Яблоковские чтения. Санкт-Петербург, 2017 – дом журналиста.

**О системном статусе биосферы и проблемах глобальной экологии**

Казанский А.Б.1,2

1 *ФГБУН Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук, Санкт-Петербург 194223*

2 *ФГБУ «Северо-западный федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург 197341*

Алексей Владимирович Яблоков воплотил в себе лучшие черты настоящего русского ученого - интеллигента. Детальные обстоятельные работы по морской биологии у него гармонично сочетаются с постановкой глубоких фундаментальных научных проблем. В то же время он всегда занимал четкую гражданскую позицию как в отношении прав человека, так и по актуальным вопросам региональной и глобальной экологии. Как ученый, обладающий огромной интуицией и обширными знаниями в различных областях науки, технологии, медицины, он очень остро осознал, что проблема взаимоотношения человека и биосферы в настоящее время стала одной из наиболее актуальных. То есть, само комфортное существование человечества на планете Земля находится под вопросом.

 В настоящей работе, в продолжение мыслей Алексея Владимировича сделана попытка показать всю сложность и необычность биосферы, как системы, не укладывающейся в рамки традиционных моделей математической физики и намечены некоторые пути к более глубокому познанию ее свойств, что необходимо для гармонизации взаимоотношения человечества в целом и биосферы.

Биосфера c точки зрения воображаемого внешнего наблюдателя – это всего лишь результат согласованной жизнедеятельности всех организмов, феномен неизбежного планетарного симбиоза, процессуальной динамической гармонии всех физических и биологических процессов. Без этой гармонии, согласования циклических материальных потоков организмы не могли бы существовать. Дж. Лавлок назвал эту саморегулирующую эмерджентную систему (процесс) Геей. Гея — это и субъект, и объект данного процесса, этой особой процессуальной корпоративной гармонии (Казанский, 2000).

 Отличие биосферы состоит в том, что косная и биокосная среды (в терминологии В. И. Вернадского) всегда считались важными, хотя и пассивными агентами всех процессов взаимодействия живых существ. Прошло много лет после опубликования работ В.И. Вернадского о биосфере и только в самое последнее время существенная роль инертного вещества в эволюции и динамике популяций, сообществ и экосистем привлекла особое внимание исследователей. Организационная активность жизни, происходит одновременно как на индивидуальном уровне – в границах своего тела, так и вне тела, в среде, которая организуется уже коллективной деятельностью биологических организмов. Причем, все эти локальные и глобальные процессы объединены в единый глобальный целостный процесс. Для понимания этого процесса необходима концептуальная схема, обобщенная системная модель, описывающая одновременно процессы, традиционно считающимися экологическими, физиологическими, физическими, информационными и когнитивными. Невозможность понимания биосферных процессов рамках одной академической дисциплины ясно понимал В.И. Вернадский. Он мечтал о создании единой биосферной науки по уровню междисциплинарности далеко превосходящую биогеохимию.

 Каков же системный статус биосферы? Янч (1980) был одним из первых, кто отнес биосферу к так называемому классу автопоэтических систем (см. ниже).

 Дело в том, что в концепции так называемой синтетической теории эволюции основными реалиями стали вид, генофонд и наконец, эгоистический ген, а индивидуум, организм стали лишь промежуточной средой, посредником (англ. «interactor»). Отчасти как реакция на эту односторонность была предложена модель организма, как материально открытой, но организационно – замкнутой, само-продуцирующейся (в смысле само-конструирующейся) системы, известной как *автопоэзис* У. Матураны и Ф. Варелы (Varela, 1979), которую авторы провозгласили базовой в понимании всех аспектов жизни. Появились также похожие теоретические модели. Наиболее известные из них — это модели *самовосстанавливающегося метаболизма* Р. Розена (Rosen, 1991), *автокатализа и «гиперциклов»* М. Эйгена. Из биологии и химии эти системные модели перекочевали в социологию, кибернетику наблюдателя (так называемая «кибернетика второго порядка» (von Glazersfeld, 1985)) и другие области науки и технологии. Все эти работы так или иначе основаны на модели сложной, организационно - замкнутой автономной системы, в процессе коэволюции со средой способной к спонтанному саморазвитию, само-усложнению.

