

ЛЕКЦИЯ 13. ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ

- 1 Эволюция биосферы и круговорот веществ
- 2 Способность биосферы эволюционировать
- 3 Важнейшие события в эволюции биосферы

1 Эволюция биосферы и круговорот веществ

Биосфера возникла в итоге длительной эволюции материи в направлении жизни. Одной из главных особенностей жизни является круговорот органического вещества, основанный на постоянном взаимодействии противоположных процессов синтеза и деструкции. Этот биологический круговорот возник, по-видимому, очень рано. На его основе шло формирование всех других особенностей, отличающих живые организмы от тел неживой природы. Эволюция биологического обмена связана с постепенным усовершенствованием его механизмов. Первичные существа Земли обладали гетеротрофным обменом. Дальнейший этап эволюции связан с переходом от первичной гетеротрофности к хемосинтезу (анаэробная хемоавтотрофия), затем к возникновению автотрофного обмена у растений. Автотрофный обмен из-за сложности его механизма не мог возникнуть раньше гетеротрофного. В онтогенезе растений автотрофному обмену также предшествует гетеротрофный, что подтверждает его первичность. Эволюционно обменные процессы у растений строятся на каркасе гетеротрофного механизма, имеющего универсальное значение для живых организмов. Одними из главных предпосылок перехода к автотрофному питанию были фотохимическая активность живых организмов и появление пигментов в клетке. С последнего начинается автотрофная эра жизни, прошедшая через ряд ступеней совершенства. Автотрофные организмы, способные синтезировать органические вещества из неорганических, сыграли фундаментальную роль в поддержании и развитии жизни на Земле.

Прогресс жизни и ее морфологическое разнообразие в значительной степени были связаны с развитием механизмов дыхания, являющегося вершиной энергообмена. В процессе эволюции по мере накопления кислорода, благодаря фототрофам, у организмов вырабатывались механизмы и для защиты от его губительного влияния, и для эффективного использования реакционной активности кислорода. Благодаря этому энергетический обмен повысился в 20 раз. Конкуренцию в новых условиях

могли выдерживать организмы и сообщества, способные потреблять кислород. Они дали начало эволюционному развитию гетеротрофов в изменившихся условиях. В результате становления и развития биологического круговорота, появления наряду с гетеротрофными организмами организмов – автотрофов (хемо- и фотосинтетиков) возникла триада продуцентов – консументов – редуцентов.

2 Способность биосферы эволюционировать

Способность биосферы эволюционировать, сохраняя при этом устойчивость, определяется тем, что она представляет собой систему относительно независимых экосистем, которые в свою очередь состоят из популяций разных видов, имеющих разнообразную историю. Биосфера представляет собой, таким образом, иерархически построенное единство. Эволюционирующая единица биосферы – видовая популяция, однако, она эволюционирует только как часть экосистем, составляющих интегральную часть биосферы. Особи разных видов, входящие в состав экосистем, связаны между собой различными формами связей. Ограниченность пространства, занятого экосистемой, ограничивает площадь местообитания отдельных видов. Борьба за расширение местообитания ведется разными средствами. Весьма существенна пищевая связь – питание одних видов другими, конкуренция за пищевой объект, включающая разные способы подавления конкурентов. В процессе эволюции происходит изменение прежних связей, их совершенствование. Так, в результате того, что цветковые растения соревновались между собой в способах привлечения насекомых, а насекомые – в эффективности сбора пыльцы и нектара, эволюция цветковых растений сопровождалась эволюцией насекомых-опылителей, при этом строение ротового аппарата последних совершенствовалось в отношении приспособленности к строению цветка растений. Большое значение в эволюции биотических отношений имело возникновение симбиоза. Многие высшие растения приобрели способность сожительствовать с грибом-микоризой, развивающимся на их корнях. Все жуки-дровосеки, личинки которых питаются древесиной, стали иметь в пищеварительном тракте специальные образования – так называемые симбиоорганы, заполненные микроорганизмами, переваривающими древесину. Способность жвачных животных питаться грубой пищей также оказалась взаимосвязана с населением их желудка. В эволюции биотических отношений большое значение

имело возникновение отношений типов «жертва-хищник», «паразит-хозяин».

