у р о к 27.

**Биосфера как планетарная организация жизни**

Понятие о биосфере. Говоря словами выдающегося рус­ского ученого В. Вернадского, биосфера — это «область существования живого вещества», оболочка Земли, в ко­торой совокупная деятельность живых, организмов про­является как геохимический фактор планетарного масштаба. Конечно, из примерно 10 млн видов живых существ, насчитывающихся на Земле, лишь человек приобрел высший разум и именно с ним в первую оче­редь ассоциируется геохимический фактор глобального масштаба. На одной планете, считают ученые, едва ли возможно существование хотя бы двух типов мыслящих существ: тот, кто появился первым, занимает все про­странство и не допустит «конкурента».

Представление о жизни, как о сплошной пленке живо­го вещества, покрывающего Землю, сформировалось еще в XVIII в. в трудах Ж. В. Ламарка, но только в XX в. В. Вернадским было разработано общее учение о биосфере. Еще в 1906 г. — за двадцать лет до выхода в свет его зна­менательной книги «Биосфера» — ученый задавался та­кими фундаментальными вопросами: «Какое значение имеет весь организованный мир, взятый в целом, в об­щей схеме химических реакций Земли? ...Не обусловле­но ли все развитие не чем иным, как определенной фор­мой рассеяния энергии? Без организмов, может быть, не было бы химических процессов на Земле? Во все ли цик­лы круговоротов химических элементов неизбежно вхо­дят организмы?».

По Вернадскому, биосфера — не статическая струк­тура «оболочки жизни», выступающая как извечная данность окружающего нас мира, а прежде всего геобиоисторический процесс. Сведение ее к современной жиз­недеятельной пленке планеты не просто обедняет поня­тие биосферы, а лишает ее самой основы — бесконечной эволюции, сложности исторического развития, его необ­ратимости. Отсюда становятся принципиальными выра­жения ученого: «былые биосферы», «геологическая веч­ность биосферы» и др.

Биосферная концепция Вернадского лишена узкой биологичности и поэтому не может быть автоматически отнесена к сфере биологических наук. Это широкое ин­тегральное (междисциплинарное, в том числе географи­ческое) направление в науках о Земле и жизни, находя­щееся к тому же во всевозрастающей связи с обществен­ными науками.

Таким образом, иногда встречающаяся в литературе трактовка биосферы как совокупности живых организ­мов вне связи со средой их жизни и веществом, их со­ставляющим, должна быть отвергнута. Биосфера — это открытая система, функционирующая только в силу сво­ей неразрывной связи с другими геосферами нашей пла­неты и вместе с ними образующая единую суперсистему, или иначе — глобальную экологическую систему. Мож­но также утверждать, что биосфера сложена иерархией геосистем и экосистем.

Пределы биосферы. В соответствии со сложившими­ся в науке представлениями биосфера охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, ко­торые взаимосвязаны сложными биогеохимическими цик­лами миграции веществ и энергии (по Вернадскому — биогенной миграцией атомов). Она трехмерна и геоисто­рична, поэтому, когда мы говорим о ее пределах, имеют­ся в виду границы физических условий существования живых организмов в конкретное время (кстати, на от­дельных участках земной поверхности жизнь может вре­менно отсутствовать).

В литературе существование жизни чаще всего огра­ничивается диапазоном температур от -250 до +160 °С, давлениями от 0,001 до 3000 атмосфер. Нижняя граница жизни условно проходит в водной среде на глубине 10 км, в земной коре — на глубине до 2 км, в атмосфере верхняя граница распространения жизни обусловлена

слоем озона, расположенным на высоте 45 км над уров­нем моря и предохраняющим живую материю от ультра- иолетового излучения Солнца.

Естественно, что в пределах этих «параметров» при­сутствуют не только области жизни, но и другие струк­туры Земли, генетически связанные с живым вещест­вом. По Вернадскому, вещество биосферы состоит из се­ми разнообразных, но геологически взаимосвязанных частей: 1) живое вещество; 2) биогенное вещество; 3) кос­ное вещество; 4) биокосное вещество; 5) радиоактивное вещество; 6) рассеянные атомы; 7) вещество космическо­го происхождения. Следы биогеохимической деятель­ности присутствуют практически везде: газы атмосферы (кислород, азот, углекислота), природные воды, углево­дородные ресурсы, известняки, глины и их производные (сланцы, мраморы, граниты и др.) в своей основе созда­ны живым веществом планеты. Вот почему ошибочно понимать под биосферой совокупность живых организ­мов. Слои земной коры, лишенные в настоящее время живого вещества, но переработанные им в геологиче­ском прошлом, Вернадский относил к области «былых биосфер».

В научной литературе имеются и другие взгляды на пределы биосферы. При этом суть расхождений, как правило, состоит в том, что в одних случаях речь идет о наличии доказанного «поля существования жизни», в других — о теоретических пределах биосферы.