В автопоэзисе дарвиновский механизм (эндогенная изменчивость — наследование — отбор средой наиболее приспособленных вариантов) считается вторичным, производным от описанного выше, что является серьезной ошибкой и перекосом в организмо-центрическую сторону в ущерб эволюционной (если эволюцию понимать по Дарвину). На самом деле, дарвиновский механизм эволюции присущ биологическим системам с момента происхождения жизни. В то же время нельзя не учитывать и возможность *симбиогенеза,* когда отдельные системы отчасти теряют свою автономию, идентичность и объединяются в рамках нового единства, где уже приобретают новую идентичность и новую автономию. В процессах эндо – и экзо - симбиогенеза системы существенно меняются, и непосредственно взаимодействуя, *модифицируют статус друг друга*. Этот механизм дополняет классическую дарвиновскую схему.

 Базовое свойство живых систем, не учитываемое в автопоэзисе и других концепциях автономии — то, что физик Дэвид Бом называл «голономия» или голографичность, когда в каждом организме в скрытом, неявном виде содержится информация обо всех других организмах биосферы. Предполагается, что это свойство присуще и предлагаемому автором, более широкому классу бутстрап – систем. Все они в той или иной мере демонстрируют идею нетрадиционной, «коллективной» формы элементарности, связанности, голографичности. В определенном смысле, их можно назвать *рефлексивными* по крайней мере, с формально-логической точки зрения (Лефевр, 2002).

 Еще один слабый момент в моделях организационно-замкнутых систем типа автопоэзиса – это отсутствие конструктивной концепции среды автопоэтической системы. В работе отстаивается тезис, что живые системы могут существовать только в особой глобальной среде — *«метасистеме»*, которую сами эти системы коллективным образом конструируют в процессе размножения, заполнения пространства и активной жизнедеятельности. Так, эволюционному скачку развития биологических систем как правило, предшествует изменение глобальной среды, чаще всего спровоцированное их совместной активностью. Эволюция автопоэтических систем по идее всегда должна сопровождается эволюцией целой иерархии особых сред, *метасистем.* Система и метасистема – особая асимметричная диалектическая пара с разным онтологическим статусом элементов. Именно эта асимметрия плюс в целом защищенная от прямого влияния среды генетическая память (своего рода «храповик») формируют механизм прогрессивного усложнения биологической организации. В предыдущих работах выдвинута гипотеза, что в ходе биологической и социальной эволюции непрерывно происходила и происходит «голономизация» и «бутстрапизация» биосферы а затем и ноосферы, в ходе которой явная и скрытая информация все в большей степени приобретала глобальный характер, становилась доступной отдельным организмам и соответственно, членам человеческого сообщества, а активность человека становится ведущим фактором эволюции. Развернутое понятие метасистемы позволяет также по-новому взглянуть на взаимоотношение естественной и искусственно созданной среды.

 Экологические взаимодействия между биологическими организмами может быть как прямое, так и опосредованное через среду и при этом иметь знаковую природу Организмы совместно конструируют *семиосферу*, (понятие, введенное Ю. Лотманом) ‑ общее семиотическое пространство.

 В так называемой *концепции конструирования ниш* используются понятия экологического и культурного наследования. В традиционной трактовке эволюция сводится к взаимодействию генов и среды. Но организмы – не пассивные существа, они вырабатывают стратегии конструирования онтогенетических ниш с целью управления процессом развития потомков (Odling-Smee et al., 2003).

 Взаимодействие через среду может носить не только краткосрочный, функциональный характер как в случае построения ульев у пчел или термитных домиков, но и исторический, глобальный, планетарный характер. Биота своей активностью постепенно меняет характеристики ландшафтов, биогеоценозов и всей биосферы, включая глобальный климат, и эта среда обратно влияет на эволюцию организмов и экологических систем.

 Надо сказать, что даже сама репликация, размножение существенно меняет окружающую среду организма, конструируя надорганизменные структуры – популяции, сообщества, стада. В сочетании с материально – знаковыми процессами типа стигмергия, запускается храповик эволюционного усложнения сразу на разных уровнях – организм, сообщество, биоценоз и среда в целом.