Часто встречающиеся у моллюсков, ракообразных, насекомых, глубоководных рыб светящиеся органы имеют двойное происхождение. Орган с весьма специфической структурой развивается у животного, а свечение обеспечивается присутствием в нем симбионтов – светящихся бактерий. В последнее время открыта принципиально новая форма связей – передача наследственных особенностей от одних видов к другим с помощью бактериофагов и вирусов.

По мере развития сообществ, экосистем происходило насыщение их большим числом видов, что приводило к усложнению межвидовых отношений и увеличению числа действующих в них биотических факторов. В эволюции биосферы в результате жизнедеятельности организмов были медленные, но постоянные перестройки биотических отношений. Развитие разнообразных связей между организмами приводило к тому, что экосистемы приобретали элементы целостности, устойчивости, относительной независимости в развитии, что способствовало противостоянию внешним воздействиям.

3 Важнейшие события в эволюции биосферы

В общем, важнейшими событиями в эволюции биосферы были: 1) становление биотического круговорота, его расширение и усложнение структуры; 2) возникновение и эволюция основных типов питания организмов - первично-гетеротрофного, автотрофного (хемо- и фототрофного) и вторично-гетеротрофного; 3) возникновение разных типов биотических отношений (конкуренции, хищничества, паразитизма, симбиоза и др.).

Эволюция биосферы сопровождалась следующими основными преобразованиями. Вначале биосфера функционировала как взаимодействие одноклеточных организмов между собой и с абиотическими факторами. Следующим важным этапом в развитии органического мира явилось возникновение многоклеточности. Заняв другой уровень организации и уйдя тем самым от прямой конкуренции с одноклеточными, получив широкие возможности формообразования, многоклеточные стали развиваться относительно независимо от них и приобрели необходимую устойчивость. Появление более высокоорганизованных и крупных форм создало для относительно низко организованных одноклеточ-

ных своеобразный барьер, препятствие на пути их дальнейшей эволюции. Между многоклеточными возник новый уровень конкурентных отношений, что стало вводить варьирование в рамки приспособительного формообразования. С начала эволюции параллельно с настоящими растениями существовали и развивались группы с автотрофным и гетеротрофным питанием, взаимодополняющие друг друга в круговороте веществ. Это способствовало усилению целостности растительного мира и его относительной автономности. Первичные фототрофные низшие растения были также разнообразны по составу. Между этими группами организмов не было, вероятно, генетического единства. Разнообразие состава первичных фототрофов было вызвано достаточно разнородными условиями существования и позволяло полнее использовать особенности среды.

Настоящую революцию в развитии биосферы представлял выход растений на сушу, имевший исключительное значение для ускорения процесса эволюции всей биосферы. Произошло завоевание новой среды обитания. Развитие наземной растительности и образование почвы создали предпосылки для выхода на сушу животных.

В эволюции биосферы происходила перестройка флоры и фауны, вызванная переменами в абиотических и биотических условиях. Это имело место в истории развития жизни неоднократно. Пока среда оставалась относительно постоянной, продолжали существовать виды, приспособленные к ней, что представляет собой неизбежный результат естественного отбора, элиминирующего все неприспособленное. При существенных изменениях условий среды сразу обнаруживается качественная неравноценность видов в отношении к новым факторам. Виды, не способные продолжать существование, подвергались вымиранию. Так, для триаса (первого периода мезозойской эры) было характерно относительное спокойствие земной коры. На суше развивались голосеменные растения, большого прогресса достигли насекомые, а из позвоночных животных продолжалось развитие пресмыкающихся. В течение следующего периода – юры пресмыкающиеся освоили все ниши жизни: море, сушу, воздух; началось развитие покрытосеменных растений. В меловом периоде условия существования значительно изменились. Процессы горообразования привели к осушению материков, климат стал более континентальным, что отразилось на биосфере.

