

МАКРОСТРУКТУРА БИОСФЕРЫ И МЕСТО В НЕЙ БИОГЕОМА

А.А. Протасов

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина

Эл. почта: protasov@bigmir.net

Статья поступила в редакцию 04.09.2013; принята к печати 04.11.2013

Рассмотрен вопрос о макроструктуре биосферы. Обсуждаются принципы и пути классификации ее крупных подразделений. Предложено считать первым суб-биосферным уровнем биосферомероны, включающие в себя «пленки» и сгущения, выделенные В.И. Вернадским. Следующим уровнем организации биосферы являются биогеомы, которые представляют собой крупные подразделения биосферы, объединяющие региональные комплексы сходных по структуре экосистем. Обсуждается вопрос о формировании антропозависимых техно- и агробиогеомов. Изучение крупных подразделений биосферы предлагается проводить в рамках специальной дисциплины – биогеомики.

Ключевые слова: биосфера, биосферомерон, биогеом, биом, биогеомика.

THE MACROSTRUCTURE OF BIOSPHERE AND BIOGEOME PLACE IN IT

A.A. Protasov

Institute of Hydrobiology of the National Academy of Science, Kiev, Ukraine

E-mail: protasov@bigmir.net

The problem of the macrostructure of the biosphere is considered. Principles of and approaches to classification of the major divisions of the biosphere are discussed. The first sub-biospheric level of organisation is suggested to be represented by what is named as biospheromeron, which include «films» and condensations distinguished by V.I. Vernadsky. The next level of organization of the biosphere is represented by biogeomes, which integrate regional complexes of ecosystems having similar structures. The issue of anthropo-dependent techno- and agro-biogeomes formation is addressed. The major divisions of the biosphere are suggested to be the objects of concern for a special scientific discipline labeled as biogeomics.

Keywords: biosphere, biogeome, biospheromeron, biome, biogeomics.

Организация биосферы – явление многоплановое
М.М. Камшилов

Единообразие, с которым мы воспринимаем события в природе, простираются от самых больших космических структур до живых организмов. Структура есть, прежде всего, возможность распознавания двух мысленно разделенных частей как различных.
Р. Маргалеф

Введение

Биосфера представляет собой сложную систему, функционирование которой определяется взаимосвязями и взаимодействиями между элементами различного уровня. Однако вопрос о составе и структуре этих элементов еще далек от своего решения. Сложилась, в частности, крайне неконструктивная практика обособленно рассматривать континентальные и гидросферные компоненты биосферы, а в гидросфере – проводить обособление морских и континентально-водных экосистем, хотя совершенно очевидно, что все они представляют собой взаимосвязанные элементы единой системы. В отдельных дисциплинах: биогеографии, геоботанике, гидробиологии и других – сделаны крупные шаги в области обобщений знания о системах субпланетарного масштаба, однако отсутствует разработанный целостный взгляд на структуру биосферы, в частности на самые крупные ее подразделения. Биосферология, основанная на учении В.И. Вернадского о биосфере, охватывает глобальные

проблемы жизни на нашей планете. Объектом ее является живой покров Земли и связанные с ним объекты неживой природы, то есть наибольшая биокосная система планеты. Развитие биосферософского мировоззрения [35] невозможно без строгого научного знания структуры и функционирования биосферы как целого.

Объектом экологии, с другой стороны, являются экосистемы – наименьшие элементы биосферы, общие закономерности их формирования, структуры и функционирования, а также конкретные, вполне реальные биогеоценозы. И здесь можно согласиться с точкой зрения Р. Маргалефа [26]: «Часть системы не может претендовать на понимание системы в целом» (с. 9). Существуют определенные научные дисциплины, рассматривающие самую большую и самые малые системы, в то же время отсутствуют дисциплины, в рамках которых исследовались бы «промежуточные» структурные единицы биосферы, и это нарушает целостность представлений как о ее строении, так и о закономерностях функционирования.

В данной работе делается попытка определить основные элементы макроструктуры биосферы и предложить на основе принципов биогеомики пути их исследований.

Элементы биосферы

Разработки в направлении выявления структурных элементов биосферы важны не только для того, чтобы формально обозначить, классифицировать иерархически связанные ее части, но познать закономерности, как указывал В.И. Вернадский, «организованности» биосферы. В этой связи он писал, что «счел необходимым выразить структуру биосферы новым понятием – организованностью, исходя из того, что мы изучаем в ней процессы, закономерно связанные с воздействием на окружающую среду живых организмов» [16] (с. 507). Организованность рассматривалась и В.Н. Беклемишевым [6] как одна из важнейших черт живых систем, она представляет собой способность сохранять свой структурно-функциональный облик независимо от внешних воздействий. Организованность целого есть результат постоянного взаимодействия его элементов.

В качестве таких элементов биосферы рассматривались, в частности, отдельные области жизни. Для примера можно привести подробную схему, предложенную Н.Ф. Реймерсом [33]. В первую очередь им выделены «меробиосферы»: гео-, гидро- и аэробииосфера. Выделение этих подразделений основано, как видим, на дифференциации основных сред обитания живых организмов. Следует заметить, что такое деление не использует каких-либо критериев, свойственных именно биосфере как особой биокосной системе. В основе выделения лежат скорее эколого-физиологические и экотопические критерии. При этом выделение именно трех сред обитания не очевидно. Еще С.А. Зернов [23] указывал на существование только двух «основных жизненных форм бионтов – аэробиионтов и гидробионтов» (с. 33). Это предполагает и существование двух основных сред обитания – воздушной и водной. Как особую среду обитания Ю.Г. Алеев [2] выделил внутреннюю среду организмов (для эндосимбионтов и паразитов). Далее деление биосферы по Реймерсу выглядит следующим образом: гидробиосфера и геобиосфера подразделяются на «подсферы» – океанобиосферу и аквабиосферу, террабиосферу и литобиосферу. Наименьшей единицей деления биосферы выступает биогеоценоз. При определенной формальности рассмотренной системы подразделений биосферы в ней имеется важный элемент, а именно – принцип иерархической системы элементов, различающихся не только по масштабам, но и по степени организованности. В.Н. Беклемишев по этому поводу писал в частности: «...Иерархия последовательно включающихся друг в друга все более сложных организаций – вот структура живого покрова Земли. Степень сложности или конструктивный ранг – одно из важнейших свойств каждой организации» [6, с. 27].

