятые саванной растительностью, располагаются в тех частях материков, где круглогодично держится высокая температура, а осадки выпадают неравномерно: имеется четко выраженный сухой сезон (зимние месяцы) и сезон дождей (летние месяцы). Среднегодовая температура в саванне $+20-30^{\circ}\text{C}$, количество осадков — 900—1500 мм в год.

Наибольшие по площади и наиболее типичные экосистемы саванн расположены на Африканском континенте. Здесь они подковообразно охватывают с севера, востока и с юга территорию, занятую влажными экваториальными лесами (в бассейне реки Конго). В Австралии растительность, близкая к саванной, расположена на севере и отчасти на северо-востоке материка. В Азии саванновидная растительность занимает часть полуострова Индостан и Юго-Восточной Азии. В Южной Америке наиболее близки к саваннам льяносы в бассейне реки Ориноко и в некоторых других районах с выраженной сезонностью выпадения осадков.

Почвы саванн, как правило, имеют красноватый или красный, иногда оранжевый или желтый цвет. Это объясняется тем, что минеральные соединения, которые входят в состав почвы, очень богаты окисью железа (Fe_2O_3), которая имеет красный цвет. Эти почвы так и называются — красные почвы. Содержание гумуса в них невысокое — 1—4 %, содержание химических элементов также сравнительно невысокое, и поэтому почвы саванн известны как малоплодородные.

Типичная саванна представляет собой равнинную территорию, занятую травянистой растительностью, в составе которой преобладают высокие злаки с редко разбросанными, отдельно стоящими деревьями. В африканской саван-

не, которая, как мы уже сказали, является наиболее типичной, очень характерен из древесных растений баобаб. Это замечательное дерево живет 4—5 тыс. лет, высота его достигает 25 м при диаметре 9,5 м. Сочные, крупные плоды баобаба — любимое лакомство обезьян, и поэтому местные жители называют его «обезьяньим деревом». Баобаб тесно связан с саванной и нигде больше не произрастает: ни в пустыне, ни в тропическом лесу. Кроме баобаба, характерны акации с кронами в виде зонтика и тонко рассеченными листьями. В составе травянистых растений преобладают высокорослые злаки: слоновая трава, сахарный тростник, просо и др., достигающие 1—3 м. Листья саванных трав очень жесткие, колючие, т. е. имеют строение, характерное для растений сухих районов и приспособленных к борьбе с засухой. Такие растения называют ксерофитами.

В засушливый период жизнь в саванне замирает. Зато, как только выпадут первые дожди, саванна буквально взрывается жизнью. Вот как описывает немецкий исследователь Зигфрид Пассарге пробуждение саванны с наступлением сезона дождей: «Зноем дышит яркий свет тропического солнца среди этого бедного тенью ландшафта. Однако, когда сухость и жара достигают своего апогея, когда все пылает и засыхает, тогда как раз многие деревья покрываются светло-зелеными, блестящими, словно лакированными листьями. Развиваются длинные сережки цветов, опыляемых ветром, а крупные цветы испускают одуряющий аромат. Когда же начинаются ливни и дождь с шумом падает с неба, злаки и травы вырастают с поразительной быстротой, покрываются листьями последние голые деревья, зацветает и благоухает все кругом, и множество насекомых жужжит и трепещет в воздухе».

Биомасса растительности достигает 100—200 т/га, продуктивность саванной растительности обеспечивает огромное количество фитофагов.

Очень характерными фитофагами саванн являются многочисленные антилопы, газели, буйволы, слоны, зебры, жирафы, носороги. Первое место по численности и разнообразию видов занимают антилопы, в большинстве своем очень красивые животные с большими, выразительными глазами: зебу, гну, импала, бубалы, куду, канны и др. Самые мелкие из антилоп — газели. Так, антилопа дик-дик ростом с зайца. Но среди антилоп есть и гиганты: канны достигают массы в одну тонну при росте в 2 м.

Среди растительноядных животных существует строгая специализация в питании: одни из них питаются только ветками и листьями кустарников, другие — только травянистыми растениями, а третьи включают в свой рацион и то и другое. Из животных, питающихся исключительно листьями деревьев и кустарников, следует прежде всего назвать жирафа. Это животное обгладывает ветки на пятиметровой высоте. Слоны также питаются в основном ветвями и листьями деревьев, но едят они и траву. Слон может измельчить своими мощными широкими зубами ветку толщиной в руку человека, захватить хоботом и содрать целый пучок древесных ветвей. С помощью бивней он выкорчевывает деревья диаметром до 25—30 см. У сваленных деревьев слоны объедают не только листья и ветви, но также корни и кору. Чтобы добыть клубни и луковицы растений, слон вспахивает бивнями землю. Антилопа геренук, носорог объедают деревья и кусты до высоты 2 м, и, наконец, самые нижние ветви и траву у самой земли съедает антилопа дик-дик. Животные, питающиеся травами, тоже поедают их побеги (в зависимости от вида животного) на разной высоте. Зебры откусывают только самые верхние части, причем поедают не любое растение, а только определенные виды; антилопы гну скусывают более нижние части — то, что не тронули зебры; самые низкорослые растения поедают газели; высокие сухие стебли, которыми пренебрегают остальные животные, служат отличным кормом антилопам топи. Тем самым топи снижают опасность пожаров в саванне.

Растительноядные животные постоянно кочуют по саванне, а в определенные периоды совершают и очень отдаленные переходы. При этом они объедают растения на пастбище не полностью, поскольку, как мы уже видели, каждое животное предпочитает какие-то определенные виды растений и поедает их не целиком, а только на определенной высоте. Таким образом, при совместном обитании множества видов животных корма используются максимально и наиболее рационально.

Мелкие травоядные животные немногочисленны. Они представлены в основном грызунами, среди которых много видов, поедающих семена или плоды. Наибольшее число грызунов относится к семействам мышиных и беличьих. Главную их пищу составляют семена, плоды, луковицы, частично зеленые и животные корма (различные беспозвоночные).

Из беличьих наиболее часто встречаются земляные белки. В Южной Африке обитает интересный зверек — кафрский долгоног. Он имеет короткие передние лапы и очень длинные задние. Убегая от опасности, долгоног совершает прыжки длиной до 2 м, наподобие кенгуру. Питается он луковичками, плодами, зеленью, мелкими животными. В африканской саванне обитает довольно большое количество обезьян, в основном различных павианов. Поедают они все, что попадает им в лапы: листья, плоды деревьев, насекомых, гусениц, ящериц, птиц, мышей.

Из насекомых-фитофагов многочисленны различные виды саранчи. Саранча в некоторые годы размножается в несметных количествах и начисто уничтожает растительность на огромных площадях. Вред, наносимый саранчой, увеличивается еще и тем, что огромные стаи этих прожорливых насекомых совершают сверхдальние перелеты. Так, в 1929 г. стаи перелетной саранчи из Северной Африки достигли юга нашей страны. Кроме саранчи, из насекомых-фитофагов обычны здесь цикады, тли, червецы, щитовки, клопы, различные жуки (хрущи, листоеды, усачи, слоники), гусеницы бабочек. Многочисленны муравьи.

Огромную роль в экосистемах саванн играют хищники. Здесь они выполняют ту же работу, что и в других экосистемах, т. е. в первую очередь являются санитарами, уничтожая больных и слабых животных, регулируют численность фитофагов, не позволяя им размножаться бесконтрольно. Необдуманное уничтожение хищников не раз являлось причиной настоящих бедствий. Например, в Кении в некоторых районах полностью уничтожили леопардов. В результате размножившиеся павианы начали опустошать посевы культурных растений, и власти были вынуждены вновь завезти леопардов из других районов. Наиболее известным хищником Африки является лев. Основная его пища — это практически все крупные растительноядные животные вплоть до жирафов, носорогов и слонов. Разумеется, лев охотится не на взрослых слонов и носорогов, а на их детенышей. Леопарды охотятся в основном на павианов. Многочисленные стаи гиеновых собак рыскают по саванне. Они являются врагом номер один антилоп. Гиеновые собаки невелики ростом, но они охотятся большими, хорошо организованными стаями, нападают сообща и поэтому могут одолеть очень крупную добычу. Даже лев испытывает страх перед ними. Гиены являются падальщиками. Но они часто ловят и живую

добычу, в основном больных и ослабленных, раненых и старых животных. Умиравший от ран или старости лев также становится добычей гиен. Гиена очень неразборчива в еде. Голодная, она поедает все: мышей, ящериц, змей, птичьи яйца, даже саранчу и пауков. Из более мелких хищников можно привести в качестве примера дикуую африканскую кошку, хищных виверр, каракала, мангуст — охотников на змей...

Довольно разнообразны и многочисленны пернатые хищники. Наиболее интересна птица-секретарь, внешним обликом поразительно напоминающая орла на журавлиных ногах. Основная пища этой птицы — змеи, ящерицы, мелкие грызуны, саранча. Поедает змей и аист марабу. Внешний вид его: большая некрасивая голова посажена на голую, лишенную перьев шею и украшена длинным толстым клювом. Неспешными шагами расхаживает он по саванне, отыскивая и хватая все, что может проглотить. При случае и щенок шакала может найти конец в ненасытном зобу этой птицы. Многочисленны хищные птицы: ястребы, коршуны, грифы. Из других птиц многочисленны ткачики, жаворонки, перепела, цесарки, а также знаменитый африканский страус.