Живое вещество биосферы и его функции. При лю­бых трактовках понятия «биосфера» главным ее состав­ляющим остается живое вещество. Данный тезис отнюдь не тривиален хотя бы потому, что биомасса живого ве­щества составляет лишь около 0,0001% от массы био­сферы, включающей в свой состав, как известно, все органическое вещество биогенного происхождения и косное вещество других сфер, занятых биосферой. Де­ло все в том, что роль живого вещества в биосфере уни­кальна.

Основной отличительной особенностью живого суще­ства является не столько его способность размножаться и двигаться, сколько способ использования энергии. Только живые существа могут улавливать энергию Солнца, удерживать ее в виде сложных органических со­единений (биомассы), передавать друг другу, трансфор­мировать в механическую, электрическую, тепловую и другие виды.

К числу основных функций живого вещества отно­сятся следующие: 1) энергетическая; 2) деструктивная; 3) концентрационная и 4) средообразующая.

Суть энергетической функции состоит в поглощении солнечной энергии при фотосинтезе и передаче энергии по пищевой цепи. На собственные нужды организма в среднем расходуется 10—12% ассимилированной ими энергии. Остальная ее часть перераспределяется внутри экосистемы. Энергия частично рассеивается, а частично накапливается в биогенном веществе. После перехода в ископаемое состояние энергия консервируется в земной коре и служит энергетической базой для геологических процессов, обеспечивает энергетические потребности че­ловечества.

Деструктивная функция живого вещества состоит в разложении, минерализации мертвого вещества, в хими­ческом разложении горных пород, вовлечении образо­вавшихся минералов в биотический круговорот. Специ­альная группа организмов деструкторов разлагает мерт­вое органическое вещество до простых неорганических соединений: углекислого газа, воды, сероводорода, мета­на, аммиака, которые затем вновь используются в на­чальном звене круговорота.

Концентрационная функция проявляется в избира­тельном накоплении в ходе жизнедеятельности атомов веществ. При этом наиболее активными концентратора­ми многих элементов являются живые организмы.

Наконец, средообразующая функция живого вещест­ва заключается в преобразовании физико-химических параметров среды (литосферы, гидросферы, атмосферы) в условия, благоприятные для существования организ­мов. С известной долей условности можно утверждать, что эта функция является результатом совместного дей­ствия всех рассмотренных выше функций живого веще­ства. В результате именно средообразующей функции образовался покров осадочных пород, был преобразован газовый состав атмосферы, изменился химический со­став вод первичного океана, возник почвенный покров на поверхности суши.

Единый глобальный биогеохимический круговорот элементов. Как известно, все структурные компоненты биосферы тесно взаимосвязаны между собой сложными биогеохимическими циклами миграции веществ и энер­гии. Процессы взаимообмена и взаимодействия протека­ют на разных уровнях: между геосферами (атмо-, гидро-, литосферой), между природными зонами, отдельными ландшафтами, их морфологическими частями и т. д. Од­нако повсюду господствует единый генеральный процесс обмена веществом и энергией, процесс, порождающий явления разного масштаба — от атомарного до планетар­ного. Многие элементы, пройдя цепь биологических и химических превращений, возвращаются в состав тех же самых химических соединений, в которых они нахо­дились в начальный момент. При этом главной движу­щей силой в функционировании, как глобального, так и малых (а также локальных) круговоротов, являются са­ми живые организмы.

Роль биогеохимических круговоротов в развитии биосферы исключительно велика, поскольку они обеспе­чивают многократность одних и тех же органических форм при ограниченном объеме исходного вещества, участвующего в круговоротах. Человечеству остается лишь поражаться тому, как мудро устроена природа, ко­торая сама же подсказывает «непутевому Homo sapiens», как следует организовать так называемое безотходное производство. Заметим, однако, что в природе нет полно­стью замкнутых круговоротов: любой из них одновре­менно сомкнут и разомкнут. Элементарный пример час­тичного круговорота представляет собой вода, которая, испарившись с поверхности океана, частично снова по­падает туда.

Между отдельными малыми круговоротами сущест­вуют сложные взаимосвязи, что в конечном итоге приво­дит к постоянному перераспределению вещества и энер­гии между ними, к устранению своего рода асимметрич­ных явлений в развитии круговоротов. Так, в литосфере в избытке оказались в связанном состоянии кислород и кремний, в атмосфере в свободном состоянии — азот и кислород, в биосфере — водород, кислород и углерод. Нельзя не отметить также, что основная масса углерода сконцентрировалась в осадочных породах литосферы, где карбонаты аккумулировали основную массу углекис­лого газа, поступившего в атмосферу с вулканическими извержениями.

