

## Лекция 15. Биосфера

1. Строение и границы биосферы
2. Распределение жизни в биосфере
3. Свойства биосферы. Круговорот веществ в биосфере

### 1. Строение и границы биосферы

Биосфера (от греч. *bios* - жизнь и *sphaîra* - шар) - оболочка Земли, состав, структура и свойства которой в той или иной степени определяются настоящей или прошлой деятельностью живых организмов.

Термин «биосфера» впервые применил Э. Зюсс (1875), понимавший ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую «Лик Земли». Однако заслуга создания целостного учения о биосфере принадлежит В.И. Вернадскому, так как именно он развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания.

Биосфера имеет определенные границы. Она занимает нижнюю часть атмосферы, верхние слои литосферы, поверхность суши и всю гидросферу. Границы биосферы в большой степени условны.

В.И. Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, включающую наряду с организмами и среду их обитания. Он выделил в биосфере 7 разных, но геологически взаимосвязанных типов веществ. По В.И. Вернадскому, вещество биосферы состоит из нескольких компонентой.

1. Живое вещество - совокупность всех живых организмов, населяющих нашу планету.
2. Косное вещество - совокупность всех неживых тел, образующихся в результате процессов, не связанных с деятельностью живых организмов (породы магматического и метаморфического происхождения, некоторые осадочные породы).
3. Биогенное вещество - совокупность неживых тел, образованных в результате жизнедеятельности живых организмов (некоторые осадочные породы: известняки, мел и др., а также нефть, газ, каменный уголь, кислород атмосферы и др.).
4. Биокосное вещество - совокупность биокосных тел, представляющих собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов (почвы, илы, кора выветривания и др.).
5. Радиоактивное вещество.
6. Рассеянные атомы.
7. Вещество космического происхождения (метеориты, космическая пыль).

### 2. Распределение жизни в биосфере

Масса живого вещества составляет 0,01% от массы всей биосферы. Тем не менее, живое вещество биосферы - это главнейший ее компонент.

Важнейшим свойством живого вещества является способность к воспроизводству и распространению по планете. Живое вещество распространено в биосфере неравномерно: пространства, густо заселенные организмами, чередуются с менее заселенными территориями. Наибольшая концентрация жизни в биосфере наблюдается на границах соприкосновения земных оболочек: атмосферы и литосферы (поверхность суши), атмосферы и гидросферы (поверхность океана), гидросферы и литосферы (дно океана), и особенно на границе трех оболочек - атмосферы, литосферы и гидросферы (прибрежные зоны). Эти места наибольшей концентрации жизни В.И. Вернадский назвал «пленками жизни». Вверх и вниз от этих поверхностей концентрация живой материи уменьшается.

В настоящее время по видовому составу на Земле преобладают животные (более 2,0 млн. видов) над растениями (0,5 млн.), В то же время, запасы фитомассы составляют 99% запасов живой биомассы Земли. Биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана. На суши биомасса и количество видов организмов в целом увеличивает от полюсов к экватору.

### 3. Свойства биосферы. Круговорот веществ в биосфере

**Целостность и дискретность.** Целостность биосферы обусловлена тесной взаимосвязью слагающих ее компонентов. Она достигается круговоротом вещества и энергии. Изменение одного компонента неизбежно приводит к изменению других и биосферы в целом. При этой биосфера - не механическая сумма компонентов, а качественно новое образование, обладающее своими особенностями и развивающееся как единое целое. Биосфера - система с прямыми и обратными (отрицательными и положительными) связями, которые, в конечном счете, обеспечивают механизмы ее функционирования и устойчивости. На понимании целостности биосферы основывается теория и практика рационального природопользования. Учет этой закономерности позволяет предвидеть возможные изменения в природе, дать прогноз результатам воздействия человека на природу.

**Централизованность.** Центральным звеном биосферы выступают живые организмы (живое вещество). Это свойство, к сожалению, часто недооценивается человеком и в центр биосферы ставится только один вид - человек (идеи антропоцентризма).