Идея эта, очевидная с точки зрения общей системологии, не всегда присутствует в современных взглядах на биосферу. В частности [12, с. 50], биосфера рассматривается как «большая экосистема с максимальной целостностью», «в наибольшей мере отвечающая представлению об идеальной экосистеме» относительно составляющих ее экосистем – очевид-

но, менее целостных; то есть отсутствует иерархичность систем *различных*, а есть увеличение, «рост» систем более простых в более сложные. Следует признать, что взгляд на биосферу как на «наибольшую экосистему» достаточно распространен. Эти представления идут, очевидно, от концепции Ф. Эванса [41], предложившего рассматривать экосистему вне пространственных границ, то есть любую систему взаимосвязанных живых, биокосных и косных элементов. Однако подобие всех систем в том, что они состоят из взаимодействующих элементов, абсолютно, а идентичность любых систем «БИО + ГЕО» более чем относительно.

Одна из наиболее ярких метафор, связанных с макроструктурой биосферы, принадлежит В.Н. Беклемишеву: «совокупность <организмов>, эта живая кора, простертая на каменном шаре...» [7, с. 51]. Важно то, что мы видим здесь два основных, взаимосвязанных элемента – «каменный шар» как символ всего того, что может быть обозначено как «ГЕО», и «живую кору», Геомериду (К.Д. Старынкевич, В.Н. Беклемишев) или живое вещество (В.Н. Вернадский), то есть все то, что может быть обозначено как «БИО».

Далее В.Н. Беклемишев отмечает, что основной чертой организации этой «живой коры» является непрерывное сохранение типичных форм целого при постоянной смене его частей. Вопрос о структуре системы, таким образом, становится важным не столько в плане выяснения составных частей этого целого, сколько в плане понимания функционирования системы как целого.

Целостность и меристичность живой системы любого уровня есть основа ее существования и функционирования. Тогда естественным становится вопрос, который задает и В.Н. Беклемишев: «...Из каких частей состоит Геомерида?» [7, с. 61]. Он дает ответ, что это – «всевозможные биоценозы разных порядков».

Но очевидно, что «биоценозы разных порядков» в силу закона эмерджентности должны иметь некоторую иерархическую структуру и не представляют собой просто сумму биоценозов низшего порядка. Стоит обратить внимание на один важный момент: В.Н. Беклемишев на «полюсах» этого ряда «частей Геомериды» ставит чрезвычайно различные по масштабам и своей ценотической сути объекты. От «микророзон ила, которые были описаны Б.В. Перфильевым» [27], с размерами порядка десятков и сотен микрометров, до «географического индивида, вроде Каспия или Тетиса» размером порядка тысяч километров. Весь ряд размеров охватывает 12–13 порядков величин. Эти «части» Геомериды включают не только биоценозы и не являются, строго говоря, только частями биохолиты [31] или живого вещества планеты, а именно частями биосферы. Поэтому уточнение в данном случае – «размеров чего?» имеет принципиальное значение. Эти «биоценозы» включают не только живое вмещающее, но и вмещалище живого – их жизненное пространство. Это система не только биотическая и может быть обозначена как «БИО + ГЕО». Если рассматривать жизнь во всех ее проявлениях, на всех уровнях как «морфопроект в потоке обмена веществ» [6, 24], то следует признать, что с биотическими элементами должна быть неразрывно связана та или иная часть среды, косное вещество. Только эта система способна поддерживать жизнь и на уровне организма, и как явление планетарное.

Именно системой, а не отдельными элементами (область жизни или совокупность живого) является биосфера. Этот тезис был блестяще сформулирован Р. Маргалеем: «...совокупность живых организмов Земли, рассматриваемая как некая целостность, локализованная в области интенсивного взаимодействия атмосферы, гидросферы и литосферы, где живые и неживые компоненты включены в состав единой динамической системы» [26, с. 11].

Биокосные системы

Рассматривая жизнь не столько как существование особых ее образований (например, «белковых тел»), сколько как процесс формирования относительно постоянной формы в потоке обмена веществ, В.Н. Беклемишев большое внимание уделял биокосным системам. Следует отметить, что В.И. Вернадский [15, 16], касаясь биологических вопросов, практически не идет далее уровня организма (биология для него – это прежде всего биология организмов), в то время как В.Н. Беклемишев [6] рассматривал все живое именно в тесной связи с косной средой. Выстраивая ряд от раковин моллюсков, жилых трубок полихет (построенных из выделений), домиков ручейников (построенных из различных внешних материалов), норки и гнезд животных, он приходит к заключению, что и антропогенные строения, сооружения, другие объекты, сфабрикованные человеком, также входят в состав живого покрова Земли. Однако здесь вряд ли может быть выстроен простой последовательный ряд, несмотря на всю логичность рассуждений. Если вернуться к «Каспию и Тетису», то становится очевидным, что В.Н. Беклемишев в понятие «геомериды» вкладывал больше, чем только собственно совокупность живых организмов. Живой покров по Беклемишеву – это фактически совокупность живых организмов со своим ближайшим жизненным пространством.

Интересными примером подобной логики представляется высказывание И.А. Жиркова [20]: он считает «избыточным» понятие биогеоценоза, а именно частицу «гео», поскольку живое вне связи со средой не существует.

