

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ В.И. ВЕРНАДСКОГО ОБ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЕ: ФАКТЫ И ГИПОТЕЗЫ

© 2013 Э.И. Колчинский

Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова РАН

Поступила в редакцию 19.03.2013

Отечественные ученые, опираясь на идеи В.И. Вернадского об эволюции биосферы, сделали возможной количественную оценку степени воздействия органической эволюции на химическое строение биосферы, ее биомассу и продуктивность, биогеохимические функции и энергетику. Вместе с тем мы находимся только в начале пути перехода от натурфилософских спекуляций к точному количественному выражению главных тенденций и закономерностей в эволюции биосферы.

Ключевые слова: В.И. Вернадский, биосфера, эволюция, видообразование, биогеохимические функции, биогенные вещества, биотический круговорот.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени опубликовано немало работ под названием эволюция биосферы [1–9]. Тем не менее, даже главные ступени ее эволюции, как правило, характеризуют не по изменениям параметров, характерных для биосферы как целостной системы, а описанием отдельных популяций, видов, экосистем, входящих в нее на правах элементарных компонентов. Вместе с тем в различных отраслях отечественного естествознания, связанных с изучением биосферы, за последние десятилетия накапливались данные о том, что эволюция органического мира изменяет химическое строение и энергетику биосферы, ее биогеохимические функции и биотический круговорот [10, 11]. Далее я постараюсь показать, что В.И. Вернадский понимал под эволюцией биосферы и какие он видел подходы к ее изучению, а также дать краткий обзор сформировавшихся в отечественной естественной истории направлений, дающих возможность на эмпирической основе ставить задачи для изучения эволюции биосферы как целостной системы.

ИДЕИ В. И. ВЕРНАДСКОГО ОБ ЭВОЛЮЦИИ БИОСФЕРЫ

Начиная с работ, написанных в конце 1920-х гг. [12, 13], и в посмертно изданных трудах [14–16] В.И. Вернадский неоднократно обращался к проблемам эволюции биосферы как результату взаимодействия органического мира с окружающей средой. Ведущая роль в этом взаимодействии принадлежит жизни, которую он признавал «великим, постоянным и непрерывным нарушителем химической косности нашей планеты». «Эволю-

ционный процесс живых существ, – подчеркивал В.И. Вернадский, – непрерывно в течение всего геологического времени охватывает всю биосферу и различным образом, менее резко, но сказывается на ее косных телах. Уже по одному этому мы можем и должны говорить об эволюционном процессе самой биосферы в целом» [15, с. 18]. Он постоянно обращался к мысли о том, что в истории биосферы растет «мощность выявления живого вещества», а, следовательно, увеличивается его преобразующее воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу.

Эволюцию биосферы Вернадский связывал с постоянным противоречием между безграничной способностью организмов к размножению и ограниченностью в каждый момент геологической истории имеющихся для них ресурсов. Разрешалось это противоречие возникновением новых видов, способных овладеть новыми источниками вещества и энергии и экономно их использовать. Это вело к возникновению новых ниш и увеличению разнообразия органических форм, а в конечном итоге к общему усложнению структуры биосферы, к расширению ее области.

Подчеркивая неразрывную связь эволюции видов с эволюцией биосферы, Вернадский искал интегральные характеристики эволюции биосферы, ее специфические закономерности и тенденции. Преобразования химического состава видов, их общей биомассы и геохимической энергии он рассматривал, прежде всего, в плане влияния этих преобразований на химическое строение биосферы, ее биогеохимические функции и энергетику.

В эволюции биосферы Вернадский выделял несколько тенденций: расширение области миграции элементов в связи с захватом жизнью новых зон обитания; усиление преобразующего влияния жизни на среду; ускорение темпов миграции элементов в биосфере; появление качественно новых форм биогенной миграции элемен-

Колчинский Эдуард Израилевич, доктор философских наук, директор СПбФ ИИЕТ РАН, ekolchinsky@yandex.ru

тов, не связанных непосредственно с внутриорганизменным метаболизмом (строительная и предметная деятельность животных); усиление отдельных биогеохимических функций (например, кальциевой на границе протерозоя и фанерозоя); аккумуляция солнечной энергии в поверхностных оболочках Земли. Эти преобразования шли в соответствии с тремя биогеохимическими принципами, сформулированными Вернадским. Суть их заключалась в том, что все преобразования живого вещества направлены на достижение максимума в биогенной миграции атомов.

