

ОХРАНА ТРУДА.
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.
ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 574.2

С. Д. Галюжин, А. С. Галюжин, О. М. Лобикова, Н. В. Лобикова

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ БИОСФЕРЫ

UDC 574.2

S. D. Haliuzhyn, A. S. Haliuzhyn, O. M. Lobikova, N. V. Lobikova

FUNDAMENTAL FACTORS OF SUSTAINABLE BIOSPHERE DEVELOPMENT

Аннотация

Проведен анализ основных факторов, оказывающих существенное влияние на процессы устойчивого развития биосферы нашей планеты. Показано, что такими основополагающими факторами являются наличие солнечной энергии, фотосинтеза и разрушения мертвой органики, воды и углерода. Приведены основные принципы сохранения видового разнообразия и устойчивости биотических круговоротов и, соответственно, устойчивого развития биосферы.

Ключевые слова:

биосфера, глобальные катастрофы, фотосинтез, биотический круговорот, факторы среды, источники энергии.

Abstract

The basic factors have been analyzed that significantly influence the processes of sustainable development of our planet's biosphere. It is shown that these basic factors are the availability of solar energy, photosynthesis and destruction of dead organic matter, water and carbon. The main principles of conservation of species diversity and stability of biotic cycles and, accordingly, of the sustainable development of the biosphere are given.

Key words:

biosphere, global catastrophes, photosynthesis, biotic cycles, environmental factors, energy sources.

На нашей планете жизнь существует около 4 млрд лет. За это время происходило много катастроф планетарного масштаба, в результате которых погибло до 90 % флоры и фауны. В 1997 г. ученые Принстонского университета А. Фишер и М. Артур впервые выдвинули гипотезу о том, что неоднократная

массовая гибель флоры и фауны на Земле вызывалась столкновением с крупным небесным телом. Палеонтологи Д. Рол и Дж. Сенковски установили, что примерно через каждые 26...27 млн лет происходила гибель значительного числа животных и растений. Вместе с тем после этих катастроф непременно происходи-

ло восстановление биосферы.

К настоящему времени достаточно изучены пять случаев массовой гибели представителей животного и растительного мира, произошедшие за последние 500 млн лет. Свидетельства этих потрясений хранятся в пластах земной коры, относящихся к тем периодам.

Последняя, наиболее изученная катастрофа случилась предположительно 65 млн лет назад. Массовая гибель динозавров, летающих рептилий, водорослей и планктона была вызвана падением на Землю крупного астероида диаметром около 15 км в районе мексиканского полуострова Юкатан. В 1980 г. группа американских ученых под руководством У. Альвареса, изучая скальные породы, возраст которых насчитывал 65 млн лет, обнаружила, что содержание иридия в них в 25 раз больше, чем в более старых и более молодых породах. К тому времени было достаточно известно, что редкий химический элемент иридий в больших концентрациях присутствует только в космических телах. Сопоставив эти данные со временем вымирания рептилий, У. Альварес предположил, что причиной этой экологической катастрофы является столкновение Земли с крупным астероидом. В начале 1990-х гг. с помощью космических спутников возле Юкатана был обнаружен гигантский кратер диаметром около 200 км, «возраст» которого примерно совпадает со временем вымирания динозавров.

Многим доводилось видеть результаты локальных катастроф – лесных пожаров: обуглившиеся остовы деревьев, выгоревшая трава, черная обгоревшая земля – ни малейших признаков жизни. Проходит год-два, и на пожарище появляются первые ростки травы, затем мелкий кустарник, деревья, насекомые и мелкие зверьки.

Данные примеры показывают,

что на нашей планете есть факторы, позволяющие восстановить и обеспечить устойчивое развитие биосферы.

Для существования жизни на планете, очевидно, необходим в первую очередь **источник энергии**, поскольку для обеспечения всех процессов в живом организме нужен приток энергии. Земля входит в планетную систему звезды спектрального класса G2 (желтый карлик) под названием Солнце, от которой к Земле ежесекундно поступает около $2 \cdot 10^{14}$ кДж энергии солнечного излучения [1, с. 114–119]. Для Земли это самый мощный источник энергии. Солнце излучает энергию в окружающее пространство в виде электромагнитных волн, образующихся в результате термоядерных реакций в недрах звезды.