Разнообразны и многочисленны пресмыкающиеся: змеи, ящерицы. Основная их пища — это мелкие зверьки, птицы, птичьи яйца, насекомые.

Основную роль в переработке растительного опада, главным образом отмерших деревьев, выполняют термиты, или «белые муравьи». К муравьям, однако, эти в высшей степени интересные насекомые не имеют никакого отношения. Систематически они близки к тараканам. Это очень древняя группа, насчитывающая в настоящее время около 2500 видов. Распространены термиты в основном в тропическом поясе, но некоторые виды успешно «освоили» также и внетропические широты. Так, в пределах Советского Союза (юг Украины, Молдавии, Закавказье, Средняя Азия) встречается 7 видов.

Термиты, как, например, и некоторые осы, медоносные пчелы, шмели, муравьи, являются общественными насекомыми, т. е. организованы в семьи, где существует жесткая кастовая система. Члены каст выполняют строго определенные функции, а жизнь всей семьи подчиняется единому ритму.

Наиболее многочисленную часть семьи составляют рабочие — мелкие, мягкотелые бескрылые особи с маленьки-

ми челюстями. Следующая каста — солдаты. Они крупнее рабочих особей, вооружены мощными челюстями. Солдаты выполняют функции по охране гнезда. Если гнезду угрожает вторжение врагов (которых, кстати, у термитов очень много) или иная опасность, солдаты устремляются туда и остаются там до тех пор, пока опасность не будет устранена. Вся семья происходит от одной-единственной родительской пары — «царя» и «царицы». «Царица» выделяется среди прочих особей своими огромными размерами. Старая «царица» тропических термитов может достигать в длину до 10 см и быть толстой, как сосиска. Брюшко ее буквально нашпиговано яйцами. Самки некоторых видов термитов обладают воистину фантастической плодовитостью — за сутки они откладывают до тридцати тысяч яиц! Высокая плодовитость имеет приспособленное значение — только благодаря этому поддерживается численность «населения» термитника, которое в противном случае было бы быстро уничтожено (съедено) хищными животными. В одном термитнике обитает около 2—3 млн. особей, а общая численность этих насекомых не поддается учету.

Среди термитов есть виды гумусоядные, жнецы, питающиеся древесиной живых растений, но особенно многочисленны виды, питающиеся сухой мертвой древесиной. Удивительная способность переваривать древесину обусловлена, оказывается, тем, что в кишечнике насекомых живут микроскопические одноклеточные простейшие животные и бактерии. Они-то и переваривают древесину, превращая ее в вещества, которые и усваиваются организмом насекомого.

Тело термитов лишено защитных покровов, поэтому они не выдерживают ни высоких или низких температур, ни сухого воздуха. Они могут существовать только в тепле, но солнечного света не выдерживают, им нужно постоянное увлажнение воздуха. Поэтому эти насекомые сооружают очень сложно устроенные гнезда — термитники. Основная часть термитника находится под землей, над поверхностью почвы возвышается лишь незначительная его часть, но и она иногда достигает 4—6 м высоты. В таком гнезде в любую жару сохраняется температура +30 °C и постоянная влажность воздуха. Повсюду в саванне торчат надземные части их сооружений, напоминающие то замок с башенками, то шпиль, то гору в миниатюре, и т. д.

Там, где есть толстый слой опада, многочисленны свер-

чки, уховертки, тараканы. В гниющей древесине живут личинки усачей, бронзовок, златок...

Автор замечательной книги «Африканский рай» испанец Феликс Родригес де ла Фуэнте, рассказывая об обитателях саванны Серенгети, писал: «Проследим путь, который проходит энергия, приносимая на землю солнечным лучом. Она дает жизнь сочной траве, покрывающей равнину Серенгети. Трава дает газели Гранта пищу, а с ней передает и энергию. Леопард убивает газель и поддерживает свою жизнь ее мясом. Группа львов настигает леопарда вдали от прибрежных кустарников, умерщвляет его и кормится его плотью. На стареющего льва набрасываются кровожадные гиены и, пожирая его мясо, восстанавливают свою энергию.

На следующий день несколько граммов азотного удобрения, содержащегося в сухих экскрементах гиены, возвращаются в землю саванны.

Круг замыкается».

ЭКОСИСТЕМЫ ВЛАЖНОТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСОВ

Влажнотропические леса произрастают при наиболее благоприятных климатических условиях: температура здесь круглый год колеблется в пределах $+25-30^{\circ}\text{C}$, количество осадков в среднем равно 2000—4000 мм в год. В течение всего года осадки выпадают равномерно, и поэтому здесь отсутствует засушливый сезон. Наиболее обширные массивы таких лесов расположены в Африке в бассейне реки Конго, в Южной Америке в бассейне реки Амазонки, Гвиане, на острове Новая Гвинея, на тихоокеанских островах.

В этой зоне наиболее широко распространены почвы красного или близкого к нему цвета, и поэтому эти почвы называются красными, оранжевыми и желтыми. Почвы влажнотропических лесов малоплодородны, гумусовый горизонт имеет толщину всего в несколько (5—7) сантиметров, который к тому же содержит очень мало (всего несколько процентов) гумуса. Бедны они и различными элементами минерального питания растений, в частности содержат очень мало кальция. В то же время, как мы увидим несколько ниже, именно на этих территориях распространена наиболее мощная растительность. Как же объяснить этот парадокс? Оказывается, большая часть запасов химических элементов, необходимых для питания

растений, содержится не в почве, как в ландшафтах других природных зон, а в составе органических веществ в телах живых растений. По данным Ю. Одума, в тропическом лесу более 58 % общего азота заключено в биомассе, в то время как в сосновом лесу, произрастающем в Англии, в биомассе деревьев содержится всего 6 % запаса азота, остальная часть «хранится» в почве. Погибшие растения в условиях постоянно влажного и жаркого климата очень быстро перегнивают, минерализуются, и содержащиеся в них химические элементы возвращаются в почву. Здесь они быстро перехватываются корнями живых растений и опять включаются в состав органических веществ. Если бы химические элементы не захватывались сразу корнями растений, то очень быстро были бы вымыты из почвы мощными тропическими ливнями. Таким образом, в результате энергичного круговорота одно и то же количество химических элементов в экосистемах влажнотропических лесов за относительно короткий срок проходит больше циклов биологического круговорота (почва — растение — почва —...) и в результате участвует в создании большей биомассы, чем, скажем, в упомянутом уже сосновом лесу.

Деревья во влажнотропических лесах имеют стройные высокие стволы, начинающие ветвиться только у самой верхушки. Высоко над землей их кроны так густо переплетаются, что образуют практически непроницаемый для солнечных лучей полог. Поэтому здесь всегда царит зеленый сумрак. Очень интересно строение листьев высоких деревьев. Они имеют склерофильное строение, т. е. приспособлены к экономному расходованию влаги: очень жестки, покрыты сверху плотной блестящей кожей, иногда даже волосами. И это у деревьев, растущих в районах, где выпадает самое большое количество осадков на Земле! Объясняется этот парадокс следующим образом. Днем из-за сильного нагревания солнечными лучами листья усиленно испаряют воду, она не успевает в эти часы подниматься к листьям в достаточном количестве, листья испытывают дефицит влаги. Поэтому деревья приспособились экономить воду. Такое строение имеют только листья высоких деревьев, подвергающиеся нагреву прямыми солнечными лучами, а листья растений, произрастающих под пологом леса, мягки и нежны, как и в лесах умеренных широт. Интересной особенностью, характерной только для деревьев, произрастающих во влажнотропических лесах,



Рис. 9. Досковидные корни фига в тропическом лесу.

является наличие досковидных корней (рис. 9). Они отходят во все стороны от основания ствола, напоминая доски, поставленные на ребро, за что и получили свое название. Назначение этих корней еще не выяснено, но полагают, что они помогают деревьям лучше закрепляться в почве. Дело в том, что почвы здесь, как правило, мало мощны и корни деревьев не заглубляются больше чем на полметра. Досковидные корни увеличивают площадь опоры

дерева и таким образом повышают его устойчивость. Для многих деревьев характерна также каулифлория, т. е. расположение цветков, а затем и плодов не на кончиках ветвей, как в наших лесах, а прямо на стволах. Какое значение это имеет, тоже до настоящего времени не выяснено, но полагают, что расположение цветков на стволах, возможно, облегчает опыление их многочисленными насекомыми, ползающими по стволу.

Характерной особенностью влажнотропического леса является невыраженность ярусов. Поэтому здесь все пространство по вертикали, от земли и до кроны самых высоких деревьев, т. е. до 40—60 м, равномерно заполнено кронами различных растений. В видовом отношении эти леса являются самыми богатыми растительными сообществами Земли. Как пишут исследователи, работавшие в этих лесах, здесь проще найти 100 видов, чем сто экземпляров одного вида. В книге «В тропической Африке» советский ботаник П. А. Баранов пишет, что на 1 га леса приходится 400—700 крупных деревьев, относящихся примерно к 100 видам.

На разных материках основные породы, образующие влажнотропические леса, разные. В Африке преобладают виды из семейства бобовых, например железное дерево, лофира тонкокорая, в Южной Америке также много видов из бобовых, но преобладают пальмы. Здесь произрастает знаменитый каучуконос — гевея. В Азии и на островах Океании распространены леса, в составе которых есть

такие ценные породы, как камфарное дерево, тиковое дерево. Из травянистых растений здесь много бамбука.