Современные данные подтвердили установленные Вернадским тенденции в эволюции биосферы и позволяют их конкретизировать. При этом мы исходим из того, что параметрами биосферы как целостной системы служат ее общая биомасса и биологическая продуктивность, энергетика и информационная «ёмкость», биогеохимические функции и планетарный биотический круговорот. Их изменения дают интегральные характеристики исторических преобразований биосферы.

ЭВОЛЮЦИЯ БИОМАССЫ БИОСФЕРЫ И ЕЁ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Вопрос об изменении общей биомассы биосферы и ее продуктивности трактуется в литературе неоднозначно. Одни авторы считают, что устойчивость биосферы в течение геологического времени возможна только при постоянстве ее биомассы и среднего химического состава живого вещества. Другие полагают, что непрерывное возрастание разнообразия органического мира, экспансия жизни на поверхности Земли и образование все более сложных и продуктивных сообществ свидетельствуют об увеличении биомассы и продуктивности биосферы. Преодоление этих расхождений возможно путем сопоставления результатов исследований содержания ископаемого органического вещества и современных экосистем.

Еще в начале 1950-х гг. битумолог В.А. Успенский [17], отмечая уменьшение среднего содержания органического углерода по мере увеличения катагенетической изменчивости пород, попытался количественно выразить эту тенденцию. По данным геолога А.Б. Ронина [18], несмотря на чередование эпох обогащения и обеднения осадочных толщ остаточным органическим веществом, в целом наблюдается тенденция к возрастанию углеродистых соединений в породах по мере продвижения их вверх по стратиграфическому разрезу. Среднее содержание органического углерода в кайнозойских отложениях 0,81%, в мезозойских – 0,66%, в палеозойских – 0,44% и в верхнепротерозойских – 0,26%. Оценивая эти

факты, Ронов пришел к выводу, что они объясняются увеличением биомассы, усилением фоссилизации и потерями летучих соединений древними отложениями. Этот вывод был поддержан многими геологами и геохимиками (Н.Б. Вассоевич, А.В. Сидоренко, Н.М. Страхов, В.М. Швеиц и др.), пытавшимися на основе данных о содержании ископаемого органического вещества в метаморфизированных породах различных фаций количественно оценить увеличение биомассы. Так, например, геохимик С.Г. Неручев [19] считал, что в течение фанерозоя биопродуктивность биосферы увеличилась в 3,5–7 раз.

Но вряд ли данные об органическом веществе в осадочных породах могут стать исходными для выводов о количественных показателях биомассы прошлых биосфер, так как скорость перехода органического вещества в ископаемое состояние изменялась. Мы не знаем, какая часть отмиравшей биомассы фоссилизировалась. Если принять вывод микробиолога В.О. Таусона [20] о непрерывном возрастании интенсивности и объемов деструктивной деятельности микроорганизмов, становится ясным, что в ходе эволюции биосферы все большая часть биомассы поступала вновь в биотический круговорот после захоронения. К аналогичному выводу пришел ботаник А.П. Хохряков [21], который считал, что в эволюционном ряду (хвойные леса – лиственные леса – травянистые сообщества) шло уменьшение процента органики, поступающей в захоронение.

Данные о содержании органического углерода в горных породах должны оцениваться с учетом исследований биомассы и продуктивности современных экосистем, если каждую из них рассматривать как модельную систему какого-либо этапа в эволюции биосферы. Особенно перспективно сравнение океана и суши, так как долгое время жизнь преимущественно концентрировалась в гидросфере. В этом отношении уникальное значение имели сводки по биологической продуктивности наземных сообществ, подготовленные в середине 1960-х гг. почвоведом Н.И. Базилевич и геоботаником Л.Е. Родиным, а также труды по продуктивности водоемов, инициированные Г.Г. Винбергом и продолженные А.Ф. Алимовым. Валовая продукция современного живого вещества континентов, по данным Н.И. Базилевич, Л.Е. Родина и Н.Н. Розова [22] равняется 172,6 млрд. т., что, по крайней мере, в три раза выше продукции океана, обычно оцениваемой в пределах 45–60 млрд. т. [23, 24].

Еще более убедительны данные о биомассе в экосистемах, различающихся по геологическому возрасту. В океане, биологическая структура которого сложилась в палеозое, биомассу обычно оценивали в 3,42 млрд. т. сухого вещества. В более молодых наземных экосистемах она по раз-

ным оценкам колебалась в пределах от 1800 млрд. т. до 3100 млрд. т. Даже при столь существенных расхождениях в оценках биомассы континентов был оправдан вывод, что биомасса океана в общем балансе по весу играет незначительную роль (25). Живое вещество суши превышает живое вещество океана в 550–900 раз. Это свидетельствует о существенном возрастании биомассы в ходе эволюции биосферы.