Различные образования, вроде раковин моллюсков, представляют собой неотъемлемую часть организма, входят в состав экоморфы [2]. Они являются не сфабрикованными образованиями [5], а телесно-морфологическими. Что касается различных фабрических адаптаций, то здесь целесообразно применить понятие ценоэкоморфы [29], которая представляет собой систему морфологических, фабрических, конгрегационных адаптаций, с которыми организм и популяция входят в систему биоценологических отношений. В качестве примера можно привести некоторые виды ручейников. Личинки одного (*Ecnomus tenellus* Ramb.) не имеют домиков и ведут подвижный хищный образ жизни (простая ценоэкоморфа, аналогичная экоморфе), личинки ручейников рода *Stenophylax* строят носимые домики, а *Molanna* имеют прикрепленные к субстрату домики из песчинок. Личинки *Hydropsyche ornatula* L. обитают колониями и строят сложную систему ловчих сетей. Все эти сфабрикованные образования должны быть включены в состав ценоэкоморфы личинок, поскольку с ними они входят в систему ценологических отношений в сообществе.

Совершенно справедливо В.Н. Беклемишев рассматривает человеческую популяцию в составе живого

покрова, Геомериды. Однако вряд ли можно согласиться с тезисом о том, что одежда человека и постройки, сооружения есть явления одного порядка в системе его отношений с живым покровом Земли. Действительно, человек смог адаптироваться к различным климатическим условиям благодаря такому фабрическому дополнению к собственно экоморфе, как одежда. Однако ценоэкоморфа человека входит не только в систему собственно биологических, биоценологических связей, но и в систему социоценоза. Одежда выполняет не только защитную, но важную социальную, например, сигнальную функцию (так или иначе одетый человек – это уже социоморфа). Что касается жилищ, сооружений, то они скорее, так же как и постройки многих организмов, которые находятся вне ценоэкоморфы, представляют собой часть их ближайшего жизненного пространства. Так же, как и любой другой организм, человек оказывает определенное влияние на окружающую среду, только в силу его интеллекта, использования орудий труда влияние это гораздо значительнее, чем у других организмов.

Таким образом, в организацию живого как на уровне организма, так и на уровне популяции входят косные элементы как одна из составляющих экосистем, образуя биокосную систему.

Ближайшее жизненное пространство

Концепция ближайшего жизненного пространства (БЖП) была предложена и разработана К.М. Хайловым и его школой [38, 39]. Оно представляет собой «часть безграничной окружающей среды, которая несет в себе реальные следы химической обменной деятельности организма» [37, с. 19] – необходимо добавить: не только химической, но и физической, а также информационной. Ближайшее пространство представляет собой реальное вместилище организмов, именно в нем происходят основные процессы обмена вещества со средой, оно является медиатором потоков энергии от удаленных источников, например, солнца. Но важно отметить, что БЖП в различной мере, иногда очень значительно, трансформируется организмами, и, более того, элементы его как бы создаются заново. Примером могут быть животные-строители. Например, бобры или миссисипские аллигаторы создают необходимые им для жизни достаточно большие водоемы. Эволюция человека в значительной мере связана как с обустройством, так и с созданием совершенно новых вариантов своего ближайшего жизненного пространства.

Границы БЖП установить сложно. Для неподвижного растения в качестве границ можно рассматривать объем, в котором располагаются крона и корневая система. Сложнее обстоит дело с животными, активно влияющими на окружающую среду. В частности, для седентарных фильтраторов предлагается включать в БЖП весь объем профильтрованной ими воды [3]. Поскольку в поселении, например, мидий или пресноводных дрейссен невозможно вычленить объем воды, профильтрованный каждой особью, такие оценки могут быть сделаны на площадь субстрата. Так, по нашим расчетам, в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС на бетонной облицовке плотины на трансекте шириной 1 м и протяженностью около 30 м от уреза воды до дна фрагмент сообщества перифитона, в котором подавляющее доминирование

принадлежало дрейссене (*Dreissena polymorpha* Pallas) с общей массой около 180 кг, фильтрация составляла около 220 м³/сутки. Учитывать этот объем формально как БЖП вряд ли целесообразно, вероятно, непосредственное влияние моллюсков-фильтраторов простирается на несколько десятков сантиметров, влияние же на осветление воды во всем водоеме связано с гидродинамическими процессами [36].

Для планктонных фильтраторов, которые могут за небольшой промежуток времени профильтровать весь объем водоема [19], жизненным пространством популяций следует, видимо, считать всю пелагиаль водоема.

Жизненные пространства особей и популяций в сообществах неизбежно перекрываются. Это создает сложную конструкцию биосферных систем как в масштабах отдельных локусов, участков, зон живого покрова Земли, так и в масштабах всей биосферы.

От сгущений жизни к биосферомеронам

Следует отметить, что В.И. Вернадский фактически рассматривал биосферу не только, а скорее – не столько, как область, вместилище живого, но как единство живого и неживого, взаимодействующих между собой. Именно – как систему. Он писал о гидросфере: «В целом весь океан должен рассматриваться – в каждом его месте – как неразрывная связь мертвой инертной материи и непрерывно изменчивого и химически меняющего мертвую окружающую водную среду живого вещества» [14, с. 18]. Он полагал, что в основу изучения структуры биосферы «должна быть положена густота жизни – выделение участков, ею обогащенных» [16, с. 382]. Именно сгущения живого вещества маркируют в биосфере те области, определенные сочетания условий (своеобразие ГЕО), в которых трансформация вещества, образование нового живого вещества происходит наиболее интенсивно. В гидросфере В.И. Вернадским были выделены области планетарного масштаба, в которых имелись специфические сгущения жизни, им было выдвинуто важное положение о том, что эти сгущения играют различную роль в биосфере, то есть создают на своем уровне разнообразие элементов биосферы. Как «основная форма концентрации жизни» выделяется «верхняя живая пленка планктона, богатого зеленой жизнью», именно эти пленки и сгущения «образуют в океане области наибольшей трансформации солнечной энергии» [16, с. 383].