Одним из существенных моментов в дальнейшем развитии биосферы Земли явилось, по-видимому, возникновение в середине мелового периода однолетников и травянистых растений. Они в сочетании с быстро эволюционировавшими вслед за ними животными и грибами способствовали резкому ускорению круговорота биогенных элементов в экосистемах. В конце мела произошли коренные преобразования органического мира. Смена растительного покрова – основы существования растительноядных ящеров вызвала их вымирание, что привело, в свою очередь, к вымиранию одной из процветающих групп пресмыкающихся – хищных динозавров. Продолжавшееся около 150 миллионов лет господство этой удивительной по разнообразию форм и размеров группы окончилось. На сцену жизни стали выходить млекопитающие. Произошла очередная перестройка биосферы. В эру новой жизни – кайнозой в результате геологических преобразований строение поверхности Земли приблизилось к современному. На суше продолжалось развитие из покрытосеменных растений – лиственных деревьев, появились злаки. Усилилось формообразование у млекопитающих, птиц, насекомых. Четвертичный период характеризуется двумя важными событиями: крупным оледенением всего северного полушария и появлением на арене жизни человека. В течение четвертичного периода сформировалась современная структура биосферы.

В эволюции биосферы прослеживаются ее важные особенности. Биосфере свойственна исключительная устойчивость. В геологических масштабах времени и истории Земли происходили очень значительные преобразования, облик планеты менялся. Жаркий климат сменялся холодным, и наступало оледенения огромных пространств. Тектоническая деятельность порождала мощные горообразовательные процессы. Трансгрессии моря вели к затоплению огромных пространств суши, регрессии – к обнажению морского дна. Перемещение материков то объединяло, то разъединяло континенты и водные бассейны. Несмотря на все это, жизнь на Земле продолжала существовать и развиваться. Постоянные изменения биосферы проявлялись не только в увеличении разнообразия видов, но и в усложнении их организации, росте биомассы. В процессе жизнедеятельности организмов в корне преобразовывалась и неживая часть биосферы. Коренным образом изменился состав атмосферы, появился свободный кислород, а в ее верхних слоях озоновый экран. Изменения соотношения кислорода и углекислоты в атмосфере

благодаря жизнедеятельности организмов могло быть существенным фактором преобразования климата планеты. Возможно, ледниковые периоды происходили из-за интенсивного охлаждения Земли в результате изъятия растительностью больших масс углекислоты. Углекислота, извлеченная организмами из воды и воздуха, законсервировалась в отложениях угля и карбонатов кальция; некоторые вещества надолго выключились из круговорота веществ (залежи полезных ископаемых). Вместе с этим происходило выветривание горных пород, в котором живые организмы также принимали активное участие. Выделяя углекислоту, органические и минеральные кислоты, они способствовали тем самым миграции химических элементов. Суммарная жизнедеятельность развивающихся видов организмов определяла особенности биосферы, которые, в свою очередь, обуславливали возможность выживания и направление эволюционных преобразований отдельных видов. Направление эволюционных преобразований отдельных видов представляло собой функцию их положения в эволюционирующей биосфере.

Эволюция биосферы претерпевала ряд экологических кризисов или катастроф. Они обязаны своим возникновением не столько внешним воздействиям на биосферу, сколько эволюции составляющих ее видов. Например, возникновение фотосинтезирующих организмов и накопление в атмосфере и гидросфере Земли свободного кислорода привело к глубокой перестройке всей «докислородной» биоты. В середине мелового периода экологическую перестройку определило вытеснение мезофита сформировавшейся в течение мезозойской эры флоры голосеменных кайнофитом покрытосеменных. Именно сообщества покрытосеменных обусловлено вытеснение сообществ голосеменных в среднемезозойское время. На этот период приходится изменения в судьбе насекомых. В середине мела вымерло примерно 50 % семейств их фауны, и разнообразие насекомых за счет бурной эволюции восстановилось только в палеогене третичного периода кайназойской эры. Вымирание фауны насекомых заняло около 10-15 млн. лет. Вымирание динозавров в мезозойскую эру было более медленное и растянулось на 25 млн. лет, то есть продолжалось до конца мелового периода.