Для понимания закономерностей в эволюции биомассы и биологической продуктивности биосферы важны данные, суммированные Н.И. Базилевич, Л.Е. Родиным и Н.Н. Розовым [22]. Из составленной ими таблицы видно, как менялось соотношение между биомассой продуцентов, с одной стороны, и консументов и редуцентов, с другой. Если в океане биомасса продуцентов составляет всего 1/16 от общей массы, то в наземных экосистемах соотношение другое. Здесь преобладает биомасса продуцентов, более чем в 99 раз превышающая общую биомассу консументов и редуцентов. Подобное соотношение продуцентов и консументов сложилось не сразу, а после появления гомойотермных животных. Не случайно С.С. Шварц оценивал это событие как революцию в трофической структуре биосферы, ибо потребление громадного количества энергии для поддержания физиологического оптимума птиц и млекопитающих предполагало дополнительные запасы биомассы на низших уровнях трофических цепей [26]. Если в древних наземных ценозах биомасса растений лишь в 4–5 раз превышала биомассу животных и не менее 15% энергии, накопленной в низших звеньях пищевой цепи, переходило в верхние звенья, то в третичных ценозах биомасса автотрофов уже в сотни раз превышает биомассу консументов. Здесь только 2–3% её идет на построение их органов и на размножение. Это также свидетельствует о зависимости трофической структуры биосферы, ее биомассы и биопроductивности от организмов, доминирующих в биосфере.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ БИОСФЕРЫ

Еще физики Л. Больцман и Ю.Р. фон Майер во второй половине XIX в. выдвинули идею о том, что эволюция жизни нарушает второй закон термодинамики, так как ведет к уменьшению энтропии. Основными способами увеличения энергии в биосфере является фотосинтез, накопление свободного кислорода и захват растениями новых зон жизни. Благодаря организмам и продуктам их жизнедеятельности солнечная энергия аккумулируется в горючих ископаемых и биогенных минералах. В итоге прогрессивно увеличивается запас превращаемой энергии в поверхностной оболочке земли. Многие геологи считают, что аккумулированная организмами солнечная энергия содер-

жится не только в горючих ископаемых, но во всех биоминералах, образованных при участии как самих организмов, так и продуктов их жизнедеятельности. Кристаллограф Н.В. Белов (27) предложил называть такие минералы геохимическими аккумуляторами.

Увеличение биомассы и накопление ископаемого органического вещества изменяло энергетику биосферы. По самым грубым подсчетам в месторождениях горючих ископаемых сконцентрировано более 10^{13} органического вещества, а всего в осадочных породах их на два-три порядка больше. Энергия, содержащаяся в осадках, равняется примерно 10^{25} Дж. Кроме того, значительная часть энергии, аккумулированная ранее организмами, представлена в форме поверхностной энергии дисперсных частиц в зоне выветривания.

Развивая идеи о том, что борьба за существование – это, прежде всего, борьба за энергию, ботаник В.Л. Комаров в 1921 г. высказал мысль, что увеличение биоразнообразия представляет собой способ усложнения циклов трансформации энергии на Земле и повышения энергетической эффективности жизни. Это обеспечивалось, по мнению геоботаника Е.М. Лавренко [28] и геофизика Г.Ф. Хильми [29], выработкой у растений адаптаций к максимальному поглощению солнечной энергии. На континентах оно достигается увеличением фотосинтезирующей поверхности (образование листовой мозаики, формирование непрерывного растительного покрова, его ярусной структуры), а также дифференциацией растений по сезонам вегетации. Появление новых групп гетеротрофов, максимально использующих лишь накопленную автотрофами энергию, также направлено на повышение энергетической эффективности биосферы.

Интересны цифры, характеризующие эффективность использования солнечной энергии в биосфере в целом и в различных экосистемах. В среднем в биосфере используется лишь 0,1–0,2% годовой величины солнечной радиации. Характерны, однако, различия по этому показателю в морских и наземных экосистемах. Если на суше эффективность ее использования колеблется в пределах 0,3–0,4%, а в некоторых оптимальных условиях может достигать 1–2% [3], то в морских экосистемах цифры гораздо ниже. Из солнечной энергии, достигшей поверхности океана, фитопланктон, согласно расчетам океанолога и гидробиолога В.Г. Богорова [23], аккумулирует в процессах фотосинтеза только 0,04%.