Таким образом, первичным источником энергии для жизнедеятельности организмов является Солнце. Известно, что солнечные лучи достигают и других планет солнечной системы, но жизнь в земных формах там не обнаружена. Значит, данного фактора недостаточно для существования жизни.

Энергию в виде солнечной могут потреблять не все живые организмы. Улавливание энергии Солнца происходит в таких клетках организмов (как правило, растений), которые содержат хлорофилл. Это основной источник энергии, обеспечивающий протекание сложных процессов на нашей планете, в том числе и биохимических. В результате солнечная энергия преобразуется в энергию химических связей синтезированных веществ (этот процесс называется **фотосинтезом**). В дальнейшем эта энергия используется для жизнедеятельности как самих растений, так и других организмов, использующих растения в качестве пищи (рис. 1). Фотосинтез является связующим мостом между живой и неживой материей.

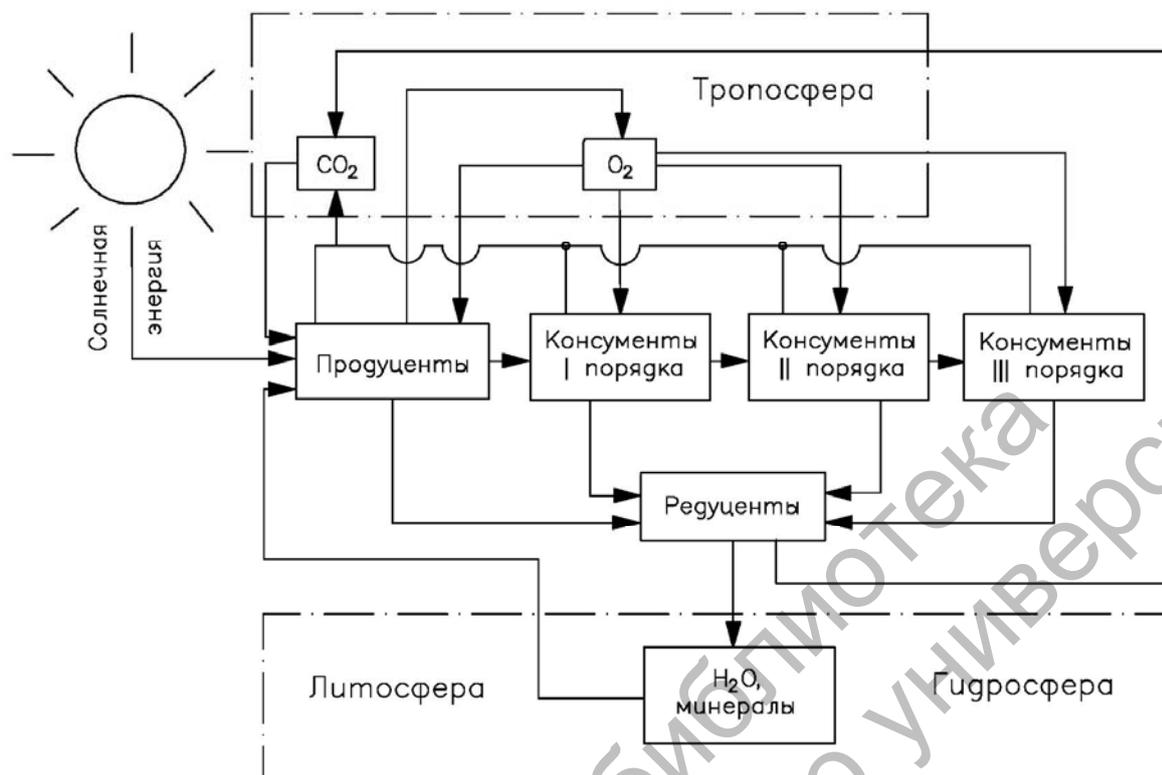


Рис. 1. Схема биотического круговорота веществ в биосфере

Фотосинтез – это превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими микроорганизмами углекислого газа, воды и других минеральных элементов в сложные органические вещества под воздействием солнечной энергии и при участии поглощающих эту энергию пигментов.

Другие живые организмы (консументы I порядка) для обеспечения процессов жизнедеятельности используют уже готовую органическую продукцию, синтезированную растениями (см. рис. 1), консументы II порядка – органическую продукцию консументов I порядка и т. д.

