

Общие вопросы природопользования

К 150-летию В.И. Вернадского

УДК 504.7:575.8

Живое вещество биосферы: эволюционный аспект

В.В. Снакин, д.б.н., Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино
Музей Землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Обобщаются основные закономерности развития живого вещества в биосфере с целью понимания современных особенностей эволюции и выявления роли в ней человека. Анализируется направление современных глобальных экологических процессов с позиции закономерностей аутогенного развития (саморазвития). Имеющиеся данные показывают, что современная эволюция экосистем пока идёт по аутогенному пути, и нет достаточных научных оснований для утверждений о наступлении глобального экологического кризиса. Дискутируются проблемы современного экологического алармизма и концепции устойчивого развития.

Ключевые слова: В.И. Вернадский, биосфера, ноосфера, эволюция, глобальные экологические процессы, экологический алармизм, устойчивое развитие.

Введение

В рамках учения о биосфере В.И. Вернадский не только рассмотрел основополагающую роль живого вещества в функционировании биосферы, но и глубоко проанализировал направленность различных процессов в ходе её развития. Тенденции развития биосферы подробно рассмотрены им в замечательной, относительно недавно опубликованной и до сих пор в должной мере не оценённой работе «Научная мысль, как планетное явление» [1].

Эволюция биосферы – это закономерный процесс развития живой природы в сторону усложнения её организации и прогрессивно нарастающей независимости от внешних условий [2-4]. Эволюция биосферы, обусловленная биогеохимической работой живого вещества, в свою очередь, стимулировала и направляла *эволюцию видов* организмов. *Глобальные экологические процессы* – повсеместно происходящие в биосфере процессы, вызванные деятельностью живого вещества на фоне изменяющихся условий природной среды, обуславливающие в конечном итоге эволюцию биосферы. К их числу, прежде всего, относятся: продукционный процесс (хемосинтез и фотосинтез); биогеохимический круговорот химических элементов, включающий активность человека, как биологического вида, и процессы загрязнения

природных сред; изменение биоразнообразия, в т.ч. процессы образования и гибели видов. Зависящие от динамики геологических, гидроклиматических, космических факторов, они, в свою очередь, активно воздействуют на эти факторы, существенно изменяя их, что особенно чётко проявляется в деятельности человечества. Разбалансированность глобальных экологических процессов вследствие природных катастроф и непрерывно расширяющейся хозяйственной деятельности человека вызывает *глобальные экологические проблемы*.

С антропогенным воздействием часто связывают глобальные изменения климата, изменения в озоновом экране планеты, деградацию почв и лесов, глобальное загрязнение природных сред и космоса. В качестве особенно негативных процессов называют необратимость происходящих в настоящее время изменений природной среды, исчезновение видов, повсеместное распространение ксенобиотиков, что даёт основание делать пессимистические прогнозы судьбы человечества (например, в работах Римского клуба), говорить о наступившем экологическом кризисе и даже о начале «конца света», резко отзываться о деятельности человека и даже использовать термин «какосфера» для обозначения изменённой человеком биосферы [5].

Чтобы оценить, в каком направлении развивается биосфера в настоящее время, нужно, прежде всего, проанализировать основные тенденции ее эволюции за последние миллионы лет.

Необходимо заметить, что в экологии историзму, анализу закономерностей эволюции экосистем и биосферы в целом уделяется крайне малое внимание. Это позволяет манипулировать результатами краткосрочных наблюдений. «*Экология практически не рассматривает эволюционные проблемы, потому из системной триады – история, структура, функция – практически выпало историческое звено*» [6]. В то же время «чтобы сделать шаг вперед, человечеству следует пустить своих ученых-разведчиков прощупать почву под ногами и понять, как она жила в черед, по крайней мере, семи поколений» [7].

Один из первых глубоких анализов закономерностей эволюции биосферы и роли в ней человека принадлежит В.И. Вернадскому (12.03.1863-06.01.1945) [1, 8 и др.], 150-летие со дня рождения которого научная общественность отмечает в марте 2013 года.

Закономерности эволюции биосферы

Необратимость эволюции. «Необратимость эволюционного процесса является проявлением характерного отличия живого вещества в геологической истории планеты от ее косных естественных тел и процессов» [1]. Действительно, все изменения, произошедшие на Земле под воздействием живых организмов необратимы, будь-то изменение состава атмосферы, образование почвы и т.п. «В косной среде биосферы нет необратимости» [1].