Устойчивость и саморегуляция. Биосфера способна возвращаться в исходное состояние, гасить возникающие возмущения, создаваемые внешними и внутренними воздействиями, включением определенных механизмов. Гомеостатические механизмы биосферы связаны в основном с живым веществом, его свойствами и функциями.

Ритмичность. Биосфера проявляет ритмичность развития -повторяемость во времени тех или иных явлений. Ритмические явления не повторяют полностью а конце ритма того состояния природы, которое было в его начале. Именно этим и объясняется направленное развитие природных процессов.

Круговорот веществ и энергозависимость. Биосфера -открытая система. Ее существование невозможно без поступления энергии извне. Основная доля приходится на энергию Солнца. Круговорот веществ обеспечивает неисчерпаемость отдельных атомов химических элементов.

Горизонтальная зональность и высотная поясность. Общебиосферной закономерностью является горизонтальная зональность - закономерное изменение природной среды по направлению от экватора к полюсам. Зональность обусловлена неодинаковым количеством поступающего на разные широты тепла в связи с шарообразной формой Земли. Зональны климат, воды суши и океана, процессы выветривания, некоторые формы рельефа, образующиеся под влиянием внешних сил, растительность, почвы, животный мир.

Большое разнообразие. Биосфера - система, характеризующаяся большим разнообразием. Это свойство обусловлено следующими причинами: разными средами жизни; разнообразием природных зон, различающихся по климатическим, гидрологическим, почвенным, биотическим и другим свойствам; наличием регионов, различающихся по химическому составу; биологическим разнообразием живых организмов.

Разнообразие обеспечивает возможность дублирования, подстраховки, замены одних звеньев другими, степень сложности и прочности пищевых и другие связей. Поэтому разнообразие рассматривают как основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом.

#### Круговорот веществ в биосфере

Биосфера Земли характеризуется определенным образом сложившимися круговоротом веществ и потоком энергии. Круговорот веществ -многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли. Круговорот веществ осуществляется при непрерывном поступлении (потоке) внешней энергии Солнца и внутренней энергии Земли.

В зависимости от движущей силы, с определенной долей условности, внутри круговорота веществ можно выделить геологический, биологический и антропогенный круговороты. До возникновения человека на Земле осуществлялись только первые два.

**Геологический круговорот** (большой круговорот веществ в природе) -круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процессы.

Эндогенные процессы (процессы внутренней динамики) происходят под влиянием внутренней энергии Земли. Экзогенные процессы (процессы внешней динамики) протекают под влиянием внешней энергии Солнца. Экзогенные процессы включают выветривание горных пород и минералов, удаление продуктов разрушения с одних участков земной коры и перенос их на новые участки, отложение и накопление продуктов разрушения с образованием осадочных пород.

Таким образом, геологический круговорот веществ протекает без участия живых организмов и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими слоями Земли.

**Биологический** (биогеохимический) **круговорот** (малый круговорот веществ в биосфере) - круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов. В отличие от большого геологического, малый биогеохимический круговорот веществ совершается в пределах биосферы.

Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. В экосистеме органические вещества синтезируются автотрофами из неорганических веществ. Затем они потребляются гетеротрофами. В результате выделения в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органические вещества подвергаются минерализации, то есть превращению в неорганические вещества.

Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы для синтеза автотрофами органических веществ.

В зависимости от расположения резервного фонда биогеохимические круговороты можно разделить на два типа:

- 1) Круговороты газового типа с резервным фондом веществ в атмосфере и гидросфере(круговороты углерода, кислорода, азота).
- 2) Круговороты осадочного типа с резервным фондом в земной коре (круговороты фосфора, кальция, железа и др.).

С появлением человека возник антропогенный круговорот или обмен веществ. **Антропогенный круговорот** -круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность человека. В нем можно

выделить две составляющие: биологическую, связанную с функционированием человека как живого организма, и техническую, связанную с хозяйственной деятельностью людей (техногенный круговорот).