Весьма заметным компонентом влажнотропических лесов являются лианы и эпифиты¹. Самая замечательная лиана — ротанговая пальма. Длина ее стебля достигает 300 м. Кроме пальм, есть лианы из родов фикуса, перца, ванили. Иногда лианы своими стеблями сплошь обвивают деревья на больших площадях так, что можно пройти значительные расстояния, ни разу не ступив на землю. Эпифиты поселяются на стволах деревьев, закрепившись за трещины и неровности коры. Питательные элементы они получают из дождевой воды, стекающей по стволу, а также из пыли и органических остатков, которые оседают здесь в небольших количествах. Наибольшее количество эпифитов относится к роду орхидей. Эпифиты есть и среди кустарников и даже среди деревьев. Эпифитами являются растения — «душители» из рода фикусов. Сначала фикус, поселившийся на дереве, не причиняет ему вреда, а использует его лишь в качестве опоры. Но затем начинается усиленный рост корней. Плотнo прижимаясь к стволу дерева, его корни спускаются до земли и укореняются. Постепенно корни утолщаются настолько, что «душат» хозяина и оно отмирает. Считается, что и эпифиты, и лианы — это формы приспособления растений для выживания в условиях недостатка света под пологом влажнотропического леса. Используя другие растения в качестве опоры, они выносят свои кроны ближе к свету.

Из травянистых растений здесь наиболее интересен бамбук — гигант среди трав. Кроме бамбука, распространены многочисленные папоротники, бананы.

Влажнотропические леса имеют самую большую биомассу, превышающую биомассы всех других типов растительности. Продуктивность их также рекордно высока. В среднем биомасса равняется 600—700 т/га, а в сельве Южной Америки, в бассейне реки Амазонки, она достигает 1700 т/га; продуктивность этих сообществ — 30—50 т/га сухой массы в год.

Столь высокая продуктивность и благоприятные климатические условия делают возможным существование большого числа разнообразных животных. Пищевые связи

¹Эпифитами называют растения, поселяющиеся на других растениях, но не паразитирующие, а использующие их только в качестве опоры для прикрепления.

влажнотропических лесов очень сложны и изучены еще далеко не полностью.

Таких крупных животных, как в саванне, ни среди растительоядных, ни среди хищных нет. Потребители зеленой массы — это горилла, обезьяны-колобусы, мар-тышки, шимпанзе, а также из копытных — дукеры, африканский оленек, кистеухая свинья. Однако все они в той или иной мере разнообразят свой рацион и за счет животной пищи: поедают насекомых, червей, моллюсков и даже мелких животных и птиц. Так, лесные антилопы — дукеры и оленек — кормятся молодыми побегами трав, ветвей, упавшими плодами и обязательно мелкими животными: насекомыми, моллюсками, крабами, мелкими грызунами. В неволе они ловят и поедают цыплят, голубей.

Очень разнообразна и многочисленна группа насекомых-фитофагов. Листья поедают хрущи, жуки-листоеды, их личинки, личинки многочисленных бабочек, лесные саранчовые, палочники. Палочники выработали в целях маскировки удивительную способность принимать форму, цвет и даже рисунок сучков и листьев. В зависимости от обстановки и настроения эти насекомые могут менять окраску. Многочисленны виды, сосущие соки из листьев, ветвей или корней. Наиболее известны из них певчие цикады, их личинки. Кроме того, сходным образом питаются горбатки, фонарницы, тли, червецы и многие клопы. В Экваториальной Африке, например, насчитывается около 10 тыс. видов насекомых.

Под пологом влажнотропического леса почти никогда не бывает ветра, и поэтому здесь очень важную роль играют животные-опылители (антофилы). Важнейшие из них — медоносные пчелы и пчелы-древогрызы. Кроме того, в опылении участвуют различные мухи, бабочки, муравьи. Некоторые растения опыляются птицами и летучими мышами.

Самые распространенные насекомые, питающиеся отмершей растительной массой, — это термиты. Их роль в экосистемах влажнотропических лесов настолько велика, что если бы они по каким-либо причинам исчезли здесь, то очень скоро деревья полностью использовали бы запасы минеральных веществ почвы, на почве накопился бы толстый слой переработанного опада (листья, ветви и упавшие стволы деревьев, отмершие остатки травянистых растений и т. д.) и лес прекратил бы свое существование. Как было уже сказано выше, сами термиты не способны

усваивать клетчатку древесины, которой они питаются. В их кишечнике живут одноклеточные простейшие из жгутиковых, они-то и расщепляют клетчатку на простые углеводы (сахара), которые и усваиваются организмом насекомого. Жгутиковые могут существовать только в кишечнике термита, в другой среде они погибают. Здесь мы видим пример теснейшего симбиоза: ни термиты без простейших, ни простейшие вне кишечника термитов не могут существовать. Кроме термитов, растительным опадом питаются многочисленные виды: тараканы, уховертки, сверчки, сахарные жуки, бронзовки, нематоды. Минерализацию органического опада производят бактерии.



Рис. 10. Внешний облик панголина.

Крупных хищников во влажнотропическом лесу немного. Из млекопитающих это леопард, основным объектом охоты которого является кистеухая свинья. Кроме леопарда, обитает своеобразный, напоминающий большую еловую шишку панголин (рис. 10). Это исключительно древесный зверь. Панголин разоряет гнезда муравьев и термитов и слизывает мечущихся хозяев гнезд своим длинным липким языком. В основном на грызунов, рептилий и амфибий охотятся виверры.

Крупных хищников во влажнотропическом лесу немного. Из млекопитающих это леопард, основным объектом охоты которого является кистеухая свинья. Кроме леопарда, обитает своеобразный, напоминающий большую еловую шишку панголин (рис. 10). Это исключительно древесный зверь. Панголин разоряет гнезда муравьев и термитов и слизывает мечущихся хозяев гнезд своим длинным липким языком. В основном на грызунов, рептилий и амфибий охотятся виверры.

По способу питания фактическими хищниками являются все рептилии и амфибии. Веслоногие лягушки, лазающая жаба поедают разнообразных насекомых. Сходным образом питаются гекконы, хамелеоны. Рептилии здесь очень разнообразны. Мелкие змеи охотятся на ящериц, мелких зверьков и птиц. Самый крупный представитель рептилий — иероглифовый питон. Его обычная длина 3—5 м, а наиболее крупные экземпляры достигают 9 м и даже более. Основная их пища — мартышки. Прямо в гнездах термитов и муравьев поселяются двуходки и слепозмейки, которые поедают этих насекомых. Однако насекомые не трогают своих злейших врагов, те даже беспрепятственно и размножаются. Оказывается, эти животные выделяют особые вещества, запах которых сбивает с толку насекомых, и те попросту не замечают своих врагов.

Многочисленна группа хищных насекомых. В подстилке, под упавшими деревьями и в дуплах прячутся крупные многоножки — сколопендры, достигающие длины до 20—25 см, скорпионы, многочисленные пауки, жужелицы, стрекозы (вблизи водоемов), хищные осы и крупные мухитыри. Но самой многочисленной группой хищных насекомых являются муравьи. Вообще, как мы уже упоминали выше, муравьи не являются хищниками в точном смысле этого слова. Они получают пищу, например, от тлей в виде сладких выделений, поедают сочные плоды, пыльцу, нектар. Но значительное место в их рационе занимает и животная пища, в основном различные насекомые. Во влажнотропических лесах Африки в настоящее время обнаружено около 600 видов муравьев. Среди них есть и такие, которые строят муравейники и живут оседло, есть и бродячие. Последние не имеют постоянных гнезд. Они беспрерывно кочуют, выстраиваясь в длинные колонны, истребляя по пути все живое. Ничто не может остановить движения такой колонны. При появлении муравьев все живое убегает в страшной панике.

В заключение краткого обзора пищевых связей экосистем влажнотропических лесов отметим следующее. В результате того, что увлажнение и температура здесь находятся в наиболее благоприятных соотношениях в течение всего года, то нет таких резких колебаний в продукции биомассы, а следовательно, и численности животных, какие возможны практически во всех других наземных экосистемах. Разнообразие видового состава животных экосистем влажнотропических лесов и способность многих из них питаться как растительной, так и животной пищей повышает взаимозаменяемость отдельных элементов экосистем, следовательно, повышает их устойчивость.

ЭКОСИСТЕМЫ ОКЕАНОВ И МОРЕЙ

Океаны и моря как среда обитания растительных и животных организмов характеризуются значительным своеобразием экологических условий. Наиболее важное значение для морских организмов имеют такие факторы, как давление, температура, соленость (концентрация солей в воде), вертикальное и горизонтальное перемешивание вод, условия освещенности.

Общая площадь морей и океанов равна 361 млн. км² (или свыше 70 % поверхности планеты). Различают при-

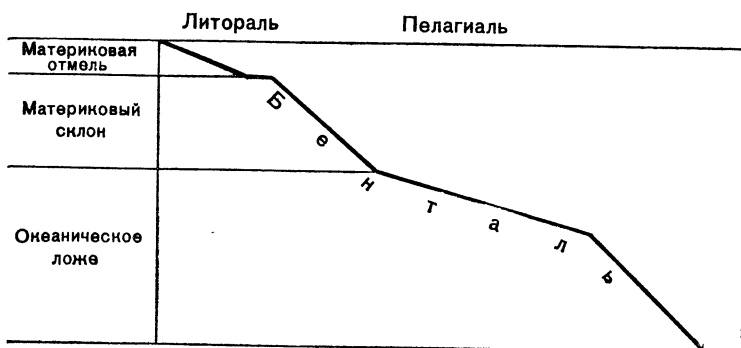


Рис. 11. Схематизированное изображение экологических зон Мирового океана.