В 1970-х гг. геохимик А.И. Перельман составил таблицу отношений ежегодной продукции к биомассе, точнее, отношений их логарифмов – коэффициент K в основных типах растительности [30]. Особенно интересны данные о современных ландшафтах, отражающие эволюцию сообществ в

связи со сменой доминирующих продуцентов (голосеменных деревьев покрытосеменными деревьями и далее вытеснение их травянистыми покрытосеменными). Оказалось, что в таежных ландшафтах, возникших в середине пермского периода, этот коэффициент равен 0,54–0,55%. В ландшафтах с покрытосеменными деревьями, возникших в середине мела, коэффициент колеблется от 0,59 до 0,68%. Наконец, в ландшафтах с травянистыми покрытосеменными (степи, саванны), возникших в неогене, он достигает 0,95%. Возрастание ежегодной продукции на единицу биомассы Перельман рассматривал как повышение энергетической эффективности ландшафтов. Экстраполяция полученных данных на вымершие ландшафты (влажные леса папоротникообразных среднего палеозоя и псилофитовые ландшафты нижнего палеозоя) дали соответственно коэффициенты 0,4% и 0,3%.

Энергетическая эффективность биосферы сопряжена с изменениями ее информационной ёмкости, измеряемой биоразнообразием и структурированностью, т.е. увеличением числа видов, геохимических барьеров, нарастанием физико-географической зональности и т. д. Рост информации не был непрерывным. Разнообразие видов шло устойчиво после достижения максимума разнообразия классов в начале позднего палеозоя. Затем оно несколько сократилось и держится на одном уровне с начала мезозоя. Разнообразие современных физико-географических условий (аридные и гумидные зоны, высокогорье, морские глубины и т. д.) обуславливает большее биоразнообразие организмов или, иными словами, большее количество биологической информации. В этом отношении показателем подсчет видов водных и наземных организмов, сделанный М.М. Камшиловым [1]. Так, число видов наземных животных составляет 93%, а водных только 7%. Сходные соотношения наблюдаются среди растений, где наземных видов 92%, а водных 8%. При этом немногие типы и классы приспособились к наземным условиям. Лишь около 10% из числа классов животных смогли освоить суши, но они дивергировали в удивительное разнообразие форм, дав подавляющее число видов.

Подобные количественные оценки позволяют поставить вопрос о преобразованиях самой биосферы, так как устойчивость экосистем в какой-то степени связана с ее биоразнообразием и сложностью трофических связей. Эволюция в целом шла к достижению наибольшей суммы жизни путем роста биоразнообразия, что способствовало усложнению структуры биосферы и повышению ее целостности.

Энергетическая эволюция биосферы тесно связана с возрастанием целесообразности живых систем, которую можно измерить повышением

таких показателей, как КПД системы, «энергетическая доходность» и степень «элевации» (по Л. Францу) и т. д. Она проявляется в росте общей экономичности обмена веществ и круговорота биомассы, уменьшении непроизводительных потерь при большей работоспособности структур, в более высокой их надежности при большей активности и автономизации организмов в понимании И.И. Шмальгаузена. Повышение средней выживаемости особи – это не только стратегия прогрессивного видообразования, но и путь к повышению энергетической эффективности всего живого вещества. Популяции высших организмов затрачивают меньше энергии на поддержание средней численности, чем низшие организмы. Увеличение потребления энергии особью, активно преодолевающей экстремальные воздействия среды, обеспечивало захват новых экологических зон, интенсификацию энергетических процессов в биосфере, повышение скорости миграции элементов. Именно высокоразвитые животные нередко мигрируют на сотни, тысячи, а иногда и десятки тысяч километров, создавая новые пути биогенной миграции элементов и повышая тем самым целостность биосферы.

Интересная гипотеза об эволюции энергетики биосферы и примыкающих к ней геологических оболочек Земли была высказана геохимиками Н.В. Беловым и В.И. Лебедевым, которые считали, что аккумулированная солнечная энергия, погружаясь в глубинные слои Земли, становится источником мощных тектонических и магматических процессов [31]. При этом они предполагали, что минералы, «заряженные» солнечной энергией, образуются практически во всех процессах, в которых участвуют организмы или продукты их жизнедеятельности, – включая гипергенез, седиментацию, литогенез и минералообразование. «Разряжаясь» в недрах Земли, минералы способствуют разогреванию земных недр и используются в процессах гранитизации, образования месторождений рудных ископаемых, а также в оротетической и интрузивной деятельности. Подобная попытка связать биологические и геологические процессы может оказаться весьма перспективной для познания тенденций в эволюции биосферы.

ЭВОЛЮЦИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ БИОСФЕРЫ

Одним из показателей эволюции биосферы служат изменения в её биогеохимических функциях, под которыми В.И. Вернадский понимал способность организмов осуществлять миграцию элементов в биосфере. Этой способностью обусловлены грандиозные изменения в химическом строении атмосферы, гидросферы, литосферы и педосферы. Прежде всего это проявилось в пре-

образованиях окислительно-восстановительной обстановки на границе докембрия и фанерозоя и в конце силура и в последующих колебательных преобразованиях соотношений кислорода и углерода, в свою очередь воздействующих на интенсивность видообразования. Так, в эпохи максимального содержания кислорода в атмосфере увеличивалось разнообразие животных, а повышение концентрации углерода стимулировало эволюцию растений с совершенными механизмами фотосинтеза. Эта гипотеза, высказанная в 1924 г. Д.Н. Соболевым [32], получила дальнейшее развитие в ряде трудов [2, 33].

Начиная с трудов палеобиогеохимика Я.В. Самойлова [34] и особенно биогеохимика А.П. Виноградова [35] наиболее интенсивно исследовалась эволюция концентрационных функций. Среди выявленных закономерностей было: увеличение числа биогеохимических функций у высших организмов; специализация организмов по их функциям: параллелизмы в эволюции функций в генетически несвязанных филумах; увеличение роли одних функций и уменьшение других; перенос отдельных функций с одной группы организмов на другую и т.д. Было показано, что мощными концентратами в филуме выступают обычно более прогрессивные формы, так как эволюция концентрационных функций идет в соответствии со вторым биогеохимическим принципом Вернадского: жизнь эволюирует в сторону создания форм, усиливающих биогенную миграцию атомов. Вместе с тем, некоторые концентрационные функции получают наибольшее развитие лишь на отдельных этапах эволюции биосферы, например, плауны, доминировавшие в карбоне, активно осуществляли концентрацию алюминия, в значительной степени сейчас подавленную.

Данные Е.А. Бойченко и ее сотрудников свидетельствуют, что основные этапы эволюции концентрационных функций связаны со сменой доминировавших таксонов автотрофов [36]. Так, наиболее высокое содержание железа – у синезеленых водорослей. У красных водорослей повышается содержание кобальта и меди, ванадия, титана и хрома, у мхов и папоротников – алюминия, у покрытосеменных – марганца. Сопоставление данных об элементном составе различных групп растений с исследованиями палеобиогеохимиков, геологов и геохимиков (А.И. Гинзбург, И.И. Горский, М.Д. Залесский, Ю.А. Жемчужников, С.И. Кузнецов, А.П. Лисицын, Д.В. Наливкин, А.Б. Ронов, А.А. Сауков, А.В. Сидоренко, Н.М. Страхов, В.О. Таусон, А.Л. Яншин и др.) показало, что наибольший расцвет автотрофов с повышенным содержанием того или иного элемента синхронен с образованием их мощных месторождений и увеличением содержания в оса-

дочных породах [10, 11]. В связи с этим все большую популярность приобретает гипотеза, что эволюция концентрационных функций отразилась в эволюции рудных месторождений. Эта гипотеза согласуется с данными о ежегодном накоплении химических элементов автотрофами и сведениями по разведанным их запасам.

Согласно Г.А. Заварзину, главные биотические события в истории Земли и распределение биоразнообразия строматолитов также сопряжены с изменениями биогеохимических циклов и соответственно эпох минералообразования [37]. Около 3,5 млрд. лет назад началось образование железистых формаций, состоящих из магнетита и гематита; около 2 млрд. лет назад получил распространение серный цикл; около 0,8 млрд. лет назад произошло распространение эукариот; 0,3 млрд. лет назад сформировалась наземная растительность и возникла почва современного типа.

В целом в ходе эволюции живого одни биогеохимические функции усиливались, другие ослабевали, третьи переходили от одной группы организмов к другой.

ЭВОЛЮЦИЯ БИОТИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА

Увеличение биомассы, возрастание энерговооруженности биосферы и информационной «емкости», изменение биогеохимических функций и усиление преобразующего влияния жизни на среду – стороны единого процесса эволюции биотического круговорота. Его организация постоянно усложнялась, так как новые формы жизни, как правило, могли существовать только на базе предшествующих.

