

## Лекция №12. БИОСФЕРА КАК ЖИВАЯ САМОРЕГУЛИРУЮЩАЯСЯ СИСТЕМА

Несмотря на появление представлений о единстве Природы и Человека и их взаимообусловленности, мир неживой материи, живого вещества и мир человека и общества, им созданного, в XIX в. еще не были взаимосвязаны в сознании ученых. Научные дисциплины в этих трех сферах жили еще долгое время самостоятельной жизнью, а эмпирического материала было недостаточно, чтобы воспроизвести единую цельную картину мира. Таким связующим звеном стало учение о биосфере и ноосфере, которое начал формировать Владимир Иванович Вернадский в начале XX в. Он был одним из первых, кто понял, что весь лик Земли, ее ландшафты, структура атмосферы – все это является порождением жизни. Однако, лишь во второй половине XX века, уже за пределами жизни автора, вся глубина и значение главных идей В.И. Вернадского только начала осознаваться обществом.

В.И. Вернадский предположил, что жизнь на Земле имеет довольно древнее происхождение. Сегодня учеными доказано, что жизнь на Земле существовала 3,8 млрд лет назад. То есть возникновение Земли как космического тела 4,5 млрд лет назад и появление на ней жизни по космическим масштабам произошли практически одновременно. Он первым сказал, что жизнь – есть явление космическое, катализатор процесса развития и начал исследовать ее влияние на развитие планеты. В.И. Вернадский изложил историю развития биосферы и всей внешней оболочки Земли. По мнению автора, пленка жизни, возникшая на поверхности планеты, многократно ускоряла процессы ее эволюции за счет способности поглощать и использовать энергию космоса, солнца и трансформировать с ее помощью земное вещество.

**Живое и неживое.** Культура древнего мира не признавала деления на живое и мертвое. Все существующее в мире и доступное наблюдению представлялось живым (анимизм). С накоплением опыта общения с природой, наблюдения и экспериментирования сформировались представления о границе между живым и неживым.

Наука, которая занимается изучением живого – это биология (термин ввел французский натуралист Жан Батист Ламарк). В современном понимании **биология** – совокупность наук о живой природе, об огромном многообразии вымерших и ныне населяющих Землю живых существ, их строении и функциях, происхождении, распространении и развитии, связях друг с другом и с неживой природой. Ее цель – познание феномена жизни. **Живое вещество** есть совокупность всех организмов Земли, находящихся на ней в данный период времени.

Существует несколько подходов к определению живого вещества. При определении живого биологи часто выделяют основные наблюдаемые **свойства**, отличающие живое от неживого: **питание** – источник энергии и веществ, необходимых для жизнедеятельности; **дыхание** – с его помощью высвобождается энергия высокоэнергетических соединений, относится к

процессам метаболизма; **выделение** – освобождение организма от конечных продуктов обмена, чужеродных веществ и избытка воды, солей и органических соединений, поступивших с пищей или образовавшихся в организме; **размножение и рост** – живые организмы растут за счет питания изнутри, причем живая протоплазма образуется при ассимиляции питательных веществ; **раздражимость** – избирательная реакция живых существ на изменение внешней и внутренней среды, обеспечивающая стабильность жизнедеятельности; **подвижность** – свойственна и животным и растениям, хотя скорости их существенно различаются; **гомеостаз** – способность поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность течения всех физиологических процессов в непрерывно меняющихся внешних условиях; **дискретность** – живое состоит из частей и структур, находящихся в сложных взаимодействиях.

Самый высокий уровень организации жизни на Земле – **биосфера** (рис. 1). **Биосфера** – вместилище жизни, сложная, целостная система, динамическое равновесие которой определяется множеством параметров. Термин «биосфера» появился в конце XIX в и образован от слов «био» и «сфера» – это область активной жизни, охватывающей нижнюю часть атмосферы, верхнюю часть литосферы и гидросферу.