брежную мелководную часть (шельф) и глубоководную часть. Шельф окаймляет материки и представляет собой пологую подводную равнину, наклоненную от берега в сторону открытого моря. Как правило, глубины на шельфе не превышают 200 м, а ширина колеблется от нескольких десятков до 1300 км. Суммарная площадь шельфов всех океанов равна приблизительно 8 % от площади дна Мирового океана. В экологических условиях материковой отмели (шельф имеет и такое название) и глубоководной части отмечаются значительные различия, и по этому признаку в Мировом океане выделяют прибрежную область, или литораль, и область глубоководий — пелагиаль (рис. 11). Литораль наиболее благоприятна для развития органической жизни: толща воды хорошо освещается и прогревается, вода богата кислородом, так как вследствие постоянного перемешивания волнами и течениями обедненные кислородом придонные воды выносятся к поверхности, а на их место опускаются насыщенные газом поверхностные воды. Сюда реки выносят огромное количество различных веществ в растворенном и взвешенном состоянии, многие из которых используются морскими организмами в качестве пищи. И наконец, дно здесь изобилует большим количеством разнообразных неровностей, которые могут быть использованы организмами и в качестве субстрата для закрепления, и как убежища, где они прячутся от преследования врагов. Все это обуславливает высокую плотность и разнообразие жизни в литорали и ее высокую продуктивность: по подсчетам некоторых ученых, здесь

сосредоточено более 58 % биомассы донных животных Мирового океана, хотя, повторяем, площадь ее равна всего 8 % от площади дна океана.

Пелагиаль значительно беднее жизнью. Здесь основная масса организмов сосредоточена в верхнем 150-метровом слое, а остальная многокилометровая толща воды заселена незначительно.

Концентрация жизни в верхнем слое объясняется следующими причинами. Единственным источником первичной продукции в пелагиали являются микроскопические водоросли — фитопланктон, а он располагается на глубинах, не превышающих глубину проникновения солнечных лучей. Вместе с фитопланктоном в этом же слое располагается и его основной потребитель — зоопланктон. Зоопланктон представляет скопление простейших животных и мелких рачков. Зоопланктон в свою очередь служит пищей некоторым крупным, активно передвигающимся морским животным: рыбам, китам. Все глубоководные организмы являются гетеротрофами. Они или хищничают, или питаются трупами, падающими из вышележащих горизонтов воды. Пищевые цепи экосистем морей и океанов столь же сложны, что и цепи питания наземных экосистем, и пока еще изучены слабо. Продуцентами в литоральных экосистемах являются фитопланктон и фитобентос¹. В составе фитопланктона преобладают, например, в холодных северных морях диатомовые водоросли. В составе фитобентоса наиболее широко распространены водоросли ламинарии, фукусы, аскофиллюмы. Наиболее распространены в составе зоопланктона микроскопические одноклеточные — глобигерина, из многоклеточных животных — красный калянус, относящийся к веслоногим ракообразным. Биомасса зоопланктона достигает значительной величины — 6—8 г в 1 м³ воды. Зоопланктон является основой питания, например, сельди. Сама сельдь является жертвой разнообразных хищников, в частности нерпы, а нерпа в свою очередь является излюбленным объектом охоты самого крупного сухопутного хищника Арктики — белого медведя. Тюлень — главная, но не единственная жертва белого медведя. Он охотно ловит и поедает рыбу на мелководьях, на берегу — леммингов, песцов и, когда голодает, падаль, ягоды, лишайники и мох.

¹Фитобентос — это растения, прикрепленные ко дну водоема. Различают, кроме того, зообентос, или животные организмы, ведущие донный образ жизни.

До недавнего времени Мировой океан был изучен очень слабо. В последние 15—20 лет проведены широкие разносторонние исследования его ресурсов. Одной из причин, побуждающих развертывать здесь исследования, является проблема обеспечения человечества продовольствием. В связи с быстрым ростом населения Земли увеличивается потребность в продуктах сельского хозяйства. Но на суше не так уж много площадей, пригодных для использования в сельском хозяйстве, значит, рано или поздно продуктов питания, получаемых с этих площадей, окажется недостаточно. Освоение бескрайних просторов Мирового океана позволит многократно увеличить количество производимых продуктов питания и обеспечить в будущем пищей многие миллиарды людей. Причем для получения этих продуктов потребуются намного меньше затрат, чем для получения продукции на суше, так как в море не требуется заботиться об обработке почвы, не надо строить дорогостоящих помещений для скота и т. д. Основное, что требуется здесь,— это удобрять море вовремя и вовремя снимать урожай. Урожаи морских растений будут очень устойчивыми, поскольку здесь практически нет колебаний погоды, которые очень мешают сельскому хозяйству на суше. Таким образом, «морехозяйство» со временем станет таким же распространенным, как сейчас сельское хозяйство.

Изучая море, решая вопросы получения от него максимального количества продукции, наши ученые думают о будущем, о поколениях людей, которые будут жить в коммунистическом обществе. Оказывается, что будничная, внешне малозаметная сегодняшняя работа ученых имеет великий смысл. Так смыкается настоящее с будущим.

БИОСФЕРА КАК ЕДИНАЯ СИСТЕМА

В предыдущих главах мы неоднократно подчеркивали, что во всех экосистемах передача вещества и энергии осуществляется по универсальной схеме. На «вход» экосистемы поступает энергия Солнца, приходящая из космоса, и различные простые неорганические соединения, которые растения берут из окружающей среды (из почвы и воздуха). Автотрофный компонент экосистемы (зеленые растения), используя простые молекулы в качестве «кирпичиков», «строят» сложные молекулы органических веществ. Энергию Солнца растения используют в качестве «цементирующего раствора», с помощью которого «скрепляют» простые молекулы в сложные. Энергия и жизнедеятельность организмов в остальных звеньях экосистем поддерживаются только за счет первоначально созданной биомассы и связанной с ней энергии. Отработав в экосистеме, энергия уходит обратно в мировое пространство, а органические соединения распадаются на исходные вещества.

Таким образом, на «выходе» экосистем имеем те же простые неорганические соединения и отработавшую энергию. Следует подчеркнуть, что вещество может использоваться в новых циклах синтеза органических веществ, но повторная «утилизация» энергии невозможна, нужен постоянный ее приток извне.

До сих пор, рассматривая внутренние взаимосвязи в экосистемах, мы не принимали во внимание того, что находится за их пределами. Ход наших рассуждений строился так, как будто экосистемы изолированы от всего, что их окружает. В действительности, конечно, это не так: каж-

дая экосистема контактирует с соседними и взаимодействует с ними. Взаимодействие экосистем осуществляется в процессе обмена веществом и энергией. Следовательно, для любой экосистемы характерны внутренние и внешние связи.

Внутренние связи обеспечиваются в процессе обмена веществом и энергией между живым и мертвым компонентами, а внешние связи заключаются в обмене веществом и энергией с окружающими экосистемами.

В любой экосистеме внутренние связи прочнее, чем внешние. Этим обеспечивается их самостоятельность (автономность). Чем сильнее внутренние связи и чем в меньших масштабах осуществляются обменные процессы с окружающей средой, тем своеобразнее, автономнее экосистема.

Однако в природе не существует полностью автономных экосистем. При внимательном рассмотрении оказывается, что любая экосистема связана с другими тысячами нитей. Например, между экосистемой широколиственного леса и соседнего луга постоянно происходит оживленный обмен. Ветер заносит с луга большое количество семян, спор, засохших остатков растений, в лес забегают животные с луга, залетают птицы и насекомые, которые здесь кормятся (часто и сами становятся кормом), отдыхают, прячутся от врагов, выводят потомство и заодно оставляют экскременты или даже трупы. Параллельно с этим существует обратный поток из леса: животные, птицы, насекомые и прочие беспозвоночные, обитающие в лесу, переходят постоянно на соседний луговой участок и совершают перенос вещества из леса на луг. Ветер выносит на луг семена лесных растений, опавшие листья и др., за сотни километров приносит мельчайшие частички горных пород и почвы, поднятые в воздух при выдувании почв, например, в степи. Вместе с воздушными течениями сюда приносятся и пары воды, испарившейся с поверхности океанов на удалении тысяч километров, и здесь они выпадают в виде осадков. Воздушные же течения подхватывают пары воды, выделяемые растениями при транспирации. Где-нибудь эта влага в свою очередь прольется в виде благодатного дождя.

Или возьмем осенне-весенние перелеты птиц. Это тоже один из каналов обмена веществом между экосистемами, причем экосистемами, удаленными друг от друга на очень большие расстояния (экосистемами высоких и низких ши-

рот). Летом птицы выводят и выкармливают потомство на севере, а осенью многомиллионные армады подросших птенцов вместе с родителями устремляются на юг, унося многие сотни тысяч тонн веществ, использованных на увеличение их биомассы. Огромное количество птиц во время зимовки гибнет, поедается хищниками, и их биомасса остается в местах зимовок. Обратно на север возвращается уже значительно меньшее число птиц, которые опять выведут и вырастят потомство и уведут его на юг.

Таким образом, и весьма удаленные экосистемы связаны друг с другом. Следовательно, все экосистемы Земли взаимосвязаны и находятся во взаимодействии, т. е. вся биосфера представляет собой единое целое — одну экосистему.