 В целом, создается впечатление, что биологическая (и культурная – см. ниже) эволюция чем-то напоминают непрерывный бутстрап-процесс, включающий в себя как материальные, так и знаковые процессы, материально-знаковую герменевтическую спираль (Казанский, 2003, 2007).

 В предыдущих работах (Kazansky, 2003, 2010) критически анализировались различные подходы к системному представлению биосферы. Сделан вывод, что все еще популярный взгляд на биосферу, как на классическую автопоэтическую систему не оправдан и в принципе неконструктивен. Фактически, подобно гилозоизму, приписывающему свойства живого неживой материи, автопоэзис универсализирует понятие автопоэтической организации, то есть это естественно-научный вариант структурализма.

Развитие экологического кризиса в первую очередь представляет серьезную угрозу существования человечества, что особенно выпукло и детально описано в работах Алексея Владимировича Яблокова.

 Очевидно, что для выработки глобальной рациональной перспективной антикризисной стратегии развития человеческой цивилизации необходимо построение адекватной концептуальной, а затем и системной модели биосферы. Но биосфера, как, впрочем, и многие биологические системы не укладываются ни в какое классическое определение, принятое в системологии. Модели биогеохимических циклов биогенных элементов – углерода, азота, фосфора и веществ, влияющих на парниковый эффект или на озоновый слой важны, но при этом далеко недостаточны для прогнозирования эволюции климата и экологического статуса различных регионов нашей планеты.

 Настоящее время явно характеризуется новой сменой парадигмы в науке о сложных системах. В этом смысле биосфера, как, впрочем, и многие биологические системы не укладываются ни в какое классическое определение, принятое в системологии. В связи с активным освоением процессов самоорганизации в сложных системах требуется исследовательский инструментарий нового типа. На передний план исследований выходят процессы, демонстрирующие не только нелинейность, но и автореферентность, само-конструирование, самовосстановление, самомодификацию и рефлексивность. Все эти свойства связаны с целым спектром многоуровневых как иерархических, так и горизональных материально-знаковых эволюционных процессов, в окружающей среде и самом организме. При этом биологическая, биосферная и социальная эволюция явно демонстрируют тенденцию к росту связанности, или голономизации, когда информация обо всем мире в явном или неявном (нераскрытом) виде все в большей степени становится доступной отдельному организму, участнику биосферного симбиоза, гражданину мира. Для раскрытия сути этого совместного бытия (“Mit-Sein” по М. Хайдеггеру) необходимо развивать подходы к исследованию подобных систем. Недавно удалось наметить контуры построения обобщенной системной модели, описывающей базовые аспекты биологических и других «жизнеподобных» саморазвивающихся и эволюционирующих систем, условно названных ранее бутстрап-системами (Казанский, 2007, 2008; Kazansky, 2004, 2010).

Становится очевидным, что многие эти явления не укладываются в схему механистической, пусть и нелинейной парадигмы (синергетика, фрактальность, самоорганизующаяся критичность). Недостаточно отображаются они и в моделях биологической автономии (автопоэзис и др.). Размножение (репликация) не является производной метаболизма, как ранее предполагали создатели автопоэзиса, а является изначально важным аспектом жизни и должно быть органически вписано в будущую формальную модель. Кроме того, информационная, знаковая составляющая также должна изначально включаться в определение бутстрап-процессов.

 Бутстрап – системы, то есть системы, способные к спонтанному коллективному саморазвитию могут существовать только в особой глобальной среде — метасистеме, которую сами эти системы коллективным образом конструируют в процессе размножения, захвата пространства и активной жизнедеятельности. Так, эволюционному скачку развития бутстрап-систем как правило, предшествует изменение глобальной среды, чаще всего спровоцированное их совместной активностью. Вообще, метасистема, как среда биологических и других сложных саморазвивающихся систем в последнее время стала сейчас объектом пристального внимания и переосмысления в различных областях. Система и метасистема образуют диалектически связанную дуальную пару. Метасистема – это особая, творческая среда со своими свойствами и законами. Комплексы система - метасистема отдаленно напоминают физические гетероструктуры в кристаллах.