В процессе обмена веществ живой организм потребляет и усваивает необходимые вещества и выделяет отходы жизнедеятельности. Также происходит процесс старения живых организмов, которые в итоге умирают. Размеры нашей планеты не бесконечны, и в конечном счете все полезное вещество

было бы переработано в бесполезные отбросы. Однако в процессе эволюции был найден великолепный выход: кроме организмов, умеющих строить живое вещество из неживого, появились и другие организмы – **редуценты**, разлагающие это сложное органическое вещество на исходные минералы и газы, готовые к новому использованию. «Единственный способ придать ограниченному количеству свойства бесконечного, – писал В. Р. Вильямс, – это заставить его вращаться по замкнутой кривой» [2]. Также известный американский эколог Б. Коммонер (1974) сформулировал правило безотходности биосферных технологий: «Все должно куда-то деваться». В окружающей среде в соответствии с законом сохранения материи нет такого места, куда бы могли исчезать ненужные предметы, отходы производства. На примерах биотического круговорота веществ видно, как рационально созда-

на биосфера: одни организмы или их останки и отбросы служат пищей для других, т. е. действует принцип безотходного производства. Б. Коммонер отмечал: «В применении к экологии этот закон означает, что в природе не существует такой вещи, как «мусор». В любой природной системе экскременты и отбросы одних организмов служат пищей для других. Углекислый газ, который выделяют животные как отходы дыхания, – это превосходное питательное вещество для зеленых растений. Растения «выбрасывают» кислород, который используется животными. Органические отбросы животных служат пищей для разлагающих бактерий» [3, с. 28].

Механизм взаимодействия живой и неживой природы состоит из вовлечения неживой материи в область жизни. После ряда превращений неживой материи в живых организмах происходит возврат ее в прежнее исходное состояние. Такой круговорот возможен из-за того, что **живые организмы содержат те же химические элементы, что и неживая природа.**

Рассмотрим, как происходит такой круговорот. В. И. Вернадский обосновал, что главным преобразователем энергии, поступающей из космоса (в основном солнечной), является зеленое вещество растений. Только они способны синтезировать первичные органические соединения под воздействием солнечной энергии. Ученый подсчитал, что общая площадь поверхности зеленого вещества растений, поглощающей энергию, в зависимости от времени года составляет от 0,86 до 4,2 % от площади поверхности Солнца. В то же время площадь поверхности Земли < 0,01 % площади поверхности Солнца, т. е. площадь поверхности зеленого вещества превышает площадь поверхности Земли больше чем на два порядка. Эта колоссальная энергопреобразующая фабрика лежит в основе сохранения и поддержания всего живого на

нашей планете [8, с. 265].

Животные, пищей для которых являются растения или другие животные, синтезируют в своем организме новые органические соединения. Органические останки служат пищей для червей, грибов и микроорганизмов, которые в результате превращают их в исходные минералы, выделяя при этом углекислый газ. Эти минералы вновь служат начальным сырьем для создания первичных органических соединений растениями. Таким образом круг замыкается и начинается новое движение атомов.

Вместе с тем круговорот веществ не является абсолютно замкнутым. Часть атомов выходит из круговорота, закрепляется и организуется новыми формами живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Проникая в литосферу, гидросферу и тропосферу, живые организмы производили и производят огромную геохимическую работу по перемещению и перераспределению имеющихся веществ и созданию новых. В этом суть поступательного развития биосферы, т. к. при этом расширяется сфера биогеохимических циклов и укрепляется биосфера. Как отмечал В. И. Вернадский, в биосфере наблюдается постоянное биогенное движение атомов в виде «вихрей».

В отличие от геологического биотического круговорот характеризуется незначительным потреблением энергии. На создание первичного органического вещества расходуется около 1 % солнечной энергии, достигающей поверхности Земли. Вместе с тем этой энергии достаточно для функционирования сложнейших биогеохимических процессов на планете.

Разложение органических веществ – жизненно важный процесс преобразования энергии и вещества внутри клеток живых организмов. При прекращении этих процессов все биогенные элементы оказались бы связанными в сложных органических соеди-

нениях мертвых остатков и продолжение жизни стало бы невозможным.

Таким образом, вторым важным фактором, обеспечивающим устойчивое развитие биосферы, является *разложение* органических веществ на исходные минералы и газы.