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ

Мы уже говорили во вводной части, что человек в ходе своей хозяйственной деятельности интенсивно воздействует на природу, изменяет ее. Причем очень часто действия человека, к сожалению, приносят природе ощутимый вред. Примеры такого влияния также были приведены во вводной части. Поэтому очень острой проблемой современности стала проблема охраны природы. Охрана природы охватывает очень широкий круг проблем. Это и сохранение, и размножение видов животных и растений, возвращение на прежние места обитания диких животных, вытесненных оттуда человеком, защита почв от размывания водой и развевания ветром, прекращение загрязнения различными отходами почв, рек, озер, морей, океанов, атмосферы и многое другое. Вследствие того что в биосфере существует целый ряд круговоротов веществ и сама она представляет единую систему, отдельные части которой взаимообусловлены и взаимовлияют, любое достаточно сильное загрязнение или иное вредное воздействие на ограниченной территории рано или поздно распространится и на другие участки. Например, воздух, загрязненный газовыми выбросами заводов Англии, переносится воздушными течениями через Северное море и губит леса в Швеции. Поэтому борьба за чистоту окружающей среды на какой-то ограниченной территории силами только одного или даже нескольких государств малоэффективна. Здесь нужны объединенные усилия многих стран. Достаточно привести такой пример. Исследуя льды Антарктиды, ученые обнаружили резкое увеличение содержания свинца в верхних слоях льдов. Оказывается, это связано с тем, что

начиная с середины XX в. в мире резко возросло количество автомашин. А автомобили, как известно, работают на бензине, к которому добавляют соединения свинца для увеличения мощности двигателя. После сгорания бензина свинец вместе с выхлопными газами выбрасывается в атмосферу, разносится ветрами по всей планете и выпадает вместе с осадками на земную поверхность ледяного континента. Ясно, что свинцовое заражение атмосферы нельзя прекратить локальными мерами, например переводя автомобили в нескольких странах на топливо, не содержащее свинца. Для этого нужно, чтобы соответствующие меры были приняты в большинстве стран, а еще лучше, во всем мире. Ученые это поняли давно и призывают все страны мира объединить усилия в борьбе за прекращение загрязнения окружающей среды. Нельзя сказать, что эти усилия оказываются безрезультатными. В настоящее время создан и работает целый ряд международных организаций по охране окружающей среды. Например, страны СЭВ и Югославия сотрудничают в соответствии с Соглашением по комплексной программе, принятой в 1971 г. Программа называется «Разработка мероприятий по охране природы». В этой программе выделено шесть главных проблем: разработка гигиенических требований и допустимых норм загрязнения окружающей среды; разработка принципов рекультивации¹ земель и создания культурных ландшафтов, сохранения биологической продуктивности фитоценозов; изучение проблем защиты атмосферного воздуха от загрязнения; исследования по охране воды, водных ресурсов, водных источников от загрязнений промышленным и сельскохозяйственным производством; проблемы, связанные с ликвидацией и утилизацией бытовых и промышленных отходов; выработка научных основ управления и правового регулирования окружающей средой. Научные исследования по каждой из этих шести проблем координирует одна из стран СЭВ. Наша страна координирует исследования по проблемам разработки гигиенических требований и допустимых норм загрязнения окружающей среды.

¹Рекультивация — восстановление плодородия земель, нарушенных в результате хозяйственной деятельности человека: заброшенных карьеров, отвалов пустой породы и т. д. Рекультивация включает в себя цикл работ по разравниванию поверхности, насыпанию на выровненную поверхность слоя почвы, формированию растительного покрова.

Широко известна в настоящее время международная программа «Человек и биосфера», проводимая в рамках Организации Объединенных Наций. Программа принята в 1970 г. и включает 14 проектов для совместных исследований стран:

1. Экологические последствия усиления влияния деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы.

2. Экологическое влияние различных видов землепользования практики хозяйствования на лесной ландшафт умеренной зоны и Средиземноморья.

3. Воздействие человеческой деятельности и способов землепользования на пастбища: саванна и травянистые ландшафты (от умеренных до засушливых районов).

4. Влияние деятельности человека на динамику экосистем засушливых и полузасушливых зон с уделением особого внимания последствиям ирригации.

5. Экологическое влияние деятельности человека на значение и ресурсы озер, болот, рек, дельт, эстуариев и прибрежных районов.

6. Влияние человека на горные и тундровые экосистемы.

7. Экология и рациональное использование островных экосистем.

8. Сохранение естественных районов и содержащегося в них генетического материала.

9. Экологическая оценка борьбы с сельскохозяйственными вредителями и использования удобрений в земных и водных экосистемах.

10. Влияние основных видов инженерно-технических работ на человека и окружающую его среду.

11. Экологические аспекты городских систем с уделением особого внимания использованию энергии.

12. Взаимодействие между преобразованиями окружающей среды и структурной приспособленности, демографии и генетики населения.

13. Понимание состояния окружающей среды.

14. Исследование состояния окружающей среды и ее воздействия на биосферу.

Программа «Человек и биосфера» предусматривает создание целой сети биосферных заповедников во всех природных зонах Земли. Основная задача, которую должны решать биосферные заповедники, — это сохранение участка данной природной зоны в естественном состоянии. По-

этому такие участки должны полностью исключаться из хозяйственного использования. Это будут своего рода эталоны, с которыми будут сравниваться другие территории зоны, когда потребуется оценить глубину изменений в них, происшедших под влиянием человека. Кроме того, биосферные заповедники должны служить хранилищами диких видов и разновидностей растений и животных.

Можно задать вопрос: а нужны ли вообще дикие растения и животные? Оказывается, нужны, и очень. Рассмотрим это на следующем примере. В настоящее время у нас в СССР ведется интенсивное освоение районов Крайнего Севера и Восточной Сибири (например, на севере Тюменской области, где найдены месторождения нефти и газа, или в Якутии, где находятся богатейшие месторождения различных полезных ископаемых), в ближайшие десятилетия будут построены крупные промышленные предприятия и города. Чтобы обеспечить быстро увеличивающееся население этих районов продуктами сельского хозяйства, необходимо завозить их из южных районов страны, так как на месте они не производятся. Это обходится очень дорого. Значительно проще и дешевле было бы производить эти продукты на месте. Но эти территории расположены в районах с крайне суровым климатом, и существующие сорта культурных растений здесь не могут расти. Нужны морозостойкие сорта, например, картофеля. Все культурные сорта картофеля высокоурожайны, но избалованы и не выдерживают даже слабых заморозков. Дикий его предок, обитающий в высокогорьях Анд, очень вынослив и может выдержать понижение температуры до -7°C . Если привить это качество дикаря культурному картофелю, то желаемый сорт будет получен. Однако запасы дикого картофеля в Андах в настоящее время быстро исчезают: он используется для оздоровления культурных сортов и поэтому усиленно вывозится отсюда. Значит, его нужно охранять, поскольку исчезновение этого растения приведет к безвозвратной утере хранилища ценнейших генов.

Разумеется, не каждый вид растения, животного обязательно имеет какую-либо практическую ценность сейчас. Однако кто может поручиться, что в ближайшем или отдаленном будущем человек не откроет в них какие-нибудь ценные для себя качества? Ведь оказалась же неприятная и даже в некоторой степени вроде бы и вредная плесень источником ценнейшего лекарства — пеницилли-

на, спасшего жизнь миллионам людей! Но даже при полном отсутствии практической ценности дикое растение и животные обладают огромной ценностью. Она не измеряется ни рублями, ни какими-либо другими единицами. Являясь частью живой природы, самой живой природой, они служат источником эстетического наслаждения. Эта ценность, возможно, даже превышает ценность материальную.

В одной поэтичной сказке Х. Андерсена говорится о том, как императору, у которого был ручной соловей, подарили механического. Он пел так красиво, что император забыл о живом и слушал только соловья искусственного. Но вот однажды император тяжело заболел. Ни лекарства, ни даже пение искусственного соловья ему не помогали. Только пение живого соловья помогло императору исцелиться. Смысл этой сказки удивительно точен. Действительно, ничто и никогда не заменит человеку общения с живой природой. Не случайно же в выходные дни и во время летних отпусков сотни тысяч людей устремляются из городов на природу. Уходят от асфальта, удобных квартир с газовой плитой, ванной, телевизором, предпочитая им мокрую палатку, дым костра и комариный звон.

Еще К. Маркс и Ф. Энгельс в своих трудах показали, что проблема сохранения окружающей среды является проблемой социальной, классовой и что капитализм не может решить ее в интересах народа. Они указали, что при капитализме с его стихийным использованием природных ресурсов происходит возрастающее опустошение природы. Капитализм в целом не способен к решению задачи охраны и улучшения окружающей среды в интересах человечества и будущих поколений. Основным тормозом в этом является жестокая конкурентная борьба монополий за экономическое преимущество. Стремясь выиграть в этой борьбе, монополии вкладывают средства только в такие предприятия, которые сулят им немедленную прибыль. А средства, вложенные в охрану природы, никогда не возвращаются в виде звонкой монеты. Нет, они оборачиваются духовным и физическим здоровьем людей. Но ведь это как раз меньше всего интересует заправил монополий! Можно найти множество примеров, подтверждающих это. Мы же приведем только один. В Японии одна из корпораций много лет подряд сбрасывала в прибрежные воды Японского моря неочищенные промышленные воды, содержащие соединения ртути. Ртуть и ее соединения являются

страшным ядом для человека. Постепенно ртуть накапливалась в организмах морских растений и животных. Люди, питаясь рыбой, моллюсками, морской травой, постепенно отравлялись, и в 1956 г. разыгралась трагедия: множество людей было поражено какой-то странной болезнью. Больные теряли слух, нарушалась речь, координация движений, чувствительность организма. Из 768 заболевших 84 умерли, а остальные остались на всю жизнь калеками или близки к смерти.