Проблема становления и эволюции биотического круговорота в отечественной литературе была поднята почвоведом [38, 39], которые доказывали, что уже развитие примитивных форм жизни вело к возникновению особых биогенных циклов в сложных круговоротах вещества и потоках энергии. В процессе эволюции происходила взаимная «пригонка» видов так, чтобы дольше сохранить в круговороте вещества, используемые в метаболизме организмов, и повысить скорость их круговорота. Важнейшими событиями в эволюции биосферы, по-видимому, были возникновения автотрофного и гетеротрофного способов питания, типов экологических взаимодействий (хищничество, паразитизм, конкуренция, кооперация) и становление биотического круговорота, осуществляемого продуцентами, консументами и редуцентами. В то же время усложнение трофической структуры экосистем (появление добавочных трофических уровней, новых групп консументов, увеличение разнообразия видов в пределах каждого уровня) не могло идти бесконечно. Эволюционные преобразования неизбежно

замедлялись, достигнув максимально возможного числа трофических уровней, которое, согласно Р. Линдеману, равно шести, и максимально возможного видового разнообразия в пределах каждого из них.

В рамках разрабатываемой новой отрасли знаний о биосфере – трофологии – А.М. Уголев считал, что формирование биотического круговорота должно было происходить с конца, т.е. с редуцентов, использующих абиогенные органические вещества [40]. По мере истощения их запасов возникали организмы, способные к синтезу органических соединений. При этом эволюция каждого вида определяется его приспособленностью к трофической структуре биосферы. Решающую роль играют не только обеспеченность вида источниками питания и способы его использования, но и «поедаемость» каждого члена трофической цепи, т.е. доступность его для другого организма в качестве источника пищи, и трофичность питательных свойств и способности быть ассимилированными.

В основе современного круговорота лежит круговорот продуцентов и редуцентов из числа бактерий, низших групп и других древних групп [41]. Над ними надстроены этажи из многоклеточных растений и животных, связанных трофическими, средообразующими и конкурентными отношениями, а также отношениями взаимоблагоприятствования и кооперации. Эволюция круговорота предстает как прогрессирующая дифференциация форм живого, где наряду со старыми формами возникают все новые и новые.

Следовательно, эволюция биосферы как целостной системы проявляется, прежде всего, в расширении сферы биотического круговорота, усложнении его структуры, повышении надежности, эффективности и экономичности [1]. Этим обеспечивалась выработка устойчивой макроструктуры жизни, возрастание многообразия видов, усиление преобразующего влияния живого вещества на среду, которая, как показал физик В.Г. Горшков [42], сама жестко регулируется жизнью через корреляции потоков синтеза и разложения органического вещества.

Вполне правомерной является и постановка вопроса об образовании биосферных адаптаций, под которыми понимаются системы, выработанные в ходе эволюции живого и обеспечивающие устойчивость биосферы и ее защиту от вредных внешних воздействий. Возникновение озонового экрана – хороший пример таких адаптаций. Он защитил жизнь от губительного воздействия ультрафиолетовых излучений. Усовершенствование способности растений улавливать солнечную энергию и переводить ее в формы, пригодные для использования в биологических и геологических процессах, в трудах В. И. Вернадского, Г.Ф.

Хильми и Е.М. Лавренко справедливо рассматривалось как важнейшая адаптация биосферы [14, 28, 29].

Биосферные адаптации С.С. Шварц предлагал называть «линиями обороны» биосферы [26]. Первая линия обеспечивается разнообразностью каждого трофического уровня, включающего сотни и тысячи видов, которые в свою очередь состоят из миллионов и миллиардов генетически уникальных особей. Это многообразие повышает вероятность сохранения главных биогеохимических и энергетических функций биосферы в случае катастроф планетарного масштаба. Иерархичность структурных уровней оценивалась Шварцем как «вторая линия обороны» биосферы. В целом же вопрос о биосферных адаптациях до сих пор рассматривался в самой общей форме.