Формирование новых экосистем в биосфере связано с проникновением в новые среды обитания видов или комплексов видов, преадаптированных к новым условиям в процессе предшествовавшей эволюции. Между видами, формирующими сообщества, возникает конкуренция,

интенсивность которой зависит от степени ограниченности наиболее дефицитного ресурса среды (пищи, убежища и т. д.). При этом, более конкурентноспособный вид вытесняет тот вид, с которым он конкурирует. Конкурентноспособность увеличивают: лучшее приспособление к использованию дефицитных ресурсов среды, дальнейшая адаптация вида к условиям существования или специализация, способствующая снижению остроты конкуренции за ресурс. Два последних направления эволюции позволяют видам сосуществовать на данной территории, продолжая приспосабливаться к ее особенностям и друг к другу. Так возникает адаптивный комплекс видов, в котором направление эволюции каждого определяется взаимодействием со всеми остальными.

В состав экосистем входят, с одной стороны, высокоспециализированные виды, способные существовать только в условиях данного биоценоза, с другой – виды с более широким спектром потребностей. При существенных изменениях среды обитания первыми вымирают специализированные виды. Во многих экосистемах наряду с видами, встречающимися в них постоянно, имеются виды, входящие в их состав либо на какой-то стадии развития, либо в течение ограниченного времени. К первым принадлежат многие водные насекомые, живущие в водоеме на личиночной стадии и покидающие это местообитание во взрослом состоянии, например, стрекозы, комары, поденки. Ко вторым относятся мигрирующие птицы, рыбы, некоторые насекомые.

Важная особенность эволюции биосферы – это ее неравномерность, что видно наглядно при сопоставлении низших и высших форм жизни. На земной поверхности наряду с высшими многоклеточными организмами живет и процветает огромная масса сравнительно низко организованных живых существ. При этом, такие организмы являются необходимой составной частью целостной системы органического мира, основа его существования и развития, без которой невозможен внутренний обмен между членами этой системы. Неравномерность распределения биосферы проявляется и в том, что разные ее части (экосистемы) насыщены жизнью в разной степени.

Двум фазам эволюции сообществ – их формированию и дальнейшей коадаптации – свойственны разные темпы эволюции. В период формирования новых сообществ темпы эволюции, не сдерживаемые конкуренцией с другими компонентами коадаптивного комплекса, резко возрастают. В это время интенсивно работает движущий отбор. Когда но-

вое сообщество сформировалось, темпы эволюции замедляются, и в этом случае работает стабилизирующий отбор.

Живое вещество планеты сосредоточено в основном в зеленых растениях суши. Число видов растений составляет более 20 % от общего учтенного числа организмов. На виды животных, составляющих менее 1 % всей биомассы Земли, приходится около 80 %. Эти данные иллюстрируют одну из фундаментальных закономерностей истории развития биосферы. Она состоит в том, что более высокий уровень дифференциации сосредоточен в меньшем объеме, чем уровень менее дифференцированный.

В целом, эволюция живой природы сопровождалась постоянным усложнением биосферы, нарастанием многообразия и сложности экосистем, экспансией жизни, охватывающей ныне всю поверхность планеты, усиливающейся дифференциацией живой оболочки. Результатом миллиардов лет эволюции является современная биосфера Земли, дифференцированная на множество экосистем и включающая более 2,5 миллионов ныне живущих видов. За всю историю Земли по приблизительным расчетам существовало примерно 500 миллионов видов [17]. Одним из результатов дифференциации биосферы в ходе эволюции было, очевидно, и повышение ее устойчивости.