Второй важнейшей пленкой, сгущением жизни, является донная пленка, точнее – область раздела придонных вод и донных отложений с их населением. Вернадский совершенно верно описывает донное сообщество как сложную систему, организмы которой обитают в грунте, в двух близко соседствующих слоях – аэробном и анаэробном.

Но жизнь существует и вне пленочных сгущений, этих активных в биологическом и биогеохимическом смысле зон, причем доля активных зон весьма невелика в общем объеме гидросферы: «...едва ли 2% общей массы океана заняты сгущениями жизни. Вся остальная масса содержит жизнь рассеянную» [16, с. 385]. Таким образом, в океаносфере дифференцируются основные подразделения, которые можно назвать биосферомеронами, то есть наиболее крупными элементами, частями биосферы. Первый из них – поверхностная пленка океана, вторая – дон-

ная пленка. Третий биосферомерон – промежуточная между ними масса воды с ее населением.

Эта концепция сгущений жизни, связанных (следует обратить на это внимание) с граничными, активными областями, оказалась в науке очень плодотворной. Отметим при этом, что здесь оказалось больше конвергентного сходства идей, чем прямого продолжения концепции В.И. Вернадского.

Модель «биохимической» структуры океана, как называл ее сам В.И. Вернадский, была, по сути, дополнена и расширена в положениях концепции биологической структуры океана [9, 11, 22], а также в модели циркумграничной структуры океана [1]. Была сформулирована концепция контурных биотопов и сообществ моря [21, 43]. Широкое развитие получили исследования контурных группировок гидробионтов нейстона, бентоса, перифитона [30, 43]. Все более активно исследуется природа микробиальных биопленок [42]. Таким образом, активно исследуется целая область явлений и процессов в пограничных областях – от биосферомерона в масштабах биосферы до микробиопленок. Однако еще медленно формируется единая теория этих процессов в столь различных масштабах, необходимость же такого теоретического обобщения крайне актуальна.

Таким образом, наиболее активная часть биосферы по В.И. Вернадскому представляет собой в самом общем виде систему, которая состоит в океане из поверхностной «пленки», где происходит трансформация солнечной энергии фотосинтетиками, донной зоны («пленки»), в которой происходит трансформация и аккумуляция органических и минеральных веществ, достаточно инертной промежуточной между ними зоны, а также прибрежного, шельфового сгущения, где все геохимические процессы активизируются в связи с контактом океана и суши, контактом «пленок» [15]. На континентах выделена одна почвенная пленка жизни. Эта схема может быть представлена графически (рис. 1).

Следует отметить, что В.И. Вернадский, выделяя довольно локальное «саргассово сгущение», почему-то не обратил внимания на сгущения жизни в коралловых рифах. Хотя этот объект в биосфере был бы важен для построений В.И. Вернадского, поскольку уже со времен Ч. Дарвина было хорошо известно, что в этих экосистемах, как нигде в других, живые организмы в буквальном смысле создают свою среду обитания. Очень мало было известно в начале XX в. о строении и структуре дна океана. Донная пленка должна была иметь пространственно-ландшафтную структуру не менее сложную, нежели наземная. Срединно-океанические хребты поднимаются на тысячи метров над ложем океана, а в желобах дно опускается также на тысячи метров. Однако о существовании целой системы срединно-океанических хребтов стало известно только во второй половине XX в. Еще позже стало известно о существовании нового типа экосистем, в основе энергетики которых находится хемосинтез и сложная система симбиотрофии – гидротермальных экосистем. Тем не менее, в самом общем виде может быть принята структура первого суббиосферного уровня, состоящего из 4 биосферомеронов.

Принимая некоторые допущения, можно количественно сравнить эти биосферные образования (табл. 1). Как известно, поверхность суши (четвертый

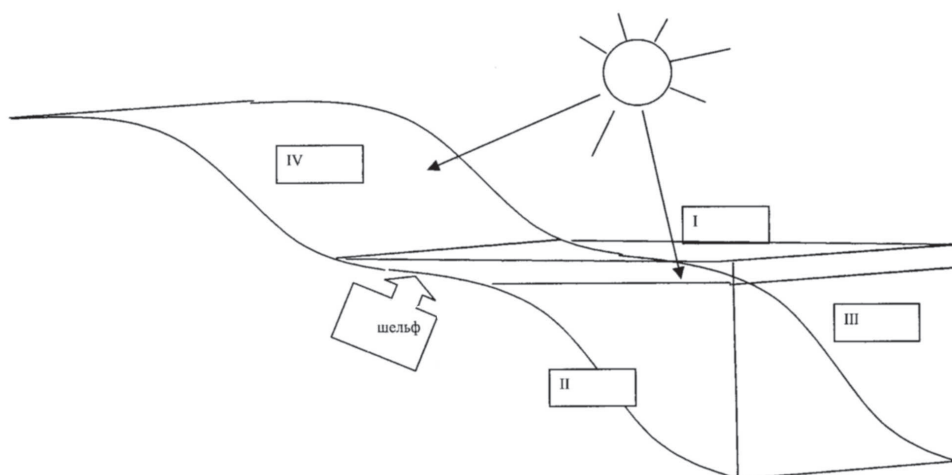


Рис. 1. Схема биосферомеронов (пленок и сгущений по В.И. Вернадскому)