НООСФЕРА КАК ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ИСТОРИИ БИОСФЕРЫ

Появление человека стало подлинной революцией в истории биосферы. Человеческая деятельность вызвала грандиозные преобразования в органическом мире, биомассе и продуктивности биосферы, ее биогеохимических функциях и биотическом круговороте. Мы не будем останавливаться на тех изменениях в строении и функционировании биосферы, которые возникли в результате развития промышленности, расширения сельскохозяйственных условий, урбанизации и т. д., так как подавляющее число работ по эволюции биосферы посвящено именно современным преобразованиям биосферы. Эти процессы подробно освещены в работах М.И. Будыко, А.П. Виноградова, Д.Г. Замолотчикова, В.М. Захарова, М.М. Камшилова, Н.Н. Моисеева, С.А. Остроумова, Б.С. Соколова, Н.В. Тимофеева-Ресовского, С.С. Шварца, А.В. Яблокова, А.Л. Яншина и мн. др. Сформулированное В.И. Вернадским учение о ноосфере оказалось в центре внимания ученых самых различных специальностей у нас в стране и за рубежом, так как в нем пытаются найти ответ на грозные вызовы времени.

Для Вернадского ноосфера была этапом в развитии биосферы, в пределах которого разум человека становится силой, преобразующей лик Земли в масштабах, сравнимых с естественными процессами. Сейчас очевидно, что если человечество не сможет организовать свою деятельность в соответствии с законами функционирования биосферы, погибнет не биосфера, хотя многие таксоны вымрут, а человечество. Чтобы избежать этой угрозы, важно знать, как складывалась и развивалась биосфера.

ВЫВОДЫ

Почти пятьдесят лет тому назад В.И. Вернадский писал: «Благодаря эволюции видов, непре-

рывно идущей и никогда не прекращающейся, резко меняется отражение живого вещества на окружающей среде. Благодаря этому процесс эволюции – изменения – переносится в природные биокосные и биогенные тела, играющие основную роль в биосфере, в почвы, в наземные и подземные воды (в моря, озера, реки и т. д.), в угли, битумы, известняки, органогенные руды и т. п. ... Эволюция видов переходит в эволюцию биосферы» [15, с. 18].

Работы отечественных ученых, выполненные в XX в., сделали возможной количественную оценку степени воздействия органической эволюции на химическое строение биосферы, ее биомассу и продуктивность, биогеохимические функции и энергетику. С конца 1979 г. в какой-то степени независимо от них началось утверждение этой проблематики в англоязычном и немецкоязычном пространствах (Л. Беркнер, В. Крумбайн, Дж. Лавлок, Х. Ловенштам, Р. Марголеф, Л. Маршалл, Л. Маргулис, Дж. Хатчинсон и др.).