Давление жизни – воздействие живых организмов на окружающую среду, выражающееся, с одной стороны, в способности организмов к размножению в геометрической прогрессии, а, с другой, – в ограниченности ресурсов среды, препятствующих полной реализации потенциала жизни (это положение, примененное к человечеству, и стало основой мальтузианства). Согласно В.И. Вернадскому, живое вещество в процессе эволюции биосферы, по мере захвата жизнью всё новых местообитаний, усилило своё преобразующее давление на окружающую неживую природу и непосредственно на себя. «Рост научной мысли, тесно связанный с ростом заселения человеком биосферы – размножением его и его культурой живого вещества в биосфере, – должен ограничиваться чуждой живому веществу средой и оказывать на нее давление. Ибо этот рост связан с количеством прямо и косвенно участвующего в научной работе быстро увеличивающегося живого вещества» [1].

Ускорение эволюции. «Эволюция биосферы связана с усилением эволюционного процесса живого вещества» [1]. Об этом свидетельствует сжатие исторических (геологических) периодов развития жизни на Земле (если протерозой охватывает период 600–800 млн лет, то кайнозой – уже 56-66 млн лет). Сжатие исторического времени отмечал и С.П. Капица [10], анализируя периоды развития человечества (сравните длительности древнего мира, средневековья и нового времени).

В ходе геологического времени мощность проявления живого вещества в биосфере постоянно увеличивается, увеличивается и давление на косное вещество биосферы, особенно с появлением человека. В настоящее время говорится даже о сингулярности эволюции [17], т.е. о взрывоподобном росте скорости эволюции, при котором перестают действовать привычные законы (рис. 1). При достижении т.н. точки сингулярности скорость эволюции становится столь быстрой, что делает это состояние близким бифуркации. О возможном новом этапе эволюции свидетельствует также произошедший на рубеже третьего тысячелетия демографический переход, означающий, что прирост численности человечества уменьшается в условиях материального изобилия. При этом отмеченное выше давление жизни, как закономерность, видоизменяется: давление при этом растёт не столько за счет роста народонаселения, сколько за счет колоссального растущего количества вовлекаемого в хозяйственный оборот вещества и энергии. Повсеместное развитие человечеством охраны природы также является новым эволюционным элементом, нехарактерным для других сообществ живущих (и живших) видов, способным в существенной степени стабилизировать биосферу даже в ущерб технологическому развитию.

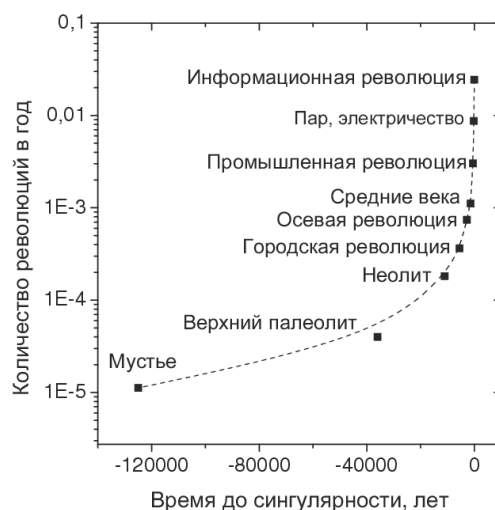


Рис. 1. Гиперболический рост скорости эволюции в наше время. Показаны точки, отвечающие лишь нескольким последним фазовым переходам: по оси ординат отложено количество фазовых переходов в год, аппроксимированное как обратный промежуток между фазовыми переходами; по оси абсцисс – абсолютное время фазового перехода, отсчитанное от точки сингулярности [9]

Скачкообразность эволюции. Для эволюционного процесса характерна неравномерность, неоднородность и совершенно несвойственная устойчивость. Эволюционные всплески, рост численности и разнообразия видов неоднократно сменялись эволюционными кризисами и вымираниями. «...Эволюционный процесс совпадает в своем усилении, в своих самых больших изменениях с... критическими в истории планеты периодами..., вызванными глубокими с точки зрения земной коры процессами, по всей видимости вы-

ходящими за ее пределы (усиление вулканических, орогенических, ледниковых явлений, трансгрессий моря и др.)» [1].