Третьим по значимости фактором является наличие на планете *воды* в жидком состоянии. Существенное значение для жизнедеятельности клеток имеет вода, содержание которой в них составляет от 60 до 98 %. Без воды невозможен синтез углеводов земными растениями, она является средой, в которой происходят все биохимические реакции. Внутри живых организмов перенос питательных веществ осуществляется в виде водных растворов. Вода транспортирует и выносит из организма продукты распада сложных органических соединений. Она используется для поддержания температурного режима у животных, выделяясь в виде пота, который, испаряясь, понижает температуру поверхности кожного покрова.

Академик И. А. Шилов [4] отмечает, что водный обмен между живыми организмом и средой состоит из двух противоположных процессов: первый – поступление воды в организм, второй – отдача ее в окружающую среду.

У высших растений корневая система всасывает воду из почвы, которая подводится вместе с растительными веществами к отдельным органам и клеткам. Выводится вода в процессе *транспирации* – физиологического испарения воды листьями и другими частями растений. При этом в водном обмене растений около 5 % воды используется для фотосинтеза, а остальное – на компенсацию испарения и поддержания внутреннего гидростатического давления в клетках, уравновешивающего внешнее давление среды – давление атмосферы, а также столба воды для водных растений.

Животные, в том числе и некото-

рые водные, получают воду в основном при питье. Выведение воды из организма происходит с мочой, экскрементами и путем испарения. Многие организмы, обитающие в водной среде, получают и отдают воду через покровы или специализированные участки тканей. Некоторые сухопутные обитатели (беспозвоночные животные, амфибии, многие растения) получают влагу из росы, тумана, дождя.

Важным источником воды для животных является пища. В первую очередь это вода в потребляемых пищевых тканях. Кроме того, при усиленном питании в организме накапливается жировой запас, который используется как энергетический резерв, а также как источник воды. Как отмечалось выше, в процессе окисления органических веществ в организме образуется вода, называемая *метаболической*. Она и является дополнительным источником для организма.

Наиболее распространенный минерал на нашей планете – это вода. В. И. Вернадский писал, что нет другого минерала, кроме воды, который мог бы оказать такое влияние на ход основных геологических процессов. Все земные вещества содержат воду.

Чистая вода представляет собой бесцветную прозрачную жидкость. Это единственный минерал, встречающийся на Земле в естественных условиях в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. При переходе из твердого состояния в жидкое, в отличие от других веществ, плотность ее вначале возрастает. Это происходит в диапазоне температур от 0 до 4 °С. Максимальная плотность воды имеет место при 4 °С, и лишь при дальнейшем нагревании плотность воды уменьшается с увеличением температуры. При 0 °С и переходе из жидкого состояния в твердое плотность воды скачком уменьшается с 999,9 до 917,01 кг/м³, т. е. более чем на 9 %. Благодаря этому

удивительному свойству при приближении зимы и охлаждении всей толщи воды до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ перемещение ее слоев, вызываемое охлаждением, заканчивается. При дальнейшем понижении температуры окружающей среды вначале происходит охлаждение поверхностного слоя, плотность которого становится меньше, чем нижележащих слоев. Этот поверхностный слой замерзает и остается на поверхности, защищая тем самым нижележащие слои от дальнейшего охлаждения и замерзания [5, с. 197–203].

Если бы плотность воды изменялась так же, как это происходит почти у всех других веществ при переходе из жидкого состояния в твердое, то при приближении зимы поверхностные слои воды охлаждались бы до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и опускались на дно, освобождая место более теплым слоям. Так происходило бы до тех пор, пока вся толща воды не охладилась до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не промерзла.

Благодаря этим свойствам водоемы не промерзают до дна, а лишь имеют ледяной покров. Атомы в кристалле льда расположены неравномерно. Из-за такой рыхлой структуры лед обладает низкой теплопроводностью и хорошо защищает нижележащие слои воды от охлаждения. Поэтому в водоемах средних и низких широт возможны разнообразные и многочисленные формы жизни.

Большое значение для обеспечения существования биосферы имеет и то, что вода обладает аномально высокой теплоемкостью при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $4,211\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, а при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $4,183\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Для сравнения удельная теплоемкость речного сухого песка составляет всего $0,8\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, глины – $0,84\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, глицерина – $2,43\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Поэтому при переходе от лета к зиме, а также в ночное время вода медленно остывает, отдавая накопленную ранее энергию. В утреннее время и при переходе от зимы к лету вода медленно прогревается. Этим обеспечивается сглаживание амплитуды колебаний среднесуточной и среднегодовой

температуры.