Подобное невозможно в социалистическом обществе, главной заботой которого является благосостояние народа, его духовное и физическое здоровье. Охрана природы и рациональное использование ее ресурсов признаны в нашей стране задачей государственной важности. Это особенно ярко отражено в решениях, принятых XXVI съездом КПСС.

Новая Конституция СССР определила обязанности советских граждан по отношению к природе. В статье 67 записано: «Граждане СССР обязаны беречь природу, охранять ее богатства». Это относится и к школьникам. Они не должны оставаться в стороне от борьбы за чистоту наших рек, за сохранность лесов, обилие в них зверей и птиц, за всегда чистый воздух. Здесь работа найдется всем: и городским, и сельским школьникам. Долг каждого из них — принять в этой работе посильное участие.

«Зеленые патрули», школьные лесничества, шефство над птицами и зверями в зимнее время и множество подобных дел — это наиболее известные формы практического участия школьников в охране природы. Разумеется, такая работа очень важна и нужна. Однако по-настоящему грамотным, убежденным защитником природы можно стать, лишь достаточно глубоко усвоив основные законы, управляющие ее жизнью, понимая ее как неразрывное единство взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов. Понять это поможет, например, участие в работе по комплексному (биогеографическому) изучению территории.

Как изучать биогеоценозы?

Комплексное изучение территории предполагает одновременное ведение наблюдений по весьма обширной программе и включает изучение растительности, животного мира, почв, климата и др. Выполнение всего цикла на-

блюдений — дело весьма трудоемкое, требующее участия большого коллектива специалистов, вооруженных сложным, дорогостоящим оборудованием. Но некоторые простейшие исследования взаимоотношений между организмами вполне доступны и школьникам и не требуют использования сложных приборов. Лучше всего подобные исследования организовать в несложных биогеоценозах, например на лугах. Можно поставить такую задачу: выяснить, какие виды растений и животных здесь обитают, чем и как они питаются, какова их биомасса, соотношение биомасс, суммарная биомасса и т. д. Отметим попутно: сбор и накопление такого рода сведений является в настоящее время важнейшей задачей и «большой» науки.

Любое биогеографическое исследование обязательно начинается с установления списка видов растений и животных, входящих в состав биоценоза.

Для изучения¹ всего разнообразия видов растений и животных нужно использовать гербарий местных растений, коллекции насекомых и другой местный материал, который, несомненно, имеется в каждой школе. Во время специальных экскурсий гербарий и коллекции обязательно пополняются. Виды растений и животных нужно запоминать так, чтобы безошибочно узнавать их в природной обстановке. В специальных тетрадях или на карточках выписываются все сведения об этих видах: характере питания, размножения, взаимоотношениях с другими видами и т. д., которые берутся из определителей, справочников, научной и научно-популярной литературы.

Определение биомассы производится с использованием так называемого укосного метода — взвешивая специально взятые укосы. Берут укосы следующим образом. На участке, например, луга с наиболее типичным составом видов растений размечают площадку со сторонами в 10 м (100 м²). Лучше всего площадку зафиксировать, вбив по углам колышки. В погожий день (перед самым сенокосом) после того, как высохла роса, в разных точках участка размещают 4 проволочные или деревянные рамки со сторонами в 50 см. Внутри этих площадочек овечьими ножницами выстригается весь травостой. Срезать траву необходимо вровень с поверхностью почвы. Срезанная масса аккуратно укладывается на предварительно взвешенный

¹Разумеется, вся работа ведется под непосредственным руководством учителя.

на технических весах лист плотной бумаги и сразу взвешивается. Масса укоса заносится в специально расчерченный журнал (см. образец).

Образец журнала для записи результатов взвешиваний

Номера укосов	Масса укосов (в г)	Средняя масса укосов (в г)	Биомасса, пере- считанная на 1 м ² (в г)	Биомасса, пере- считанная на 1 га (в ц)
1.				
2.				

По результатам взвешиваний 4 укосов вычисляется средняя масса одного укоса, который затем пересчитывается на 1 м² и на 1 га. Все это заносится в соответствующие графы журнала. Очень ценно определить также и биомассу преобладающих (господствующих) видов, т. е. таких, которые представлены на площадке большим числом особей. Их, как правило, бывает немного, и обнаруживаются они даже визуально, при осмотре травостоя до взятия укосов. Из каждого укоса после определения его общей массы такие виды тщательно выбираются и взвешиваются отдельно. Результаты взвешиваний также заносятся в журнал и пересчитываются на 1 м² и на 1 га и т. д.

Биомасса растений складывается из биомассы надземных частей и биомассы корней. Поэтому требуется также обязательно определить и биомассу подземных частей. Для этого выкапывают пласт почвы со сторонами в 33 и толщиной 30 см (его называют монолит), переносят на лист газеты и осторожно измельчают. Крупные корни извлекают из почвы вручную и очищают от приставшей почвы. Мелкие корни лучше всего отделить от почвы промыванием на сите с размерами ячеек 0,25 мм. После этого корневая масса выдерживается некоторое время (чтобы стекла вода) и взвешивается.

Биомасса корней в отличие от надземных частей распределяется по площади более равномерно, и поэтому достаточно данных, полученных однократным определением. После этого производится пересчет на 1 м² и на 1 га.

Для учета биомассы почвенных беспозвоночных животных (дождевых червей, моллюсков, личинок насекомых) также берут почвенные монолиты размером 33×33×30 см, но в четырехкратной повторности (так как почвенные бес-

позвоночные распределяются неравномерно). Затем из каждого монолита по отдельности выбирают всех животных и взвешивают. Результаты взвешиваний обрабатывают точно так, как и в случае определения надземной биомассы растений.

Учет мелких беспозвоночных, обитающих в толще почвы (клещей, ногохвосток, личинок мелких насекомых и пауков и т. д.), сбором их вручную невозможен. Для этих целей используют специальный прибор несложной конструкции — эклектор. Эклектор представляет собой стеклянную воронку с сеточкой в суженной части, вставленную в банку с налитым туда техническим спиртом. В воронку на сеточку осторожно помещают почвенный монолит толщиной 5 см и площадью 50 см². Сверху над воронкой помещают включенную настольную лампу. По мере подсыхания почвы сверху мелкие животные постепенно перемещаются в нижние части монолита и, наконец, выпадают в воронку, после чего их собирают и взвешивают. Для определения биомассы мелких беспозвоночных животных также необходимо взять 4 образца.

Надпочвенные беспозвоночные (различные насекомые, пауки, клещи, сенокосцы) учитываются следующим образом. Рядом с площадкой, с которой были взяты укусы, намечают прямую линию длиной не менее 50 м и шириной 1—3 м, так называемый трансект. Далее, в часы наибольшей активности членистоногих, чаще всего в полдень в солнечную погоду, наблюдатели (2—3 человека), двигаясь вдоль трансекта, отмечают всех замеченных беспозвоночных (в полосе шириной 1—3 м). Одновременно необходимо вести отлов эталонных экземпляров для определения массы. После этого, умножая число особей на массу одной особи, можно найти биомассу данного вида на трансекте, а разделив биомассу на площадь трансекта, найти биомассу на 1 м².

Крупных позвоночных животных и птиц подсчитывают на специальных маршрутах большой протяженности (в несколько километров). При прохождении маршрута ведется регистрация всех зверей и птиц, увиденных по обе стороны от линии маршрута в полосе шириной 200 м. Далее, умножая массу одной особи животного на число встречных экземпляров, находят биомассу вида, после чего пересчитывают ее на 1 м² или на 1 га.

На этом работа не кончается. Сведя, например, все данные в одну таблицу или изобразив их графически в виде

пирамиды биомасс, вычертив простейшую схему пищевых связей, можно получить простое и наглядное изображение соотношения биомасс групп организмов и каналов передачи вещества и энергии в данном биогеоценозе.

Выполнив одновременно подобные определения, например, на сенокосном участке, относительно мало затронутом человеком, и участке, усиленно вытаптываемом людьми или пасущимся скотом, можно получить ценнейший материал для сравнительного показа глубины изменений живого компонента биогеоценозов в результате воздействия человека (так называемое антропогенное влияние). Такой материал будет веским аргументом для обоснования предложений ограничить посещение туристами или отдыхающими определенных частей природной зоны, сократить выпас скота или вовсе прекратить его на отдельных пастбищах и т. д. Такая работа будет уже весьма ощутимым вкладом в дело охраны природы.

Вместо заключения

Одна из наиболее интенсивно развивающихся современных наук — биогеография — как отрасль знания начала формироваться в прошлом столетии. Первоначально основной ее задачей было познание закономерностей географического распространения видов растений и животных, сообществ растений, животных (фитоценозов и зооценозов), а также изучение флоры и фауны отдельных территорий, выяснение причин, влияющих на характер распространения видов, сообществ, формирующих специфические особенности растительного и животного мира.

По мере накопления знаний все яснее становилось, что географическим распространением животных и растений управляют одни и те же законы. Поэтому с середины XX в. сформировалась единая биогеография, или география жизни.