Вместе с тем мы находимся только в начале пути перехода от натурфилософских спекуляций к количественному выражению тенденций в эволюции биосферы. Дальнейший прогресс в разработке общей теории эволюции биосферы возможен только в результате совместных усилий представителей различных наук, изучающих биосферу на эмпирической основе, и с использованием математических моделей.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ № 12-03-00239 и посвящена 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. М.: Наука, 1974. 254 с.
2. Wahlert G. von. Evolution als Geschichte des Ökosystems "Biosphäre" // Kattmann U., von Wahlert G., Weninger J. Evolutionsbiologie. Köln: Aulis Verlag Deubnis, 1978. S. 23–70.
3. Бudyko М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 488 с.
4. Evolution der Biosphäre / U. Jüdes, G. Eulefeld, Th. Kapune. Stuttgart: Hirzel Stuttgart, 1990. 160 S.
5. Salthe S.H. The evolution of the biosphere: Towards a new mythology // World Futures. 1990. Vol. 30. P. 53–57.
6. Проблемы доантропогенной эволюции биосферы / Отв. ред. А.Ю. Розанов. М.: Наука, 1993. 320 с.
7. Левченко В.Ф. Эволюция биосферы до и после появления человека. СПб.: Ин-т эволюционной физиологии и биохимии РАН, 2003. 164 с.
8. Эволюция биосферы и ее биоразнообразие / Отв. ред. С.В. Рожнов. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2006. 600 с.
9. Проблемы зарождения и эволюции биосферы / Ред. Э.М. Галимов. М.: Либроком, 2008. 560 с.
10. Лапо А.В. Следы былых биосфер. 2-е изд. М.: Знание, 1987. 205 с.
11. Колчинский Э.И. Эволюция биосферы: историко-критические очерки исследований в СССР. Л.: Наука, 1990. 237 с.
12. Вернадский В.И. О размножении организмов и его значении в механизме биосферы // Изв. АН СССР. Сер. 6. 1926. Т. 20, № 12. С. 1053–1060.
13. Вернадский В.И. Эволюция видов и живое вещество // Природа. 1928. № 3. С. 227–250.
14. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли. М.: Наука, 1965. 374 с.
15. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Кн. 2. М.: Наука, 1977. 191 с.
16. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
17. Успенский В.А. Баланс углерода в биосфере в связи с вопросом о распределении углерода в земной коре. Л.: Гостоптехиздат, 1956. 101 с.
18. Ронов А.Б. Общие тенденции в эволюции состава земной коры, океана и атмосферы // Геохимия. 1964. № 8. С. 397–409.
19. Неручев С.Г. Возможная масса и продуктивность биосферы в фанерозое и эпохи образования каустобиолитов / Палеонтология и эволюция биосферы: Тез. докл. XXI сессии Всесоюз. палеонтолог. о-ва. Л.: Всесоюз. палеонтолог. о-во, 1979. С. 38–40.
20. Таусон В.О. Наследство микробов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947. 148 с.
21. Хохряков А.П. Эволюция биоморф растений. М.: Наука, 1981. 168 с.
22. Базилевич Н.И., Родин Л.Е., Розов Н.Н. Сколько весит живое вещество планеты? // Природа. 1971. № 1. С. 46–53.
23. Богоров В.Г. Биологическая продуктивность океана и особенности ее географического распределения // Вопросы географии. Сб. 84. М.: Мысль, 1970. С. 80–102.
24. Винберг Г.Г. Биологическая продуктивность водоёмов // Экология. 1983. № 3. С. 3–12.
25. Базилевич Н.И. Биогеохимия Земли и функциональные модели обменных процессов природных экосистем // Тр. Биогеохимич. лаб. 1979. Т. 17. С. 55–73.
26. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
27. Белов Н.В. Геохимические аккумуляторы // Тр. Ин-та кристаллографии. 1952. № 7. С. 73–80.
28. Лавренко Е.М. Об энергетической трактовке В.Л. Комаровым эволюции организмов // Сто лет со дня рождения Владимира Леонтьевича Комарова. 1869–1969. Сб. докл. Л.: Наука, 1972. С. 82–89.
29. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 300 с.
30. Перельман А.И. Геохимия биосферы. М.: Наука, 1973. 156 с.
31. Белов Н.В., Лебедев В.И. Источники энергии геохимических процессов // Природа. 1964. № 5. С. 22–28.
32. Соболев Д. Н. Начала исторической биогеоэтики. Симферополь: Госиздат Украины, 1924. 203 с.
33. Баринов Г.В. Биосферные ритмы и проблемы сохранения кислородного равновесия // Журн. общ. биологии. 1972. Т. 33. № 6. С. 771–779.
34. Самойлов Я.В. Биолиты. Л.: Науч. хим.-технолог. изд-во, 1929. 140 с.
35. Виноградов А.П. Химический элементарный состав организмов моря // Тр. Биогеохим. лаб. 1935. Т. 3. С. 53–278; 1937. Т. 4. С. 5–226; 1944. Т. 6. С. 5–273.

36. Бойченко Е.А., Саенко Г.Н., Удельнова Т.М. Эволюция концентрационных функций растений в биосфере // Геохимия. 1968. № 10. С. 1260–1264.
37. Заварзин Г.А. Становление биосферы // Вест. РАН. 2001. Т. 71, № 11. С. 988–1001.
38. Вильямс В.Р. Почвоведение. 3-е изд. М.; Л.: Гос. изд-во, 1926. Ч. 1. 323 с.; Ч. 2. 448 с.
39. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн. 1. 447 с.
40. Уголев А.М. Естественные технологии. Л.: Наука, 1987. 318 с.
41. Заварзин Г.А. Становление системы биогеохимических циклов // Палеонтол. журн. 2003. № 6. С. 16–24.
42. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости «жизни». М.: Б.и., 1995. XXIII, 470 с.

VLADIMIR I. VERNADSKY'S CONCEPTS OF THE EVOLUTION OF BIOSPHERE AND THEIR DEVELOPMENT IN RUSSIA: FACTS AND HYPOTHESES

© 2013 E.I. Kolchinsky

St. Petersburg Branch of the S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology,
the Russian Academy of Sciences

Vernadsky's ideas about the evolution of biosphere laid the foundations for subsequent research in this country that made possible quantitative estimation of the degree, in which organic evolution affects the chemical composition of the biosphere, its biomass, productivity, biogeochemical functions and energy. At the same time we are still situated at an early stage of the transition from natural philosophy to exact quantitative expression of the main trends and patterns in the evolution of biosphere.

Key words: V.I. Vernadsky, biosphere, evolution, speciation, biogeochemical functions, biogenic substances, biotic cycle