Нельзя забывать и о том, что между космосом и Зем­лей существует теснейшая связь, которую с известной долей условности следует рассматривать в рамках гло­бального круговорота (поскольку, как уже отмечалось, он не является замкнутым). Из космоса на нашу планету попадает лучистая энергия (солнечные и космические лучи), корпускулы Солнца и других звезд, метеоритная пыль и т. д. Особенно важна роль солнечной энергии. В свою очередь, Земля отдает обратно часть энергии, рас­сеивает в космос водород и т. д.

Многие ученые, начиная с В. Вернадского, рассмат­ривая глобальный биогеохимический круговорот эле­ментов в природе как один из важнейших факторов под­держания динамических равновесий в природе, различа­ли в процессе его эволюции две стадии: древнюю и современную. Есть основания полагать, что на древней стадии круговорот был иным, однако из-за отсутствия многих неизвестных (названий элементов, их массы, энергии и т. д.) смоделировать круговороты прошлых геологических эпох («былые биосферы») практически невозможно.

К этому следует добавить, что основную часть живого вещества составляют С, О, Н, N, главными источниками питания растений являются С02, Н20 и другие мине­ральные вещества. С учетом значимости для биосферы углерода, кислорода, водорода, азота, а также специфи­ческой роли фосфора кратко рассмотрим их глобальные круговороты, получившие название «частных» или «ма­лых». (Существуют еще локальные кругообороты, ассо­циирующиеся с отдельными ландшафтами.)

Биогеохимические круговороты отдельных элемен­тов. Как известно, три химических элемента — кисло­род, углерод и водород — составляют 98% общей массы живого вещества, при этом на первый из них приходится 70%, на второй — 18 и на третий — 10%. В отличие от большей части кислорода и водорода, присутствующих в организмах в виде водной субстанции (являющейся рас­творителем и средой для протекания биохимических ре­акций), углерод является, в сущности, структурообра­зующим компонентом. В науке хорошо известна его спо­собность легко образовывать углерод-углеродные связи, при этом получаются полимерные цепи и кольца, служа­щие основой для получения разнообразных органиче­ских соединений.

В ходе длительной эволюции биосферы в распределении углерода произошли значительные изменения. Огромное количество углерода оказалось сконцентрированным на дне океана в виде малорастворимого карбоната кальция, а также в карбонатах осадочной толщи литосферы в виде каустобиолитов и т. д. Много углерода сосредоточено в биомассе суши и в организмах моря, в атмосфере, в гумосфере. Движущей силой современного глобального круговорота углерода является биологический круговорот, протекающий по следующей схеме: «биоассимиляция углерода из атмосферы, водной или наземной среды растениями, потребление органических соединений животными и людьми, окисление органических веществ до углекислого газа в процессе дыхания и разло­жения отходов, возврат углекислого газа в атмосферу».

Круговорот углерода на суше и в океане неодинаков: на суше он преимущественно возвращается обратно в ат­мосферу, в океане остается в основном в растворе. Из­вестно, что океан является полуавтономной системой в газообмене с атмосферой, что указывает на медленный обмен углекислым газом в системе «океан — атмосфе­ра». Что же касается системы «суша — океан», то здесь преобладает односторонняя миграция углерода в виде выноса этого элемента с суши в карбонатных и органиче­ских соединениях.

Громадный научный интерес представляет кругообо­рот кислорода — одного из важнейших элементов в при­роде, отчасти в связи с растущим его потреблением на промышленные и другие нужды. Существует мнение, что человечество в первую очередь столкнется с дефици­том именно кислорода, поскольку оно ежегодно сжигает примерно четвертую часть этого элемента, продуцируе­мого наземной растительностью.

Начало интенсивного накопления кислорода в атмосфере связывается с распространением фотосинтезирующих элементов около 2 млрд лет тому назад. В процессе длительной эволюции глобального круговорота кислоро­да наибольшая часть этого элемента осталась в атмосфе­ре, другая часть оказалась растворенной в океане, третья была зафиксирована в земной коре в виде сульфатов, карбонатов, различных окислов.

Сравнительно хуже изучен глобальный круговорот азота главным образом в связи с трудностями оценки со­ставляющих круговорота. До сих пор точно неизвестно, какие конкретно организмы способны фиксировать азот, переводить его в такие химические соединения, которые могут использоваться живыми организмами. Между тем в биологическом круговороте из огромного запаса азота в атмосфере и осадочной оболочке литосферы принимает участие только фиксированный азот, усваиваемый жи­выми организмами суши и океана. В целом в естествен­ных условиях процессы связывания и высвобождения азота уравновешивают друг друга.

Определенный интерес представляет осадочный кру­говорот фосфора — довольно редкого элемента в биосфе­ре (в земной коре его содержание не превышает 1%). Схема круговорота фосфора на суше выглядит следую­щим образом: «поглощение растениями неорганического фосфора, перевод его в состав живого вещества растений и животных (а также людей), возвращение органиче­ских фосфатов вместе с трупами, отходами и экскремен­тами живых существ в землю, переработка фосфатов микроорганизмами».