Замечательно место биогеографии в системе естественных наук: она является пограничной наукой между биологией и физической географией. Являясь отраслью биологической науки, она изучает живые организмы — их отношения друг с другом и со средой, закономерности, управляющие образованием биоценозов. Как наука географическая, она рассматривает распределение живых организмов и их сообществ в результате проявления физико-географических закономерностей.

Основные задачи, которые решает биогеография, это:

1) влияние среды на распространение сообществ и их компонентов (видов растений и животных) по земной поверхности;

2) изучение набора сообществ на данной территории и их строения;

3) изучение влияния исторических, или палеогеографических, причин на географическое распространение биотеносов и их компонентов, а также флоры и фауны;

4) изучение фауны и флоры различных районов земного шара.

Это — вопросы, которые «перешли по наследству» биогеографии современной от старой. Перед современной биогеографией стоит проблема, которой не было прежде: изучение структуры и законов функционирования экосистем. Это — важнейшая задача науки. Однако не потеряла значения и работа по решению традиционных проблем. Правда, здесь произошли кое-какие изменения: ученые изучают не только флору и фауну отдельно, но и пытаются разрешить вопрос, а нельзя ли рассматривать органическую жизнь каждого района как единое целое, комплексно. Было бы просто замечательно произвести районирование Земли не на одностороннем учете только особенностей животного мира (хорошо известная вам зоогеографическая карта выполнена именно таким образом) или мира растений (карта флористических областей мира, выполненная способом, аналогичным зоогеографической карте), а составить такую карту, которая учитывала бы сразу и распространение животных, и распространение растений.

Этот вопрос возник не случайно, а по аналогии. Ведь, изучая биотеносы, мы именно так и поступаем — рассматриваем растения и животные организмы, входящие в их состав как единое целое. Так почему же не рассматривать совокупность организмов (совокупность организмов иногда называют биотой) больших территорий тоже как единый комплекс? Тут мы вторгаемся в область проблемы, которая пока еще не решена в биогеографии.

Наверное, все-таки можно будет осуществить такой синтез и создать единую биогеографическую карту мира, но сделать это будет крайне трудно: очень сложно устроен живой мир и не так уж хорошо мы его знаем. Вполне возможно, что кому-либо из юных читателей в будущем самому придется трудиться над решением этой задачи и, как знать, решить ее!

Наиболее решительные из тех, которые отвечают «можно», не просто утверждают, они даже предлагают свое решение. Сейчас в мире есть несколько вариантов синтетических (скажем так) биогеографических карт. Такая карта создана и у нас в Советском Союзе биогеографами П. П. Второвым и Н. Н. Дроздовым.

Биогеографию называют теоретической основой охраны природы. И не без основания. Без ее помощи было бы невозможно решать вопросы охраны и рационального использования ресурсов биосферы. Ее данные используются при:

- 1) восстановлении природной среды (рекультивации);
- 2) охране биологических ресурсов;
- 3) обосновании мер по организации рационального использования биологических ресурсов.

1. Суть рекультивации заключается в восстановлении природной среды, нарушенной в результате хозяйственной деятельности людей. Это отвалы золы и шлака, которые образуются поблизости от крупных теплоэлектростанций и теплоэлектроцентралей, работающих на каменном угле, горючих сланцах, отвалы пустой породы около карьеров по добыче полезных ископаемых, заброшенные карьеры, отвалы пустой породы (терриконы), возвышающиеся рядом с шахтами, заброшенные торфоразработки и многое-многое другое.

На таких участках почвенный покров оказывается полностью уничтоженным. Поскольку подобных площадей в сумме набирается очень много, то нельзя допустить, чтобы они, как выражаются специалисты, выпали из сельскохозяйственного использования, не давали урожая.

Казалось бы, что же тут сложного, произвести рекультивацию отвала пустой породы: выровняй поверхность, завези слой почвы и сажай деревья или сей хлеб. Но нет. Как правило, глубинные горные породы содержат различные вредные или даже ядовитые вещества. Значит, нужно продумать, как их нейтрализовать, провести уйму экспериментов, чтобы выяснить, какие виды микроорганизмов, растений и животных окажутся способными здесь выжить и не просто выжить, но и по возможности быстро сделать отвал пригодным для возделывания культурных растений.

2. Охрана биологических ресурсов включает несколько задач:

- а) восстановление ресурсов, близких к истощению;
- б) реакклиматизация видов, которые прежде встречались на данной территории, но впоследствии исчезли —

были уничтожены человеком или вымерли по естественным причинам;

в) интродукция — обогащение флоры и фауны новыми для данной территории видами.

Меры по восстановлению биологических ресурсов, близких к истощению, заключаются в создании условий, максимально благоприятствующих размножению восстанавливаемого вида растений или животных. Если численность вида не упала катастрофически низко, то обычно бывает достаточно обеспечить эффективную его охрану от браконьеров и т. д. Вспомним хотя бы общеизвестный пример с восстановлением численности лося. Этот крупный лесной зверь в начале века был на грани истребления. В 1919 г. специальным декретом, подписанным В. И. Лениным, были введены меры по его охране. В 1945 г. Советским правительством было принято постановление «О запрещении охоты на лосей». И этого оказалось вполне достаточно. Лось начал интенсивно размножаться и восстановил численность. Сейчас лось — самое обычное животное наших лесов и на него даже разрешена охота по лицензиям (разрешениям).

Если вид стал настолько малочисленным, что самовосстановление уже невозможно, то принимают специальные меры по его размножению в создаваемых для этой цели заповедниках или зоопарках, а потом уже расселяют его. Вспомним, например, историю создания Воронежского бобрового заповедника или заповедника «Беловежская пуща».

Биогеограф участвует в исследованиях по выбору территорий для расселения вида.

Вопрос о реакклиматизации животных мы уже рассматривали на примере овцебыка (в главе «Экосистемы холодных арктических пустынь и тундр») и поэтому его опустим.

Наиболее сложной и трудной и в то же время чреватой непредвиденными последствиями является интродукция.

Различают интродукцию преднамеренную и непреднамеренную.

Преднамеренная интродукция — это случай, когда вид завозят на данную территорию специально, с определенными целями. Довольно часто новая территория оказывается для вида неподходящей (нет в достаточном количестве подходящих кормов, слишком много врагов, вредителей, неблагоприятные климатические условия и пр.), он не при-

живается и постепенно исчезает. В подобных случаях все заканчивается благополучно, если не считать некоторого материального ущерба, поскольку средства, затраченные на переселение вида, не оправдались.

Однако в истории известно немало случаев, когда не продуманная интродукция приводила к событиям даже драматическим. В этом отношении классическим примером является Австралия: вспомним такие нашумевшие, широко известные истории, как «опунциевая агрессия» или «война» с кроликами. Эти и подобные им примеры показали, насколько опасными могут быть последствия необдуманного переселения видов, и поэтому сейчас на такой шаг решаются, лишь тщательно взвесив все «за» и «против».

Однако даже тогда, когда интродукция оказалась вроде бы удачной, отдаленные ее последствия могут оказаться в достаточной мере отрицательными. Примерно так обстоит дело в настоящее время с ондатрой, или водяной полевкой.

Этот ценный пушной зверек был завезен в прошлом веке в Европу из Северной Америки, а потом его завезли и в Советский Союз. Ондатра живет по берегам неглубоких озер и питается прибрежно-водной растительностью. В составе фауны наших озер почти нет животных, с которыми она могла бы конкурировать из-за пищи, места для устройства гнезд и т. д. Казалось бы, все было хорошо. Ондатра не мешает местным видам, исправно «поставляет» нам шкурки. С численностью тоже все было в порядке, охота, хищные животные не дают возможности ей чрезмерно плодиться. Но, как начало впоследствии выясняться, благополучие оказалось не совсем полным. Выстригая растительность по берегам водоемов, зверек местами оголяет берега. Рыбья мелочь, лишившись привычных укрытий и пищи, постепенно уходит, потихоньку исчезают и различные водные беспозвоночные животные. Поскольку все они являются основным кормом многих более крупных животных, например диких водоплавающих птиц, то и они тоже уходят из этих мест. Кроме того, выборочно поедая одни растения и оставляя нетронутыми другие (как правило, крупные жесткие растения, такие, как тростник, камыш), ондатра способствует бурному разрастанию последних. Постепенно озеро зарастает, превращается в болото. Естественно при этом исчезает и весь комплекс видов животных, обитателей озер.

Наиболее опасны последствия непреднамеренной интродукции, т. е. случайного заноса вида на новую терри-

торию, ведь при этом полностью исключается контроль со стороны человека. Последствия такой непреднамеренной интродукции колорадского жука — потеря миллионов тонн урожая картофеля ежегодно.

У себя на родине, в Северной Америке, это неприметный жук, питающийся листьями растений из семейства пасленовых. Многочисленные враги, для которых он — обычный корм, держат его «в узде» и не дают бесконтрольно размножаться.

Попав в Европу, колорадский жук оказался в условиях, прямо-таки идеальных: климат — самый подходящий, пищи достаточно, практически полное отсутствие врагов, и поэтому расплодился он в невероятных количествах.

На биогеографию при решении вопроса о возможности интродукции вида ложится огромная ответственность. Именно биогеографы, оценив сложнейший комплекс данных, учтя не только ближайшие, но и очень отдаленные возможные последствия, должны дать соответствующие рекомендации. Разумеется, этому предшествуют кропотливые и всесторонние исследования на местности.