Рост биоразнообразия, усложнение биосферы. История биосферы — это история вымирания одних видов и возникновения других. На протяжении фанерозоя обычно выделяют 5-6 великих вымираний, во время которых на Земле биоразнообразие быстро (в геологическом масштабе времени) и резко снижалось. В промежутках между ними оно восстанавливалось и перед очередным вымиранием превосходило свой прежний уровень. В процессе эволюции биосферы число видов возрастало, биосфера распространялась на незанятые жизнью участки, включала в орбиту своей деятельности новые вещества, а энергию солнечных лучей и химических соединений утилизировала всё более эффективно. В результате вымираний, на смену примитивным видам приходили более совершенные [11, 14]. «Для биосферы вымирания были благом, как для вида благом является смерть особи от старости. В обоих случаях отсекаются носители косной наследственной информации, сдерживающей эволюцию» [10]. Глобальные вымирания — неизбежные и необходимые составляющие эволюции, которую нельзя остановить.

Снижение степени конкуренции в процессе эволюции происходит за счет дифференциации экологических ниш, более полного и эффективно использования ресурсов среды. Есть основания полагать, что саморазвитие (аутогенная эволюция) сопровождается наряду со снижением конкуренции снижением уровня агрессивности и жестокости и соответственно ростом взаимного альтруизма. В человеческом обществе снижение уровня жестокости связывают также с усилиями власти и закона в этом направлении и с процессами феминизации [11]. В то же время в кризисные периоды (например, в государствах, находящихся на грани распада) агрессивность достигает максимума.

Возрастание независимости организмов от внешних условий происходит не столько за счет адаптации, сколько за счет преобразования условий среды для своего более эффективного функционирования. «Увеличение независимости от прежних условий существования, освоение новых, более разнообразных условий (новых, более широких адаптивных зон), более широкая степень автономизации развития, возникновение все более совершенных регуляторов, все более полное овладение средой — вот возможные критерии для сравнения групп по пути неограниченного прогресса» [12].

Независимость направленности эволюции от внешних условий. «Живое вещество является пластичным, изменяется, приспосабливается к изменениям среды, но, возможно, имеет и свой процесс эволюции, проявляющийся в изменении с ходом геологического времени, вне зависимости от изменения среды. На это, может быть, указывают непрерывный с остановками рост центральной нервной системы животных в ходе геологического времени» [1].

Цефализация. Этот процесс выявлен в форме эмпирического обобщения американским на-

туралистом, геологом, зоологом, палеонтологом и минералогом Д.-Д. Дана (1813-1895), который «заметил, что с ходом геологического времени на нашей планете у некоторой части ее обитателей проявляется все более и более совершенный, чем тот, который существовал на ней раньше, — центральный нервный аппарат — мозг. Процесс этот, названный им энцефалозом, никогда не идет вспять, хотя и многократно останавливается, иногда на многие миллионы лет. Процесс выражается, следовательно, полярным вектором времени, направление которого не меняется» [1]. Этот процесс обеспечил появление *сознания*, основного инструмента трансформации биосферы в ноосферу.

Роль человека. Человек — часть природы, закономерно появившаяся в процессе эволюции биосферы. «Человек должен понять, как *только научная, а не философская или религиозная концепция мира его охватит*, что он не есть случайное, независимое от окружающего — биосферы или ноосферы — свободно действующее природное явление. Он составляет неизбежное проявление большого природного процесса, закономерно длящегося в течение по крайней мере двух миллиардов лет» [1]. Напомним, что человек — единственный биологический вид, сознательно охраняющий природу (вначале обожествляя природу — «святые рощи», «святые деревья» и т.п., а затем более целенаправленно). И это также одна из важнейших черт перехода биосферы в новое состояние — ноосферу

Научное знание. «Научное знание, проявляющееся как геологическая сила, создающая ноосферу, не может приводить к результатам, противоречащим тому геологическому процессу, созданием которого она является. Это не случайное явление — корни его чрезвычайно глубоки» [1]. Роль научного знания в трансформации биосферы в ноосферу трудно переоценить.

Повсеместно имеющие место негативные явления (загрязнение среды, замусоривание, бездумное и бессмысленное уничтожение живых организмов и т.п.) демонстрируют атавизмы человеческого сознания. Несомненно, что степень проявления этих факторов в относительном выражении со временем уменьшается. «Главный враг знания — не невежество, а иллюзия знания» [13]. Незнание, а еще хуже иллюзия знания у лиц, принимающих решения, приводит к сомнительным концепциям типа концепции глобального потепления в результате антропогенной деятельности или образования «озоновых дыр» вследствие воздействия фреонов. Конечно, в этих вопросах значительное место занимает манипуляция научными результатами с целью получения экономических и иных преференций. Ложная концепция порождает ложные усилия, обходящиеся налогоплательщикам в миллиарды долларов.