Межъядерные расстояния O–H в молекуле воды составляют около $0,1\text{ нм}$, а расстояния между ядрами атомов водорода – примерно $0,15\text{ нм}$. Внешний электронный слой атома кислорода в молекуле H_2O составляют восемь электронов. Две электронные пары образуют связи O–H, а остальные четыре электрона представляют собой две неподеленные электронные пары. Электроны, образующие ковалентные связи O–H, смещены к более электроотрицательному атому кислорода, поэтому атомы водорода приобретают положительные заряды, хотя в целом молекула воды является электрически нейтральной. Неподеленные электронные пары смещены относительно ядра атома кислорода и создают два отрицательных полюса, т. е. молекула является дипольной [6, с. 46–50].

Молекулярная масса парообразной воды равна 18 и соответствует ее простейшей формуле. Вместе с тем молекулярная масса жидкой воды несколько выше. Это связано с тем, что в жидкой воде из-за дипольности молекул происходит ассоциация молекул, т. е. соединение их в более сложные агрегаты. При этом между молекулами происходит образование водородных связей, причем длина водородной связи примерно в 2 раза больше, чем длина ковалентной связи O–H в молекуле воды [5, с. 199].

Рассмотрим воду в твердом состоянии. Здесь атом кислорода каждой молекулы образует две водородные связи с соседними молекулами воды, причем две соседние молекулы соприкасаются друг с другом разноименными полюсами. В твердом состоянии молекула связана с тремя соседними молекулами и с одной молекулой в соседнем слое. Из-за этого наблюдается рыхлая структура льда. В нем существуют пустоты, размеры которых превышают размеры молекул воды.

При плавлении льда часть водородных связей разрушается. При температурах, близких к 0 °С, образуются как бы «обломки» структуры льда, состоящие как из определенного количества связанных молекул воды, так и из отдельных молекул. В отличие от льда такие объединения молекул неустойчивы и время их существования незначительно. Пустоты «ледяных» объединений молекул заполняются отдельными молекулами. Очевидно, что плотность воды при этом возрастает.

Дальнейшее нагревание воды приводит к уменьшению числа объединений молекул, соответствующих структуре льда. При этом плотность воды возрастает вплоть до температуры воды, равной 4 °С. При дальнейшем повышении температуры воды этот эффект снижается, а преобладающим становится тепловое расширение и плотность воды начинает уменьшаться.

Для разрыва водородных связей необходимы затраты энергии (около 20 кДж/моль). Поэтому вода и обладает такой высокой теплоемкостью. При замерзании водородные связи восстанавливаются, а энергия, затраченная на их разрыв, выделяется в окружающую среду в виде теплоты.

Только при переходе в газообразное состояние водородные связи между молекулами воды полностью разрушаются. Если бы водородные связи отсутствовали, то вода кипела бы при температуре, близкой к -66 °С, а так кипит при +100 °С.

Водородные связи играют большую роль и в биохимических процессах, происходящих в живых организмах. Они обуславливают спиральные конфигурации в молекулах ДНК. К настоящему времени известно более ста разновидностей структурированных ассоциаций молекул воды. Многие ученые склоняются к выводу, что с этим связан механизм памяти в живых организмах.

На этом удивительные свойства

воды не исчерпываются. Благодаря дипольности молекул вода обладает высокой диэлектрической проницаемостью и способностью быть хорошим растворителем. При растворении веществ с ионной структурой молекулы воды удерживаются около иона силами электростатического притяжения. В этом случае ионы растворенного вещества выступают в качестве акцепторов, а молекулы воды – в качестве доноров электронных пар.

Диссоциация (распад) молекул воды в обычных условиях почти не происходит. При температурах свыше 1000 °С водяной пар начинает разлагаться на водород и кислород, т. е. происходит термическая диссоциация: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Однако даже при 2000 °С степень термической диссоциации воды не превышает 2 %.

На каждую молекулу воды со стороны окружающих молекул действуют силы притяжения. Поэтому результирующие силы поверхностного слоя оказывают на воду давление, называемое молекулярным. Наличием этого давления объясняется явление **капиллярности**. Сущность его в том, что если в жидкость поместить одним концом открытую в атмосферу трубку малого диаметра d (капилляр), то в ней устанавливается уровень жидкости h , отличный от исходного. Если поверхность трубки смачивается водой, то образуется вогнутый мениск и вода поднимается на высоту до нескольких метров (рис. 2). Свойство капиллярности позволяет воде циркулировать в горных породах и почвах, обеспечивает кровообращение у животных и движение соков вверх внутри стволов и стеблей растений.