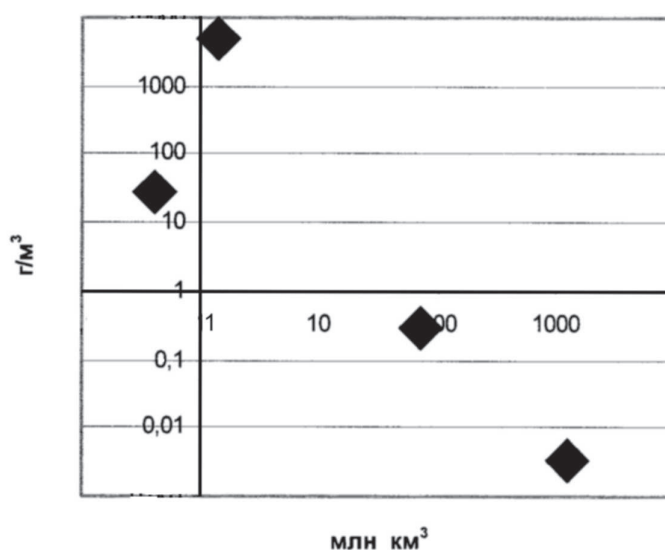


Рис. 2. Зависимость биомассы живого вещества от объема жизненного пространства в биосферомероне

Табл. 1

Некоторые обобщенные характеристики биосферомеронов

Биосферомерон	Площадь, м²	Мощность, толщина, м	Объем жизненного пространства, м³	Масса живого вещества, г	Биомасса, г под м²	Биомасса, г/м³ БЖП
I	$3,5 \cdot 10^{14}$	200	$7,0 \cdot 10^{16}$	$2,06 \cdot 10^{16}$	58,62	0,293
II	$3,6 \cdot 10^{14}$	1	$3,6 \cdot 10^{14}$	$1,02 \cdot 10^{16}$	28,25	28,255
III	$3,6 \cdot 10^{14}$	3595	$1,3 \cdot 10^{18}$	$4,23 \cdot 10^{15}$	11,70	0,003
IV	$1,3 \cdot 10^{14}$	10	$1,3 \cdot 10^{15}$	$6,29 \cdot 10^{18}$	47011,32	4701,132
Всего по биосфере			$1,4 \cdot 10^{18}$	$6,33 \cdot 10^{18}$		

биосферомерон) втрое меньше поверхности океана. Из площади первого биосферомерона следует вычесть площадь, покрытую льдами в Северном Ледовитом океане. Средняя мощность или «толщина», вертикальное измерение взяты достаточно условно (см. табл. 1), однако вряд ли здесь возможны большие ошибки. Произведение площади и толщины обитаемого слоя представляет собой объем ближайшего обитаемого жизненного пространства организмов в биосферомероне. Показатели биомассы для океана и материков взяты из [37]. Сравнение с подобными рас-

четами [4, 10, 24] показывают достаточно большую сходимость результатов.

Прослеживаются некоторые важные закономерности. По площади биосферомероны достаточно близки, однако существенно различны объемы жизненного пространства организмов. При большем на три порядка объеме жизненного пространства в третьем биосферомероне биомасса здесь минимальна. В целом, существует закономерность снижения биомассы живого вещества на единицу объема при возрастании глобального объема жизненного пространства (рис. 2).

Структура биосферы

Для В.И. Вернадского была очевидна структурированность биосферы на некоторые субсистемы (пленки, сгущения, инертные зоны). Он подчеркивал, что живые организмы не существуют обособленно, они объединены в биоценозы, которые, свою очередь, говоря современным языком, во взаимосвязи со средой обитания образуют экосистемы. Однако возникает вопрос о структуре биосферы «в промежуточной зоне» – между биосферомеронами и конкретными экосистемами.

Схема выделения элементов биосферы, состоящая из нескольких уровней, была предложена М.М. Камшиловым [24]. В самом крупном плане биосфера рассматривается как «единство живого и минеральных элементов, вовлеченных в сферу жизни». Далее следует выделение «основных или крупных экосистем», таких как моря, реки, тундры, леса и др. Крупные, типовые экосистемы включают в себя более частные. Например, морские – включают экосистемы как пелагиалей, так и коралловых рифов. Таким образом, схема эта не только иерархична, но отмечает все более высокую организацию на каждой последующей «ступени». Однако следует отметить, что в основе этой классификации лежит расплывчатое понятие «экосистемы разного уровня».

Сложность классификации разноуровневых элементов структуры биосферы состоит в том, что их границы весьма размыты, а критерии, признаки достаточно неопределенны, существенно различны для разных уровней. Нами была предложена классификация водных экосистем [30], построенная на признаках источников энергии, характера местообитаний, характера биотической части экосистем, что позволяет объединить их в системы более высокого порядка – биогеомы со своими характеристиками среды (геом) и сообществами (биом).

Выделение биосферомеронов, вытекающее из концепции В.И. Вернадского о макроструктуре биосферы, базируется на самых общих представлениях о ее составе, поэтому фактически не учитывает некоторые крупные совокупности экосистем. Так, гидроэкосистемы водоемов и водотоков поверхностного стока как бы «растворяются» в четвертом биосферомероне (эпигейная пленка) – хотя они явно входят в совокупность экосистем гидросферы, но при этом тесно связаны с наземными экосистемами. С точки зрения общей концепции биосферных процессов, в обособлении первого биосферомерона (поверхностная пленка океана, поверхностное сгущение) нет противоречий, однако пелагические подсистемы океана едины, фотическая и афотическая зоны неразрывно связаны не только гидродинамически, но и потоками вещества – как живого, так и биокосного. Биосферомерон, который включает донную пленку (II), напротив, достаточно разнороден, включает весьма различные по своей природе экосистемы, например, шельфовые (автотрофно-гетеротрофные) и глубоководные (чисто гетеротрофные).

Четыре крупных биосферомерона существенно различаются по своему характеру, и сложно выделить общие для всех критерии их внутренней дифференциации. Тем не менее, следует указать на черты сходства между биосферомеронами I и IV (см. рис. 1), что позволяет объединить их в фитосферу [33] по принципу ключевого биотического признака, или в

фотосферу по признаку основного фактора среды – присутствию солнечного излучения. В наземном (IV) биосферомероне, очевидно, могут быть выделены субмеронные единицы по принципу соотношения живого, биокосного и косного вещества. Это может быть сделано в нескольких градациях, однако существенные качественные различия могут быть отмечены в трех.