Вполне естественно, что под воздействием человека, происходят необратимые изменения в биосфере. Всякий доминирующий вид существенным образом изменяет облик своего местообитания. Человечество преобразило «лик Земли», и нет ничего в этом необычного: так дуб обуславливает своеобразие дубравы, динозавры в свое время

создали неповторимые картины юрского периода. Как всякая система, современная цивилизация и неразрывно связанная с ней биосфера видоизменяется, эволюционирует. Скорость эволюции и её направление во многом заданы самой природой, а в чем-то зависят от нас, как части природы. От того, насколько чётко и научно обосновано будут решаться встающие перед человечеством экологические, ресурсные, биомедицинские, социально-экономические проблемы; насколько мы научимся контролировать последствия собственной деятельности, а в дальнейшем и минимизировать природой обусловленные кризисы зависит будущее нашей цивилизации и время, необходимое для перехода биосферы в состояние ноосферы.

Аутогенное и аллогенное развитие

Развитие систем происходит в различных условиях: 1) *автономное* (аутогенное, прогрессивное) развитие, или саморазвитие, когда влияние внешних факторов минимально; 2) *аллогенное* (или кризисное) развитие под доминирующим воздействием внешних для системы сил. На фоне

целенаправленного (полярного) вектора аутогенного развития спорадически происходят кризисы (революции), резко изменяющие ход эволюции. Закономерности этих двух процессов различны, чаще всего противоположны: при аллогенном развитии наблюдается массовое вымирание видов (преимущественно конкурентноспособных), растёт конкуренция, уменьшается степень использования ресурсов среды, сокращается социальность. В таблице обобщены закономерности аутогенной эволюции на основании анализа ряда работ [1, 6, 14-16 и др.).

Сопоставляя направленность наблюдаемых в настоящее время глобальных процессов в биосфере с закономерностями, изложенными в таблице, можно попытаться определить, в каком направлении развивается биосфера Земли. В случае соответствия можно говорить о преобладании в биосфере на современном этапе развития аутогенной эволюции, т.е. развития в результате внутренних причин, саморазвития. Несоответствие даёт основание говорить о преобладании аллогенной эволюции, т.е. о кризисном развитии.

Таблица

Закономерности (тенденции) изменения основных характеристик экосистемы в ходе аутогенной (прогрессивной) эволюции

Показатель	Изменение основных характеристик экосистемы
Энергетика экосистемы	Возрастает биомасса (В) и количество органического детрита
	Возрастает валовая продукция (Р) за счет первичной; вторичная малая изменяется
	Уменьшается чистая продукция
	Увеличивается дыхание (R)
	Соотношение Р/R приближается к единице (равновесию)
	Соотношение Р/В уменьшается
	Возрастание активной энергии единого комплекса организмов
	Происходит более интенсивное накопление энергии живым веществом в сравнении с неживой природой
Биологический круговорот	Круговороты элементов становятся все более замкнутыми
	Увеличивается время оборота и запас биогенных элементов
	Возрастает коэффициент цикличности (возобновление/вход)
Виды и структура сообщества	Меняется видовой состав сообщества
	Возрастает богатство как компонент биоразнообразия
	Возрастает выравненность как компонент разнообразия
	R-стратегии в широких масштабах заменяются К-стратегиями
	Усложняются и удлиняются жизненные циклы
	В значительной степени развивается симбиоз
Устойчивость экосистем	Конкурентное давление уменьшается
	Возрастает стабильность экосистем
Информационная компонента	Снижается упругая устойчивость экосистем к внешнему воздействию
	Рост интенсивности информационного обмена как за счет увеличения биоразнообразия, так и усложнения взаимосвязей между видами и компонентами среды
	Возрастание роли передачи наследственной информации на социальном уровне (культура, интернет-технологии и т.п.) в сравнении с генетическим путем
Общая стратегия	Более высокая скорость эволюции (и информационного обмена) у медленно размножающихся видов (виолентов, сукцессионных видов) в сравнении с быстро размножающимися (пионерные виды, эксплеренты)
	Эволюция биосферы необратима, идёт скачкообразно с нарастающей скоростью и сопровождается не столько приспособлением организмов к внешней среде, сколько преобразованием этой среды
	Возрастает эффективность использования энергии и биогенных элементов
	С термодинамических позиций общая направленность эволюции биосферы интерпретируется как процесс сокращения производства энтропии в открытой системе

(Окончание в Бюлл. №2)