Кроме того, вода играет неограниченную роль по созданию благоприятной среды обитания для живых организмов. Примерно 44 % солнечной энергии, поступающей к верхней границе атмосферы Земли, поглощается поверхностью

суши и океана, которые разогреваются и генерируют инфракрасное излучение. Большая часть этого инфракрасного излучения поглощается водяными парами и некоторыми парниковыми газами, а остальная – уходит в космос. Из-за парникового эффекта на нашей планете среднегодовая температура приземного

слоя воздуха составляет примерно $14,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. По этой причине, по данным К. Я. Кондратьева [7], приращение температуры в приземном слое составляет $\Delta T = 33,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, причем вклад паров воды является определяющим и равным $20,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (62,05 %).

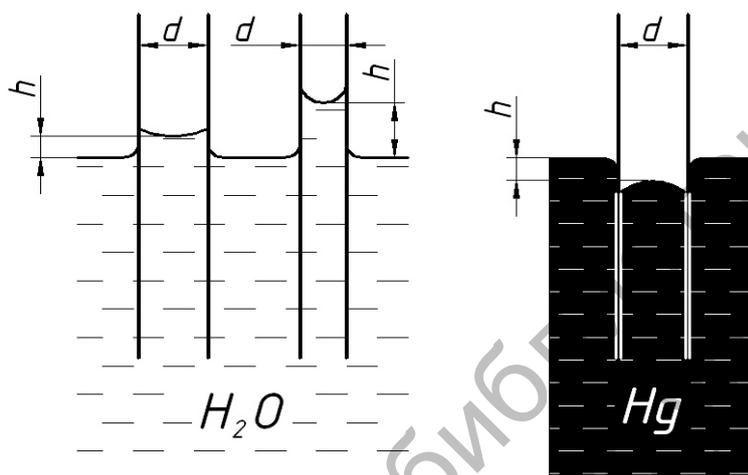


Рис. 2. Явление капиллярности в стеклянных капиллярах при заполнении их различными жидкостями

В биосфере Земли огромную роль играют буферные возможности океана. Мировой океан является крупнейшим накопителем и перераспределителем преобразованной в тепловую солнечной энергии. При этом стабилизируются многие экологические факторы, например, климат, температура, влажность воздуха. На 1 м^2 суши нашей планеты приходится более 8000 м^3 воды Мирового океана (рис. 3).

Происхождение воды на нашей планете до сих пор не объяснено. Вместе с тем очевидно, что для образования молекулы воды необходимо два атома водорода и один атом кислорода. Поэтому многие ученые считают, что вода образовалась в результате синтеза водорода и кислорода на первых этапах формирования Земли из газопылевого облака. Эта гипотеза довольно логично объясняет возникновение воды на

нашей планете.

Если первичная атмосфера Земли сохранила исходный состав среды, из которой образовалась, то она была водородно-гелиевой и водорода было достаточно для синтеза воды. Кислород, вероятно, выделялся из недр Земли, где происходил его синтез, т. к. до сих пор при извержении вулканов в атмосферу выделяется большое количество CO_2 [9, с. 139].

Часть молекул и атомов в верхних слоях атмосферы, где ее плотность низка, двигаются со скоростью, превышающей вторую космическую, и беспрепятственно уходят за пределы планеты. Этот процесс называется *диссипацией*. Для образования на планете достаточно большого количества воды необходимо, чтобы существенная часть водорода, находящаяся в первичной атмосфере, не успела диссипировать, а соединилась с

кислородом. Это накладывает довольно жесткие условия на массу планеты, ее

радиус и расстояние до звезды.