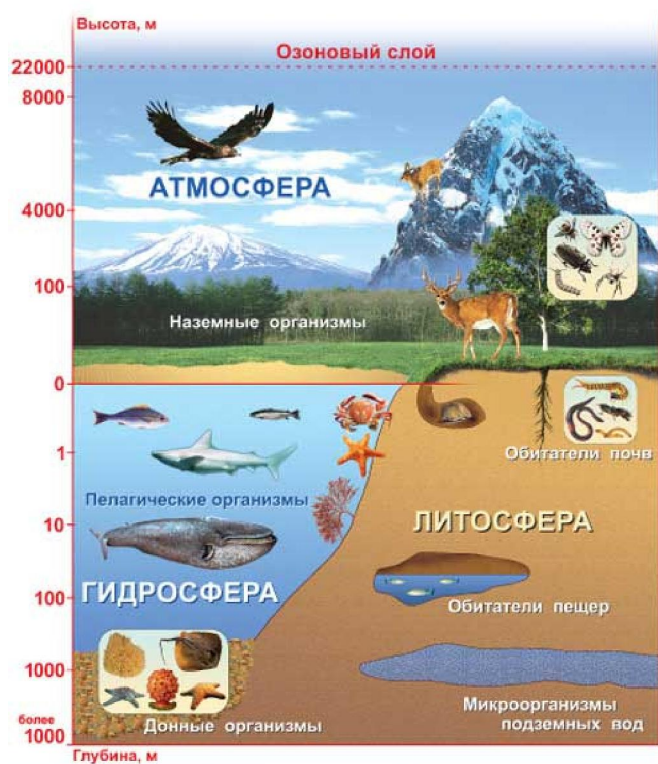


Рис. 1. Схема строения биосферы

Определение биосферы как особой оболочки Земли и само ее название было предложено австралийским геологом Э. Зюсом. Однако подробного освещения существа и роли биосферы у Зюса нет. Ж.Б. Ламарк значительно раньше и глубже подошел к анализу взаимоотношений организмов со средой

их обитания и гибели, что непосредственно предшествовало современному пониманию биосферы.

Более глубоко и широко биосфера представлена в трудах В.И. Вернадского. Его учение о биосфере как активной оболочке Земли, в которой совокупная деятельность живых организмов, включая человека, проявляется как геохимический фактор планетного масштаба и значения, появилось в 1926 г.

**Составные части биосферы.** Вещество, составляющее биосферу, существенно неоднородно. Биосфера включает в себя:

- живые организмы;
- биогенное вещество (уголь, нефть, известняки и др.). Огромные запасы топливных ископаемых в виде газа, нефти, угля являются материалами органического характера – продуктами прошлых стадий развития биосферы;
- косное вещество (в его образовании живое не участвует), например солнечная энергия, горные породы, минералы и т.д.;
- биокосное вещество (создается с помощью живых организмов), например, почва или озерная вода;
- вещество космического происхождения.

Вернадский рассматривал биосферу как область жизни, основа которой – взаимодействие *живого* и *косного* веществ. *Косное вещество* преобладает по массе и объему.

Сама биосфера является продуктом длительного спонтанного развития нашей планеты. Биосфера включает в себя все живые организмы, находящиеся во взаимодействии с физической средой Земли и обитающие в атмосфере, гидросфере и литосфере. При этом происходит непрерывная миграция атомов косного вещества биосферы в живое и обратно. Она представляет собой открытую систему, через которую проходит поток энергии от Солнца. Живые организмы аккумулируют солнечную энергию, превращают ее в химическую и распространяют ее по поверхности Земли, создавая все многообразие жизни. Т. о. биосферу мы можем рассматривать как область земной коры, занятую трансформаторами, переводящими космические излучения в действенную земную энергию – электрическую, химическую, механическую, тепловую и т.д. Живое вещество, завоевав планету, глубоко изменило ее, проявило себя могучим трансформирующим фактором. Сравнение космических “ровесниц” – Земли и Луны наглядно демонстрирует эффективность живого вещества как катализатора мирового процесса развития.

**Биосфера, или биомасса Земли** имеет свои границы. Ориентировочно верхний предел биосферы ограничен сильнейшим солнечным и космическим излучением, поражающим все живое; нижний – высокими температурами недр Земли.

В атмосфере наиболее заселен слой толщиной до 50 м. Вынос микроорганизмов на высоты больше 15 км возможен конвенционными

потоками. За верхнюю границу биосферы условно принимается озоновый слой (около 10 – 15 км.), который образуется у верхней границы тропосферы из кислорода под влиянием космических излучений, предохраняющий жизнь на Земле от действия ультрафиолетовых лучей. Озоновый слой – тоже результат деятельности живого вещества, т.е. **сама жизнь защищает себя от смерти**. Выше него мощный поток УФ излучения убивает, вероятно, все живое. Однако исследования показывают, что защищать живые клетки от воздействия излучения и потоков ионизирующих частиц достаточно просто. Такую защиту может, в частности, обеспечить железный метеорит диаметром меньше 0,6 мкм и стенками толщиной не больше 0,1 мкм. Нижняя граница распространения живых организмов в литосфере определяется температурой. По современным представлениям живые организмы могут жить при температурах до 100°C. Однако этот фактор может быть несущественным. Обнаружение грибов в ядерных реакторах говорит о возможности живого переносить огромные потоки ионизирующего излучения. Известны и живые организмы, не нуждающиеся в кислороде. Поэтому границы жизни пока до конца остаются неизвестными.