В первой группе явно преобладает косное вещество, обилие и функциональная роль живых организмов крайне мала. Примером могут быть аридные, полярные, высокогорные пустыни. Во втором субмероне роль живых организмов возрастает, однако велика доля биокосного вещества, процессы переработки органических веществ замедлены, происходит его аккумуляция. Примером этого могут быть территории суши, занятые относительно низкорослой травянистой растительностью и со значительным накоплением в разной степени переработанной органики – степи, тундры. Наконец, третий тип – участки суши, где очень велика средообразующая роль живых организмов. Растительность представлена древесными крупными формами, а циклы переработки органического вещества в большой мере замкнуты. Примером могут служить дождевые тропические леса.

Что касается гидросферы, то здесь картина выглядит более сложной в силу того, что взаимосвязь биосферомеронов не позволяет выделять в них подразделения независимо в каждом. Используя тот же принцип сравнения значений живого, косного и биокосного вещества, можно не дифференцировать, а, наоборот, объединить первый и третий биосферомероны в один биогеом, причем толща воды океана представляет собой биокосное тело [14, 15] с различной степенью концентрации живого вещества.

Со вторым биосферомероном пространственно связано несколько биогеомов. Это очень мощное сгущение коралловых рифовых экосистем, неизвестные во времена Вернадского гидротермальные экосистемы, которые в силу их специфики должны быть выделены в отдельный биогеом. Кроме того, прибрежные экосистемы океана образуют значительное сгущение – отдельный биогеом, тесно связанный с экосистемами афотической части океанического дна и фотосферой. Поверхностные воды суши безусловно входят в ландшафтную структуру эпигейного биосферомерона, однако экосистемы их входят в комплекс экосистем гидросферы. По признаку интенсивности водообмена и связанных с этим характеристик геомы могут быть выделены два биогеома – лимно- и реобиогеомы. Таким образом, в гидросферной части биосферы могут быть выделены семь биогеомов (рис. 3).

Биосферомероны охватывают лишь часть всей биосферы – так называемую зубиосферу [28]. В то же время имеются факты существования живых организмов в атмосфере и в глубоких слоях литосферы, в нефтеносных слоях [25, 34], в термальных флюидах, истекающих в рифтовых зонах океанического дна [8]. Следует отметить, что в своей работе 1937 г. «О пределах биосферы» В.И. Вернадский высказывает суждение о существовании сгущений жизни в литосфере. Он писал: «...Можно говорить о подземных сгущениях жизни. Значение живого вещества в геохимических процессах... чрезвычайно увеличивается по сравнению с существующими сейчас представлениями» [16, с. 520]. Однако и в настоящее

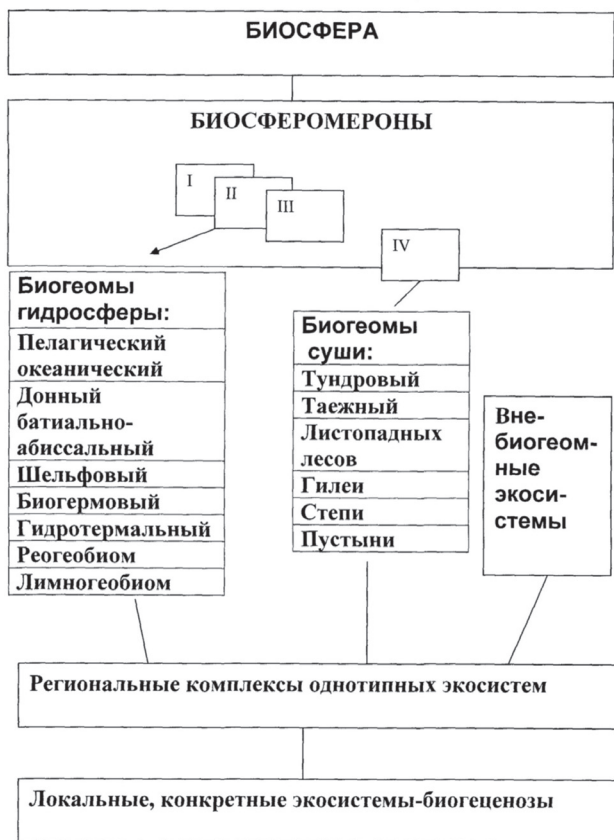


Рис. 3. Макроструктура биосферы

время, спустя много десятилетий, чрезвычайно мало известно еще об экосистемах, в которых существуют эти проявления жизни. Во всяком случае, сложно говорить о существовании сгущений, сопоставимых с выделенными ими пленками жизни.

Можно согласиться с В.Д. Федоровым и Т.Г. Гильмановым [36], которые вслед за Л. Коулом [40] рассматривают «совокупность всего живого с его непосредственным окружением и ресурсами в данный период» как экосферу, то есть как глобальную систему, объединяющую все современные экосистемы Земли. Л. Коул так и ставил задачу: скомбинировать, объединить две концепции – экосистемы и биосферы. «Комбинирование» состояло в том, что он рассматривал «самоподдерживающиеся сообщества организмов вместе с их неорганической средой» на разных уровнях вплоть до глобального. Тем не менее, само выделение реально существующей в настоящее время совокупности организмов в их реальном жизненном пространстве представляется весьма конструктивным. Представляется, что именно на этой основе должна строиться схема организации биосферы.

Слова В.Н. Беклемишева о том, что «тело метазоо не состоит непосредственно из клеток, а Геомерида не может непосредственно слагаться из животных и растений» [7] (с. 61), справедливы и для экосферы. Уровни организации ее имеют сходство в том, что представляют собой системы живых, биокосных и косных элементов, но свойства их различны, их системная связь и определяет структурно-функциональный облик экосферы в целом.