Геологический и биологический круговороты в значительной степени замкнуты, чего нельзя сказать об антропогенном круговороте. Поэтому часто говорят не об антропогенном круговороте, а об антропогенном обмене веществ. Незамкнутость антропогенного круговорота веществ приводит к истощению природных ресурсов и загрязнению природной среды. Именно они и являются основной причиной всех экологических проблем человечества.

#### Круговороты основных биогенных веществ и элементов.

**Круговорот воды** между сушей и океаном через атмосферу относится к большому геологическому круговороту. Вода испаряется с поверхности Мирового океана и либо переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока, либо выпадает в виде осадков на поверхность океана. В круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км<sup>3</sup> воды. Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на нашей планете. С учетом транспирации воды растениями и поглощения ее в биогеохимическом цикле, весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн. лет.

**Круговорот углерода.** Продуценты улавливают углекислый газ из атмосферы и переводят его в органические вещества, консументы поглощают углерод в виде органических веществ с телами продуцентов и консументов низших порядков, редуценты минерализуют органические вещества и возвращают углерод в атмосферу в виде углекислого газа. В Мировом океане круговорот углерода усложнен тем, что часть углерода, содержащегося в мертвых организмах, опускается на дно и накапливается в осадочных породах. Эта часть углерода выключается из биологического круговорота и поступает в геологический круговорот веществ.

**Круговорот кислорода.** Главным образом круговорот кислорода происходит между атмосферой и живыми организмами. В основном свободный кислород (O<sub>2</sub>) поступает в атмосферу в результате фотосинтеза зеленых растений, а потребляется в процессе дыхания животными, растениями и микроорганизмами, и при минерализации органических остатков. Незначительное количество кислорода образуется из воды и озона под воздействием ультрафиолетовой радиации. Большое количество кислорода расходуется на окислительные процессы в земной коре, при извержении вулканов и т.д. Основная доля кислорода продуцируется растениями суши - почти 3/4, остальная часть - фотосинтезирующими организмами Мирового океана.

**Круговорот азота.** Запас азота в атмосфере огромен. Однако растения поглощать свободный азот не могут, а только в связанной форме. Свободный азот из атмосферы связывают азотфиксирующие бактерии и переводят его в доступные растениям формы. В растениях азот закрепляется в органическом веществе (в белках, нуклеиновых кислотах и пр.) и передается по цепям питания. После отмирания живых организмов, редуценты минерализуют органические вещества и превращают их в аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а также в свободный азот, который возвращается в атмосферу.

Нитраты и нитриты хорошо растворимы в воде и могут мигрировать в подземные воды и растения и передаваться по пищевым цепям. Если их количество излишне велико, что часто наблюдается при неправильном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение вод и продуктов питания, и вызывает заболевания человека.

**Круговорот фосфора.** Основная масса фосфора содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот фосфор включается в результате процессов выветривания горных пород.

В наземных экосистемах растения извлекают фосфор из почвы и включают его в состав органических соединений (белков, нуклеиновых кислот, фосфолипидов и др.) или оставляют в неорганической форме. Далее фосфор передается по цепям питания. После отмирания живых организмов и с их выделениями фосфор возвращается в почву.

При неправильном применении фосфорных удобрений, водной и ветровой эрозии почв большие количества фосфора удаляются из почвы. С одной стороны, это приводит к перерасходу фосфорных удобрений и истощению запасов фосфорсодержащих руд (фосфоритов, апатитов и др.). С другой стороны, поступление из почвы в водоемы больших количеств таких биогенных элементов как фосфор, азот, сера и др. вызывает бурное развитие синезеленых водорослей и других водных растений («цветение» воды) и эвтрофикацию водоемов. Но большая часть фосфора уносится в море.

В водных экосистемах фосфор усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до морских птиц. Их экскременты (гуано) либо сразу попадают назад в море, либо сначала накапливаются на берегу, а затем все равно смываются в море. Из отмирающих морских животных, особенно рыб, фосфор снова попадает в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы, то есть выключается из биогеохимического круговорота.