Таблица 1

Средняя толщина биосферы, км.

Широтные пояса	Континентальная область	Океаническая область
Полярный	12	13
Среднеширотный	14	15
Тропический	21	22

Согласно **биогеохимическая концепция биосферы** В.И. Вернадского основу биосферы как геологической оболочки составляет **живое вещество, понимаемое как совокупность химических элементов, сосредоточенных во всех живых организмах, вместе взятых**. В основе концепции лежат три основных биогеохимических принципа эволюции биосферы как целостного образования.

**Первый биогеохимический принцип В.И. Вернадского: биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению.**

Вовлекая неорганическое вещество в биотический круговорот, живое способно со временем проникать в ранее недоступные области и увеличивать перерабатывающую активность. Освоение новых областей осуществляется за счет увеличения разнообразия форм живых организмов. Другим проявлением этого принципа можно считать постоянство среднего химического состава живого вещества с момента его формирования по настоящее время. Поэтому этот принцип можно назвать правилом **постоянства химической основы эволюционных процессов органического мира**.

**Второй принцип: эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, идет в направлении, усиливающем биогенную миграцию атомов (или в другой формулировке: “При эволюции видов выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают биогенную геохимическую энергию”).**

Этот принцип задает правило направленности эволюционных изменений органического мира. И дает ответ на вопрос: “Зачем природе человек? Появление человека есть закономерный процесс, так как выделение его из животного мира связано с резким ростом процесса переработки окружающей среды.

*Около четырех млрд. лет тому назад на Земле сложились такие материально-энергетические условия, когда возникло неустойчивое динамическое равновесие первого рода: доминирование на поверхности планеты процессов рассеяния энергии сменилось все более возрастающим во времени и пространстве влиянием процессов концентрации свободной энергии. Вероятно, что в это время и сложились физико-химические условия для протекания эндотермических (с поглощением энергии) фотохимических реакций. Произошла первая планетарная перестройка – качественный скачок от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию, – возникла планетарная система живого вещества.*

*Формирование гидросферы и литосферы Земли происходило под воздействием уменьшающегося потока излучаемой в космос энергии. На протяжении всего этого времени поверхность Земли вела себя как неравновесная система, стремящаяся к состоянию равновесия. Наступило время, когда возрастающая плотность потока космической энергии сравнялась по величине с убывающей плотностью потока энергии, излучаемой поверхностью Земли в мировое пространство, возникло неустойчивое равновесие первого рода. На “перекрестке” излучений создались условия для постепенного образования “жидкого тела” Земли. Создались условия для замедления диссипативных процессов излучения. В это время и сложились физико-химические предпосылки для возникновения земной формы жизни.*

*Физическая предпосылка состояла в том, что при целочисленности отношений потоков возникли условия их резонансных взаимодействий. Земля вошла в “резонансные отношения” с космической средой. Химическая предпосылка состояла в том, что в жидкой среде создались условия пропускной способности канала для протекания эндотермических фотохимических реакций, дающих возможность аккумулировать энергию Солнца и превращать ее в потенциальную энергию продуктов фотосинтеза. Рождение биосферы можно рассматривать как планетарно-космическую “особую точку –  $\alpha$ ” – качественный скачок, до которого на поверхности Земли преобладали диссипативные процессы неживой природы. Под действием лучистой энергии изначально в водной среде возникает и необратимо развивается органическая жизнь Земли.*

Итак. Источником земной формы жизни явился поток лучистой энергии и вода. Поток лучистой энергии – ПАПА, а вода – МАМА всех форм земной жизни как космического явления.

Около 2 млрд. лет назад на смену бактериям и сине-зеленым водорослям пришли простейшие одноклеточные и примитивные грибки. 1,5 – 1 млрд. лет назад возникли беспозвоночные кишечно-полостные, черви и моллюски. 500 млн. лет назад – хордовые рыбы, 300 – 400 млн. лет назад появились земноводные, 200 – 300 млн лет назад – рептилии, 100 млн. существуют млекопитающие, 20 млн. лет – обезьянолюди, рамопотеки, гоминиды. И лишь несколько миллионов лет тому назад в результате жестокой борьбы со смертью появился вид *Homo Sapiens*, обеспечивающий большой поток свободной энергии, чем любой другой вид.