Между локальными экосистемами и экосферой должны находиться несколько уровней организации. Локальные экосистемы могут быть объедине-

ны в региональные однородные биогеоценозические комплексы. Идея ценоценозических систем (комплексов) была в свое время разработана С.М. Разумовским [32]. Суть концепции состоит в том, что локальные экосистемы в определенных областях в определенных условиях объединяются в более сложные системы. В качестве примера приводятся ценоценозические комплексы крупных озер, ультраабиссальных желобов, горных массивов посреди равнин [20], то есть крупных ценоценозически сложных образований с достаточно выраженными границами. Мы же выделяем «однородные» комплексы, системы *сходных* экосистем. Например, комплекс тундровых экосистем Старого Света по своему составу видов отличается от такового Американского континента, однако состоит из принципиально сходных экосистем. Понятие «региональности» скорее связано с единством факторов и условий среды, чем с пространственным расположением. На этом уровне существенны биогеографические закономерности, например, распределение видовых ареалов, региональные особенности климата. Гидротермальные экосистемы отдельных океанов различаются по таксономическому составу [17, 18]. В Индийском доминирующий комплекс составляют креветки и гастроподы, а в Тихом – полихеты и вестиментиферы.

При различных вариантах таксономического состава абиотических компонентов экосистем существуют однородности более высокого уровня, в которых сохраняется сходный характер основных факторов среды и общий характер связанной с ним части живого покрова – сходство состава биоты уже не на уровне видов, а на уровне экоморф и жизненных форм. Все гидротермальные экосистемы всех региональных комплексов могут быть объединены в один биогеом в силу сходства и уникальности условий (восстановительно-окислительный градиент) и ключевой роли хемоавтотрофов, которые находятся в трофосимбиозе с гетеротрофами. Все региональные экосистемные комплексы дождевого тропического леса (Центральной и Южной Америки, Западной Африки, Юго-восточной Азии) могут быть объединены в биогеом гилей, так же как региональные комплексы степных экосистем в биогеом степи. Совокупность биогеомов представляет собой систему, которая и является экосферой; связь с уровнем биосферомеронов на суше непосредственная: биогеомы составляют биосферомерон. Связь биогеомов и биосферомеронов в гидросфере более сложная. В пространственном распределении биогеомов суши большое значение имеет широтная зональность, однако существуют и целые большие группы внезональных экосистем [13], которые также должны быть учтены, хотя они и не играют ключевой роли в макроструктуре биосферы.

В данной классификации задействованы выделенные В.И. Вернадским сгущения и «пленки». Важно отметить, что они имеют отношение к определенным граничным областям, представляют собой макроуровень сложной, пока еще мало исследованной системы краевых, граничных, функционально активных и внутренних, менее активных, но не менее важных биокосных тел биосферы разного масштаба. Взаимосвязь элементов биосферы разного уровня предполагает развитие направлений исследований, которые позволили бы типизировать и исследовать

в сравнительном аспекте все огромное разнообразие экосистем, различных, обладающих индивидуальностью, но и конвергентно сходных. Бесконечное разнообразие экосистем и их сходство в главнейших характеристиках составляют основу жизни биосферы.

Заключение

Любая система, классификация грешит определенной ограниченностью. Она не может быть универсальной, а подчиняется вполне определенным задачам и целям ее создания. Следует определиться в задачах классификационных схем и обосновать необходимый минимум классифицируемых элементов. Предложенная выше схема может быть существенно расширена за счет выделения дополнительных уровней. Так, ранее нами [31] как первый суббиосферный уровень был выделен биогеом, однако мы приходим к заключению, что таковыми являются биосферомроны. Целью данной классификации было выстроить промежуточные звенья между наименьшей и наибольшей биокосными системами, или системами, которые можно назвать «Био + Гео».

Дисциплиной, которая призвана изучать биогеомы как реальные совокупности экосистем, региональных биогеоценологических систем, с одной стороны, и крупных структурных элементов биосферы, с другой, является биогеомика. Принципы биогеомики могут быть сформулированы следующим образом. Общая конструкция всех экосистем (здесь просматривается некоторая аналогия с экоморфологией – экосистем много, общих конструкций – гораздо меньше) определяется структурно-функциональным единством живых и костных элементов (Био и Гео), что создает особую биокосную систему. Разнообразие локальных вариантов Био и Гео определяет огромное разнообразие экосистем. Однако в пределах области жизни на нашей планете диапазон ключевых условий, их «набор» вполне ограничен (кроме того,

достаточно широк диапазон адаптаций живого). Это приводит к тому, что при колоссальном биоразнообразии (от сотен тысяч до миллионов видов) количество жизненных форм, экоморф, трофических групп и т. п. вполне обозримо, это приводит к экологической конвергенции. В сходных условиях формируются сходные по своему характеру, хотя и различающиеся в «деталях», видовом составе сообщества и экосистемы. Биогеомика, собственно, призвана объяснить: как из бесчисленного количества экосистем формируется единая биосфера.

Представляется важным отметить и следующее: ни один тип экосистем, ни один биогеом не остался хотя бы в какой-то мере не затронутым деятельностью человека. Может быть, только самые труднодоступные и удаленные гидротермальные экосистемы не испытывают непосредственного влияния. Шельфовые, лесные, степные экосистемы испытывают на себе огромное влияние человека. Можно без преувеличения сказать, что большая часть территории такой, например, страны, как Украина, превращены в агроландшафты. На остальной ее части значительны пространства урбанизированных территорий. Возрастают масштабы техно-экосистем [36]. Несмотря на их значительную разнородность и разнообразие, агро- и техно-экосистемы постепенно формируют новые образования в биосфере – агро- и техно-биогеомы. Как писал В.И. Вернадский, «человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. ... новое состояние биосферы, к которому мы приближаемся, и есть ноосфера». Однако «новое состояние» может формироваться только при перестройке старой структуры. Не становится ли формирование новых антропогенных и антропогенных биогеомов этими реальными явлениями в биосфере, которые ведут ее к трансформации в ноосферу? Тогда область приложений принципов биогеомики существенным образом расширяются.