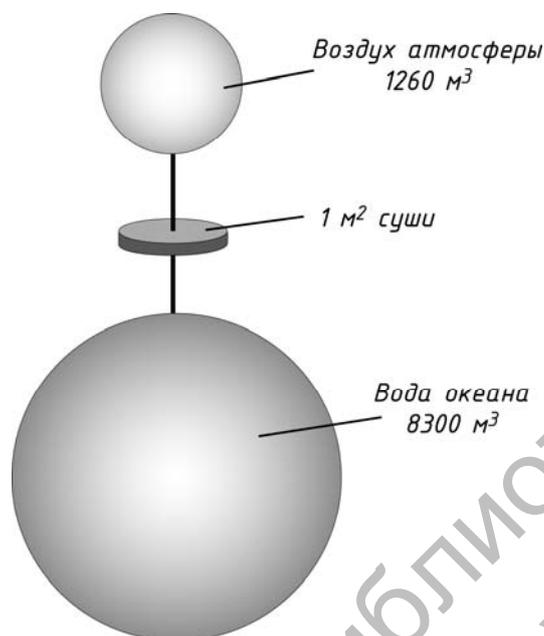


Рис. 3. Объемы атмосферы и океана, приходящиеся на 1 м² суши

Существует также гипотеза, что вода попала на Землю из космического пространства при ее формировании. На взгляд авторов, эта гипотеза значительно слабее первой, т. к. возникает вопрос: почему вода таким путем не попала на другие планеты Солнечной системы?

Таким образом, для устойчивого развития биосферы на Земле необходимы три ключевых фактора: **источник световой энергии, вода и биотический круговорот веществ**. Как уже отмечалось, таким источником энергии является Солнце и, по данным астрофизиков, оно будет существовать в почти неизменном виде еще несколько миллиардов лет. Здесь человечество что-нибудь предпринять пока не в состоянии. Вода находится на Земле и зачастую используется людьми крайне нерационально. **Поэтому важнейшей задачей для человечества является сберечь этот драгоценный минерал**

для будущих поколений.

При фотосинтезе образуются углеводы, т. е. вещества, содержащие углерод. Таким образом, без углерода невозможно создание первичной органической продукции фотосинтезирующими организмами.

Углерод находится в природе как в свободном состоянии, так и виде многочисленных соединений. Он важнейший биогенный элемент, структурная составляющая органических соединений, участвующих в построении живых организмов. В первую очередь это высокомолекулярные соединения (белки, аминокислоты, жиры, ДНК и т. п.), а также низкомолекулярные вещества (витамины, гормоны и др.).

Особая роль углерода в живых организмах обусловлена совокупностью его уникальных свойств. Такими свойствами не обладает ни один элемент Периодической системы Д. И. Менделеева.

ева. Между атомами углерода образуются прочные связи трех типов: одинарные, двойные и тройные. Одинарные связи формируются за счет одной пары электронов, двойные – двух пар электронов, тройные – трех пар электронов. Для углерода характерно образование четырех ковалентных связей, что позволяет создавать углеродные скелеты различных типов: линейные, разветвленные и циклические. Этим обеспечивается большое разнообразие углеродных соединений. Например, в настоящее время известны примерно 1 млн неорганических углеродных соединений, в то время как органических углеродных соединений более 5 млн. Между атомами углерода и атомами других элементов связи довольно прочные. Поэтому для их разрыва в неживой природе необходимы значительные затраты энергии. В живых организмах из-за наличия ферментов-катализаторов разрыв этих связей происходит в достаточно мягких физиологических условиях при незначительных затратах энергии.

Выше отмечалась огромная роль воды для жизнедеятельности организмов, состоящей всего из двух элементов: водорода и кислорода. Третьим по значимости элементом (а может быть и первым) является углерод (содержание углерода в живых организмах в расчете на сухое вещество составляет у водных животных и растений – 34,5...40 %, у наземных растений и животных 45,4...46,5 %, у микроорганизмов 54 %). Три этих элемента составляют 98 % от общей массы живых организмов. Доля остальных элементов всего 2 %, хотя их роль достаточно значима. Этим объясняется рациональность построения молекул живых организмов: при почти бесчисленном разнообразии углеродных соединений число типов химических связей невелико и, соответственно, для разрыва этих связей при биохимических реакциях необходимо небольшое число

ферментов-катализаторов.

В процессе фотосинтеза участвует углекислый газ, молекула которого «дообрабатывается» до сложной молекулы сахара. В процессе жизнедеятельности организмов происходит распад органических соединений с выделением в окружающую среду CO_2 . После гибели растений и животных с помощью микроорганизмов происходит минерализация органических остатков также с выделением CO_2 . При большом избытке отмершей органической продукции микроорганизмы не успевают ее перерабатывать и происходит минерализация углерода. В результате образуются каменные и бурые угли, известняки, нефть [9, с. 140–141].