10 – 20 млн. лет назад наступившее на Земле оледенение создало для живого вещества критическую ситуацию: существование живого вещества планеты оказалось под угрозой. Необходимо было дополнительное тепло. Его можно было получить за счет увеличения эффективности использования

доли энергии Солнца, аккумулированной на поверхности Земли. Появляется новая форма организованности живого – Человек.

В настоящее время на одного человека, в среднем, приходится не 2500 ккал, как это было в далеком прошлом, а 250 тыс. ккал в сутки. По образному выражению Бёша, последнее означает, что в современном мире на каждого человека как бы работают сто невидимых рабов. Что же является причиной и движущей силой неубывающего роста возможностей человека? По существу, одним из первых, кто дал естественно-научный ответ на этот вопрос был С.А. Подолинский (1850 – 1891), который в 1880 г. показал, что человек является единственной известной в науке силой природы, которая определенными волевыми актами способна: 1) увеличивать долю энергии Солнца, аккумулируемой на поверхности земли, 2) уменьшать количество энергии, рассеиваемой в мировое пространство.

***Третий принцип: в течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало.***

Третий биогеохимический принцип основывается на геометрической прогрессии размножения живых организмов. В.И. Вернадский предложил рассмотреть скорость заселения земной поверхности тем или иным видом как характеристику его геохимической функции. Чем больше скорость заселения, тем сильнее вид перерабатывает окружающую среду. Учитывая исключительно высокие темпы размножения живых организмов, этот принцип можно интерпретировать, как ***правило, полной заселенности Земли в любое геологическое время.***

В.И. Вернадский вычислил время, необходимое различным организмам для “захвата” поверхности Земли. По подсчетам В.И. Вернадского, скорость распространения (растекания) живого вещества по поверхности меняется в зависимости от размеров организма, мелкие организмы размножаются быстрее крупных, а домашние животные размножаются быстрее диких.

- для бактерий – 1,25 суток (300 м/с);
- для больших водорослей – 379 лет;
- для цветковых растений – 11 лет;
- для инфузории туфельки – 67,3 суток;
- для курицы – 18 лет;
- для домашней свиньи – 8 лет;
- для дикой свиньи – 56 лет;
- для крысы – 8 лет;
- для слона – 1000 лет.

Живые организмы характеризуются определенной массой. По оценкам, она близка к  $5 \cdot 10^{13}$  т. Существуют две противоположные точки зрения на вопрос о постоянстве этой массы. Одна из них, базируясь на предположении о неизменности солнечной энергии, получаемой Землей, считает, что масса живого вещества постоянна. Другая утверждает, что масса живого вещества на Земле непрерывно возрастает. Этот процесс связывают с увеличением

разнообразия жизни в ходе геологического времени. По мнению В.И. Вернадского, для данного геологического периода количество живого вещества биосферы постоянно.

***Солнечная энергия вызывает на Земле два круговорота веществ:***

1. Большой, наиболее ярко проявляющийся в круговороте воды и циркуляции атмосферы.

2. Малый, или биологический, круговорот.

Оба круговорота взаимосвязаны и представляют единый процесс. Только два химических элемента покидают Землю – водород и гелий. Остальные остаются в сфере влияния Земли и полностью участвуют в биохимических циклах. Каждый круговорот состоит из 2-х основных частей. Первая часть содержит сосредоточенный в геологических оболочках запас химических элементов, подверженный медленным превращениям и переходам из одних форм в другие. Вторая – запас, находящийся в живой природе, участвующий в относительно быстрых превращениях органического мира.

Основой биосферы является круговорот органического вещества, осуществляющийся при участии всех населяющих ее организмов. В закономерностях биотического круговорота решена проблема длительного существования и развития жизни. На Земле запасы доступных минеральных элементов, необходимых для осуществления жизненных функций, не могут быть бесконечными. Если бы они только употреблялись, жизнь рано или поздно должна была бы закончиться. Именно для жизнедеятельности образовался круговорот органического вещества.

Каждый вид организмов представляет собой звено в ***биотическом круговороте***. Используя в качестве средств существования тела или продукты распада одних организмов, он должен отдавать в среду то, что могут использовать другие. С их помощью осуществляется естественная саморегуляция биосферы, любая форма жизни неизменно будет включаться в биотический круговорот.

Биологический круговорот веществ обеспечивает воспроизводство живого вещества и оказывает активное влияние на облик биосферы.

Растительные организмы, животные и бактерии используют для построения своих тканей многие элементы, такие как, например, водород, кислород, азот, фосфор, серу, кальций, калий, магний и многие другие. Используются также и микроэлементы.