Литература

1. Айзатуллин Т.А., Лебедев В.Л., Хайлов К.М. Океан. Активные поверхности и жизнь. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 192 с.
2. Алексеев Ю.Г. Экоморфология – Киев : Наукова думка, 1986. – 423 с.
3. Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. – Киев : Наукова думка, 2008. – 343 с.
4. Базилевич Н.И., Родин Л.Е., Розов Н.Н. Сколько весит живое вещество планеты? // Природа. – 1971. – № 1. – С. 46–53.
5. Беклемишев В.Н. О классификации биоценологических (симфизиологических) связей // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. – 1951. – Т. 56, вып. 5. – С. 3–30.
6. Беклемишев В.Н. Об общих принципах организации жизни // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. – 1964. – Т. 69, вып. 2. – С. 22–38.
7. Беклемишев В.Н. Методология систематики / Ред. Г.Ю. Любарский. – М. : КМК Scientific Press Ltd., 1994. – 250 с.
8. Биология гидротермальных систем / Ред. А.В. Гебрук. – М. : КНК Press, 2002. – 543 с.
9. Богоров В.Г. О единстве природы океана // Вест. Моск. гос. ун-та. Сер. географ. – 1959. – № 4. – С. 201–206.
10. Богоров В.Г. Планктон Мирового океана. – М. : Наука, 1974. – 320 с.
11. Богоров В. Г., Зенкевич Л. А. Биологическая структура океана // Экология водных организмов. – М. : Наука, 1966. – С. 3–14.
12. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М. : Т-во науч. изданий КМК, 2006. – 285 с.
13. Вальтер Г. Растительность Земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Т. 1. Тропические и субтропические зоны. – М. : Прогресс, 1968. – 556 с.
14. Вернадский В.И. Живое вещество в химии моря. – Пг : Научное химико-техническое изд-во, 1923. – 37 с.

15. Вернадский В.И. Биосфера. – Л. : Научное химико-техническое изд-во, 1926. – 146 с.
16. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М. : Мысль, 1994. – 672 с.
17. Галкин С.В. Гидротермальные сообщества Мирового океана. Структура, типология, география. – М. : Геос, 2002. – 200 с.
18. Галкин С.В. Структура и география гидротермальных сообществ мирового океана // Журн. общ. биол. – 2010. – Т. 71. – С. 205–218.
19. Гутельмахер Б. Л. Метаболизм планктона как единого целого. Трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона. – Л. : Наука, 1986. – 155 с.
20. Жирков И.А. (при участии А.И. Азовского и О.В. Максимовой). Жизнь на дне. Био-география и био-экология бентоса. – М. : Т-во научных изданий КМК, 2010. – 454 с.
21. Зайцев Ю. П. Введение в экологию Черног моря. – Одесса: Эвен, 2006. – 224 с.
22. Зенкевич Л.А. Биологическая структура океана // Зоол. журн. – 1948. – Т. 27, вып. 2. – С. 113–124.
23. Зернов С. А. Общая гидробиология. – М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. – 587 с.
24. Камшилов М. М. Эволюция биосферы. – М. : Наука, 1974. – 254 с.
25. Лапо А.В. Следы былых биосфер. – М. : Знание, 1987. – 208 с.
26. Маргалеф Р. Облик биосферы. – М. : Наука, 1992. – 214 с.
27. Перфильев Б. В. Микрозональное строение иловых озерных отложений и методы его исследования. – Л. : Наука, 1972. – 216 с.
28. Поярков Б.В., Бабаназарова О.В. Учение о биосфере: Курс лекций. – Ярославль : Изд-во Ярославского ун-та. – 2003. – 408 с.
29. Протасов А. А. Пресноводный перифитон. – Киев : Наукова думка, 1994. – 307 с.
30. Протасов А.А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии. – Киев : Академперіодика, 2011. – 704 с.
31. Протасов А.А. Биогеом как структурная единица биосферы // Биосфера. – 2012. – Т. 4. – С. 280–285.
32. Разумовский С.М. Избранные труды. – М. : КМК, 1999. – 559 с.
33. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М. : Россия Молодая, 1992. – 365 с.
34. Селезнев И.А. О термофильности микроорганизмов в глубоких слоях литосферы // Проблемы загрязнения окружающей среды. – Пермь : ИЭГМ УОРАН, 2001. – С. 94.
35. Слепян Э.И. Биосферософское мировоззрение // Между школой и университетом. Матер. 2 Международной конференции по экологическому образованию. – Тула, 1996. – С. 72–78.
36. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Ред. А.А. Протасов. – Киев, 2011. – 234 с.
37. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 464 с.
38. Хайлов К.М., Празукин А.В., Ковардаков С.А., Рыгалов В.Е. Функциональная морфология морских многоклеточных водорослей. – Киев : Наукова думка, 1992. – 280 с.
39. Хайлов К.М., Празукин А.В., Смолев Д.М., Юрченко Ю.Ю. Школа биогеоэкологии. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 325 с.
40. Cole L.C. The ecosphere // Sci. Amer. – 1958. – Vol. 198. – No 4. – P. 83–96.
41. Evans F. Ecosystem as the basic unit of ecology // Science. – 1956. – Vol. 123. – P. 1227–1228.
42. Lewandowski Z. Structure and function of bacterial biofilms // Corrosion. – 1998. – Vol. 296. – P. 1–15.
43. Zaitsev Yu. Major accumulations of life and main “pain points” in the seas and oceans // J. Environ. Sci. Engineer. – 2012. – Vol. 1. – P. 886–897.