3. Роль биогеографии в рациональном использовании биологических ресурсов заключается в том, чтобы, всесторонне оценив численность вида, темпы его размножения, гибель от болезней, поедание другими организмами и еще многое другое, дать обоснованные рекомендации, сколько можно в пределах данного района отстрелять или отловить животных, вырубить леса, собрать лекарственных растений и т. д., с таким расчетом, чтобы не подорвать их запасы. Иными словами, биогеографы совместно с другими специалистами (ботаниками, зоологами, экологами) должны обеспечивать сбалансированное использование биологических ресурсов: переиспользование опасно для вида, а неполное использование запасов экономически невыгодно.

Очень важной проблемой, стоящей перед биогеографией, является участие в оценке биологической массы и продуктивности отдельных районов, материков и биосферы в целом. Эта работа является основой основ для организации рационального использования ресурсов в масштабах всей биосферы.

Познание структуры и законов функционирования экосистем и всей биосферы в целом как единой экосистемы также имеет неопределимое практическое значение.

Выявив полностью законы, которым подчиняются экосистемы, человек научится управлять ими таким образом,

чтобы получать необходимую продукцию наиболее рациональным путем: не разрушая экосистемы и с меньшими затратами. В настоящее время для получения необходимого объема сельскохозяйственной продукции затрачиваются колоссальные количества времени, материальных ресурсов и энергии.

Сейчас много говорят и пишут о необходимости прогноза последствий вмешательства человека в природные процессы. Правильный прогноз позволяет выбирать оптимальные варианты решения, которые исключали бы или же снижали до минимума нарушения равновесия в природе. Пример такого прогноза для ограниченной территории мы приводили в вводной части книги. Неизмеримо сложнее разработать прогноз для всей биосферы в целом, уж очень сложны закономерности, которыми она управляется, и недостаточно мы их еще знаем. Так что разработка полноценного прогноза для биосферы пока еще дело будущего.

Будущее биогеографии в участии (наряду с другими науками) в осуществлении перехода к ноосфере. Под ноосферой В. И. Вернадский понимал управляемую биосферу, в которой сознательно регулируются взаимоотношения, т. е. обмен веществ, между человеческим обществом и природой на основе использования познанных им законов биосферы, когда люди, как писал К. Маркс, «...рационально регулируют этот свой обмен веществ с природой, ставят его под свой общий контроль, вместо того чтобы он господствовал над ними как слепая сила; совершают его с наименьшей затратой сил и при условиях, наиболее достойных их человеческой природы и адекватных ей»¹.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Б а н н и к о в А. Г. Мир животных и его охрана. М., Педагогика, 1978.

В книге ее автор, известный советский ученый-зоолог, рассказывает о биосфере, месте и роли животных в ней, о взаимодействии человека и животного мира. Рассматриваются также вопросы охраны животных и роли заповедников, национальных парков в этом благородном деле. В книге приведен перечень млекопитающих и птиц, находящихся под угрозой исчезновения и внесенных в «Красную книгу СССР».

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 25, ч. II, с. 387.

Верзилин Н. Н., Верзилин Н. Н., Верзилин Н. М. Биосфера, ее настоящее, прошлое и будущее. М., Просвещение, 1976.

Изложены основные положения современного учения о биосфере. Рассматриваются круговороты веществ в природе, геологическая роль растений, животных, микроорганизмов; показана эволюция биосферы, сделана попытка прогноза ее будущего состояния. Отдельно изложены вопросы охраны природы. Книга является пособием для учителей, и поэтому материал изложен в ней достаточно сложно. По этой причине она окажется доступной пониманию только наиболее подготовленных старшеклассников.

Второв П. П., Дроздов Н. Н. Биогеография материков. Пособие для учителей. М., Просвещение, 1974.

В пособии рассмотрен растительный и животный мир материков по природным зонам. Взаимосвязи и взаимодействия компонентов живой природы характеризуются с точки зрения экосистемного подхода. Очень подробно освещены пищевые отношения между организмами в экосистеме каждой природной зоны. Книга адресована учителям, однако простота и ясность изложения материала делает ее содержание вполне доступным учащимся.

Второв П. П., Дроздов Н. Н. Рассказы о биосфере. Пособие для учащихся. М., Просвещение, 1976.

Авторы в форме научно-популярных рассказов знакомят читателей с биосферой Земли. Дается подробная характеристика биосферы с точки зрения современной науки как единой экосистемы. Особо подчеркнута выдающаяся роль живых организмов — важнейшего компонента живой оболочки Земли и основной ее движущей силы. В книге также изложены важнейшие принципы и подходы в изучении экосистем.

Выпуски факультета «Человек и природа», выходящие в издательстве «Знание».

В маленьких книжечках этой серии, рассчитанных на самые широкие круги читателей, просто и очень доступно рассказывается о проблемах биосферы, закономерностях, управляющих ее жизнью, об отдельных компонентах живой оболочки Земли, проблемах взаимоотношения человека и природы. По широте охватываемого круга вопросов эту серию можно сравнить со своеобразной энциклопедией.

Де ла Фуэнтэ Ф. Р. Африканский рай. М., Наука, 1972.

Книга представляет рассказ о животных тропической части Восточной Африки. Но в ней имеется также характеристика некоторых сторон взаимодействия животного мира и растительности, пищевых и иных связей отдельных групп животных; заметное место отводится и вопросам охраны природы этих районов.

Дежкин В. В. Беседы об экологии. М., Молодая гвардия, 1979.

Книга вводит читателя в круг проблем, изучаемых экологией: учение об экологических факторах, популяциях, численности, регуляции численности, взаимоотношениях организмов в популяциях и сообществах. Рассмотрены пищевые цепи, биологические круговороты, вопросы взаимодействия человека и природы.

Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. Пер. с франц. М., Прогресс, 1973.

Книга включает две части, названные «Экосистема» и «Биосфера», в которых изложены основные, наиболее сложные положения учения об экосистемах, дано представление о роли и месте человека в биосфере. Книга задумана и исполнена как пособие для учителей, поэтому ее содержание окажется доступным только наиболее подготовленным учащимся старших классов.

Карпов Г. В. В саваннах. М., Учпедгиз, 1960.

Характеризуются саванны Южной Америки, Южной Азии, Австралии и Африки. Содержатся данные об их природе, растительности, животном мире, приводятся некоторые примеры взаимоотношений человека и природы саванных территорий, затронуты вопросы их охраны.

Нейл У. География жизни. М., Прогресс, 1973.

В книге известного американского ученого-зоолога обобщены представления о закономерностях современного географического распространения животных и растений, о влиянии на географию организмов геологической истории Земли.

Панфилов Д. В. В мире насекомых. М., Лесная промышленность, 1977.

Автор рассказывает о закономерностях развития, взаимоотношениях, распространении самого многочисленного типа организмов Земли — насекомых. Уделено также внимание характеристике их функций в природе, использованию и охране некоторых из них.

Уминьский Т. Животные и континенты (Популярная зоогеография). М., Мысль, 1974.

Известный польский ученый-биолог знакомит читателя с основами зоогеографии — науки о географическом распространении животных. Рассматриваются также вопросы о взаимоотношениях животных и окружающей среды, современных проблемах биосферы.

Ф а р б П. Популярная экология. М., Мир, 1971.

Кратко рассмотрен круг вопросов, которыми занимается современная экология и отчасти биогеография: где и как живут те или иные животные, их взаимоотношения с факторами среды, пищевые цепи и многое другое. Дано представление о природных зонах (биомах) и зоогеографических и ботанико-географических областях Земли. Затронута также проблема взаимодействия человека и природы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение (3)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПОНЯТИЯ УЧЕНИЯ О БИОСФЕРЕ (8)

О роли живых организмов в биосфере (10) Биосфера и географическая оболочка (12) Биогеоценозы, экосистемы, биомасса (14) Пищевые цепи (17) О пирамиде биомассы и пирамиде энергий (18) Поток энергии через биосферу (20) Круговорот веществ в природе (22) Круговорот кислорода (24) Круговорот углерода (26) Круговорот воды (27) Круговорот азота (28)

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЗЕМЛИ (31)

Экосистемы холодных арктических пустынь и тундр (33) Экосистемы лесной зоны умеренных широт (40) Экосистемы степей и прерий (49) Экосистемы пустынь (53) Экосистемы саванн и редколесий (58) Экосистемы влажнотропических лесов (64) Экосистемы океанов и морей (70)

БИОСФЕРА КАК ЕДИНАЯ СИСТЕМА (74)

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ (77)

Место заключения (86)

Рекомендуемая литература (92)

КАШАПОВ РЕВОЛЫТ ШАЙМУХАМЕТОВИЧ

ЖИВАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ

Заведующий редакцией *И. А. Ерофеев*

Редактор *Т. Д. Сизунова*

Младший редактор *М. А. Чубарова*

Художественный редактор *Е. А. Михайлова*

Технические редакторы *И. В. Квасницкая, Н. Т. Щербак*

Корректор *Н. В. Бурдина*

ИБ № 7929

Сдано в набор 11.05.83. Подписано в печать 13.03.84.
А 12170. Формат 84×108^{1/32}. Бумага тип. № 2. Гарнитура об. новая. Печать высокая. Усл. печ. л. 5,04.
Усл. кр.-отт. 5,46. Уч.-изд. л. 5,02. Тираж 142 000 экз.
Заказ № 3664. Цена 15 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Минский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат МППО им. Я. Коласа. 220005, Минск, Красная, 23.