Совсем иная картина имеет место в водоемах, что связано с осаждением отмерших организмов на дне и на­коплением их в донных отложениях. Известно, что раз­ложение органики вблизи дна часто происходит в замед­ленном режиме вследствие недостаточного притока кис­лорода. В итоге минерализованный фосфор образует нерастворимый комплекс с трехвалентным железом и таким образом оказывается уже недоступным для усвое­ния водными организмами. Однако это не единственный способ «изъятия» фосфора из глобального круговорота. Большое его количество выносится в Мировой океан, скорость же обратного переноса (птицами и продуктами рыбного промысла) составляет значительно меньшую ве­личину. Пример глобального круговорота фосфора пока­зывает, какую опасность представляют любые малообду­манные воздействия человека на естественный ход био­геохимических процессов в биосфере.

Рассмотренные нами некоторые круговороты особо важных для биосферы элементов показывают огромную важность поддержания сложившихся динамических равновесий в едином глобальном биогеохимическом кру­говороте.

Гибель биосферы. Наиболее распространенный сце­нарий гибели земной биосферы связан, естественно, с Солнцем. Это светило уже примерно 5 млрд лет ежесе­кундно излучает огромное количество энергии. В резуль­тате термоядерного распада ядер водорода на 1 см2 при­ходится 1,38 кВт энергии. Эта величина, названная сол­нечной постоянной, достаточно стабильна: очень малые ее колебания связываются с величиной солнечных «пя­тен», выбросами массы солнечного вещества в косми­ческое пространство (так называемые протуберанцы). За время «свечения» Солнце израсходовало около полови­ны водородных запасов, а это значит, что оно находится примерно на середине своего жизненного пути.

Как известно, любая звезда — это тонко сбалансиро­ванный природный механизм, а Солнце — это наша звез­да. Через 7—8 млрд лет от нее останется мертвая глыба ядерных отходов, заключенных в белом карлике. Финал слишком печальный, но предотвратить эту вселенскую катастрофу человечеству не дано. Какими невероятными ни кажутся перипетии гибели Солнца, Земли (и, естест­венно, биосферы), они прогнозируются не прорицателя­ми, а учеными.

Разумеется, существуют и иные сценарии гибели биосферы. Один из них связан с «посещением» Земли кометой. Как известно, в космосе «блуждают» миллиар­ды комет, метеоритов и астероидов. Примерно каждые 300 лет 50-метровые метеориты падают на Землю. Очень опасны астероиды, которых в околоземном пространстве насчитывается около 2000. Но наибольшую опасность представляют кометы. Они появляются из глубин Сол­нечной системы совершенно неожиданно, и предвидеть столкновение с ними можно в лучшем случае за несколь­ко месяцев. Этого времени слишком мало, чтобы успеть направить навстречу комете отклоняющий ядерный за­ряд. Особенно трудно, утверждают специалисты, обнару­жить комету, двигающуюся со стороны Солнца.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Почему неправомерно сводить сущность биосферы лишь к современной жизнедеятельной пленке планеты?
2. Как вы могли бы доказать безусловную географичность био­сферной концепции В. Вернадского?
3. Чем принципиально отличается живое вещество от косной материи, например обыкновенного куска гранита?
4. Аргументируйте неразрывную связь основных функций жи­вого вещества: энергетической, деструктивной, концентра­ционной и средообразующей.
5. Прокомментируйте следующую мысль ученого: «В природе нет полностью замкнутых круговоротов. Любой круговорот сомкнут и вместе с тем разомкнут, что наглядно подтвержда­ется отсутствием тождества между конечной и начальной его стадиями». Приведите примеры частичных («усеченных») круговоротов (кроме приведенного в учебнике).
6. Попытайтесь охарактеризовать механизм тесной связи био­геохимических круговоротов углерода и кислорода.
7. Каковы специфические особенности биогеохимического кру­говорота фосфора?
8. Проверьте, как вы усвоили значение следующих терминов и понятий: геобиоисторичность биосферы; былые биосферы; пределы биосферы; энергетическая функция биосферы; деструктивная функция биосферы; концентрационная функция биосферы; средообразующая функция биосферы; глобальный биогеохимический круговорот; малый кругооборот; локаль ный кругооборот; солнечная постоянная.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

* Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. Живое вещество и биосфера. — М., 1994.
* Казначеев В. П. Учение о биосфере. Этюды о научном твор­честве В. И. Вернадского. — М., 1985.
* Лапо А. В. Следы былых биосфер. — М., 1987.
* Соколов Б. С. От биосферы прошлого до ее будущего: про­блемы доантропогенной эволюции биосферы. — М., 1993.