Биотический круговорот веществ, являющийся замкнутой системой, в упрощенном виде выглядит так: зеленые растения используют солнечную энергию, создают первичную продукцию живого вещества, потребляют *углекислоту* и выделяют *кислород*. Животные поедают растения, потребляют *кислород* и выделяют *углерод*. Мертвые растения и животные перерабатываются насекомыми, простейшими, грибами, которые разрушают их, превращая в минеральные или простейшие органические соединения, поступающие в почву и вновь потребляемые растениями и т.д.

Непрерывность и замкнутость этого процесса обеспечиваются распадом и разложением конечных продуктов.

**Гумус**, образующийся в почве под влиянием микроорганизмов, представляет собой сложный комплекс соединений, обладающий значительным запасом энергии. Разложение гумуса с отдачей энергии происходит очень медленно, что и определяет его значение как основы почвенного плодородия, обеспечивающего растения элементами минерального питания.

В биотический круговорот вовлекается гигантское количество воды. Испарение воды наземными частями растений создает силу, способствующую подъему из почвы по сосудам почвенного раствора, обеспечивающего растения как водой, так и минеральными солями. Извлекаемая из почвы вода в парообразном состоянии попадает в атмосферу, затем, охлаждаясь, конденсируется и вновь в виде осадков возвращается почву или океан. Геологический круговорот воды выполняет основную механическую работу, осуществляя перераспределение, накопление твердых осадков на суше и дне водоемов, а также в процессах механического разрушения почв и горных пород.

Любой круговорот имеет три основных показателя: **скорость, время оборота, коэффициент рециркуляции**. По разным оценкам гидросфера совершает круговорот за период от 3000 до 2 млн. лет, земные воды – за 5000 лет, почвенная влага – за 1год. CO<sub>2</sub> совершает круговорот за 300 лет. Кислород оборачивается за 2000 лет. Скорость оборота для леса может быть определена, например, по отношению сухого вещества подстилки к сухой массе опавших растений. Так, для заболоченных лесов это отношение равно 50; тундры – больше 20; тайги – до 20; степи – до 2; субтропиков – до 1; саванны – до 0,2; тропических лесов – не более 0,1. Исключительно быстрый круговорот в тропических лесах приводит к тому, что в почвах практически не происходит накопления органического вещества. Достаточно убрать лес – образуется пустыня.

Функции живого вещества в биосфере Земли довольно разнообразны. В.И. Вернадский выделял пять таких функций:

1. **Газовая функция**. Осуществляется зелеными растениями. Для синтеза органических веществ растения используют углекислый газ, выделяя при этом в атмосферу кислород. Весь остальной органический мир использует кислород с процессе дыхания и пополняет при этом запасы углекислого газа в атмосфере. По мере увеличения биомассы зеленых растений изменяется газовый состав атмосферы: снижается содержание углекислого газа и увеличивается концентрация кислорода. Таким образом, живое вещество качественно изменило состав атмосферы.

2. С газовой функцией тесно связана **окислительно-восстановительная функция**. В процессе своей жизнедеятельности и после своей гибели организмы, обитающие в разных водоемах, регулируют кислородный режим и тем самым создают условия, благоприятные для растворения ряда металлов, что приводит к образованию осадочных пород.



3. **Концентрационная функция** проявляется в способности живых организмов накапливать различные химические элементы, например, в таких растениях-накопителях, как осока, хвощ, содержится много кремния. Благодаря осуществлению концентрационной функции живые организмы создали многие осадочные породы: залежи мела, известняка и т.п.

4. **Биохимическая функция** связана с ростом, размножением и перемещением живых организмов в пространстве. Размножение приводит к быстрому распространению живых организмов и расползанию живого вещества в разные географические области.

*Биосфера существовала до появления человека и может существовать без него, но человек без биосферы существовать не может. Это аксиома.* Независимо от человека биосфера сложилась как саморазвивающаяся и саморегулирующаяся система, как механизм, использующий энергетический порядок, идущий из Космоса и перераспределяющий энергию внутри геофизической, биологической, геохимической оболочек на планете и характеризующийся определенной биологической продукцией. Саморегуляция этого процесса была стихийной, но эффективной и направленной. Биосфера развивалась вместе с усложнением форм жизни, с накоплением органического вещества, живой биомассы, корневых систем и т.д.

Однако человек с момента своего появления вмешивается в процессы самоуправляющейся, саморегулирующейся природной системы и воздействует на нее. В.И. Вернадский одним из первых заметил, что человечество вступило в новую эпоху, когда, познав законы Природы, оно проявляет себя как сила, способная сознательно управлять процессами в биосфере.