Растворенный в водах и биологических жидкостях CO_2 обеспечивает оптимальную для процессов жизнедеятельности кислотность среды. В составе CaCO_3 углерод участвует в образовании наружных скелетов беспозвоночных, содержится в кораллах, яичной скорлупе птиц.

Углерод – один из достаточно распространенных элементов на Земле. В земной коре его массовое содержание составляет около 0,1 %, в воздухе – около 0,0001 %. Несмотря на такое незначительное содержание, углерод играет ключевую роль в функционировании биосферы. Следует отметить, что для функционирования механизма биосферы необходим не углерод в чистом виде, а его соединение – CO_2 . Только при этом соединении возможно дальнейшее использование углерода для образования первичных органических соединений.

Два основных соединения CO_2 и H_2O и световая энергия поступают из неживой природы к живым фотосинтезирующим организмам, в которых происходит синтез и накопление первичной органической продукции. Это своеобразный «мостик» из неживой природы в живую. Органическая продукция последовательно используется другими жи-

выми организмами вплоть до полной минерализации и возвращения в неживую природу.

Таким образом, обыкновенный лист дерева является связующим звеном между неживой и живой природой. Без этого листа невозможно существование биосферы.

Следует отметить, что для функционирования живых организмов необходимы и другие химические элементы, например, хлор для хлоропласта зеленого листа. Но, на взгляд авторов, они играют все-таки вспомогательную роль, поскольку для подавляющего числа живых организмов по сравнению с углеродом, водородом и кислородом они нужны в ничтожно малых количествах [9, с. 142].

Таким образом, **фундаментальными факторами устойчивого развития биосферы нашей планеты являются солнечная энергия, живые орга-**

низмы, обеспечивающие протекание процессов фотосинтеза, живые организмы, обеспечивающие протекание процессов разложения останков организмов до исходных минералов, биотический круговорот веществ, наличие на планете гидросферы, наличие на планете атмосферы, наличие на планете углерода.

Жизнь на нашей планете невозможна без наличия воды и притока солнечной энергии. Если светимость Солнца не зависит от человечества, то бережное отношение к воде – прямая обязанность каждого жителя Земли. Кроме того, чем больше на планете видов живых организмов, тем более устойчива биосфера. Поэтому сохранение видового разнообразия является фактором устойчивости биотических круговоротов и, соответственно, устойчивого развития биосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шкловский, И. С. Вселенная, жизнь, разум / И. С. Шкловский ; под ред. Н. С. Кардашева и В. И. Мороза. – М. : Наука, 1987. – 320 с.
2. Вильямс, В. Р. Общие данные о происхождении материнских пород и общие элементы почвообразовательного процесса / В. Р. Вильямс // Почвоведение : сб. тр. – М. : Моск. СХИ, 1914. – Вып. 1.
3. Коммонер, Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология / Б. Коммонер ; под ред. Е. К. Федорова. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.
4. Шилов, И. А. Экология : учебник / И. А. Шилов. – М. : Высш. шк., 2000. – 512 с.
5. Глинка, Н. Л. Общая химия : учеб. пособие / Н. Л. Глинка ; под ред. В. А. Рабиновича. – Л. : Химия, 1983. – 704 с.
6. Леше, К. Физика молекул : пер. с нем. / А. Леше. – М. : Мир, 1987. – 232 с.
7. Кондратьев, К. Я. Глобальный климат / К. Я. Кондратьев. – СПб. : Наука, 1992. – 358 с.
8. Мавришев, В. В. Основы экологии : учебник / В. В. Мавришев. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : Выш. шк., 2007. – 447 с. : ил.
9. Галюжин, С. Д. Основные факторы существования жизни на земле / С. Д. Галюжин, Д. С. Галюжин, О. М. Лобикова // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 1. – С. 131–142.

Статья сдана в редакцию 25 февраля 2017 года

Сергей Данилович Галюжин, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
Александр Сергеевич Галюжин, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.
Ольга Михайловна Лобикова, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.
Надежда Васильевна Лобикова, студент, Белорусско-Российский университет.

Sergey Danilovich Haliuzhyn, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
Aleksandr Sergeyeovich Haliuzhyn, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.
Olga Mikhailovna Lobikova, senior lecturer, Belarusian-Russian University.
Nadezhda Vasilyevna Lobikova, student, Belarusian-Russian University.