 По мнению автора, сложная асимметричная диалектика взаимодействия системы и среды, понимаемой как метасистема ухватывает суть поведения многих сложных систем в биологии, физике, социологии, кибернетике и может дать имя целой объединяющей системной концепции. Развитая концепция бутстрапа, реализуемого через *голономию* и *самомодификацию* / *взаимную модификацию* систем путем прямого воздействия и непрямого, опосредованного, через среду поможет с единой позиции рассматривать подобные процессы (Kazansky, 2010).

 Важно отметить, что реальный бутстрап, то есть эмерджентное развитие сложных систем ‑ это на самом деле, совместный, *коллективный бутстрап*. Вне сложной метасистемы развитие никакой системы невозможно. Поэтому любая автономия относительна и на самом деле, во многих аспектах открыта, глубинно связана с окружающим миром, с космосом который эти автономии совместно творят. Создание особой творческой среды является эмерджентным, самоорганизующимся процессом, который не подвластен искусственным приемам дизайна, управления, создания извне.

 Таким образом, биосфера - это особая метасистема, творческий ландшафт, реализуший планетарный коллективный бутстрап жизни и косного вещества.

 В связи с ростом интереса к изучению и использованию бутстрап-процессов, обладающих самореферентностью в самых различных областях встает проблема их формализации, определения классификации и детального анализа. Предпринятые ранее попытки использовать для этой цели аппарат теории категорий или плохообусловленных множеств (гипемножеств) пока что не привели к заметным результатам.

 В то же время наметились перспективы развития конструктивистского подхода к описанию данных процессов. А пока что, в условиях неполноты знания процессов функционирования и эволюции биосферы, в том числе в ее нынешнем статусе ноосферы приходится использовать принцип «не навреди» планетарной медицины, предложенной Дж. Лавлоком (Lovelock, 1991). Приходится в первую очередь, управлять развитием человеческой цивилизации в направлении снижения вредных антропогенных воздействий на планетарные процессы. В научном наследии Алексея Владимировича Яблокова и его последователей (Яблоков, Левченко, Керженцев, 2015) есть перспективные направления по гармонизации взаимоотношения человеческой цивилизации и окружающей среды.

**Литература**

Казанский А.Б. Феномен Геи Джеймса Лавлока. - Экогеософский альманах, СПб, вып. 2, 2000, с. 4-21.

*Казанский А.Б.* Эволюция биосферы: самораскрытие через самосозидание. – “Мудрость Дома Земля” – О мировоззрении XXI века. Экогеософский Альманах. Составитель и редактов В.А.Зубаков. - Санкт-Петербург-Донецк: Донецкий Национальный Технический Университет, 2003, вып. 4-5, c. 182-204.

 *Казанский А.Б.* Формализация со-бытийности: бутстрап-системы в биологии, биосферологии, кибернетике и физике. - Экогеософский альманах «Мудрость Дома Земля»: о мировоззрении XXI века. (Российско-украинское издание, коллективная монография под редакцией С.Г. Джуры, В.А. Янкиной и А.Б. Казанского). – Санкт-Петербург – Донецк, изд. Донецкого Национального Технического универсистета, 2007, с. 107-127

Казанский А.Б. “Бутстрапирование” как механизм построения самоорганизующихся рефлексивных систем”. – Сб. Трудов Всероссийской научной конференции с международным участием: “Системы и модели: границы интерпретаций (в память выдающегося ученого и философа Юлия Анатольевича Шрейдера)”, Институт Философии РАН, Москва, 5-7 ноября 2008 г. – Томск, изд. ТГПУ, 2008, с. 142 – 151.

Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С. Очерки биосферологии.1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы. Philosophy & Cosmology. 2015, vol. 14, – c. 91 – 117.

Heylighen, F. Bootstrapping knowledge representations: from entailment meshes via semantic nets to learning webs. – International Journal of Human-Computer Studies, 1997.

Jantsch, E. The Self-Organizing Universe: Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution.-New York /Oxford Pergamon Press, 1980.

Kazansky A.B. Planetary Bootstrap: A Prelude to Biosphere Phenomenology, In: D.Dubois (Ed.) Computing Anticipatory Systems. CASYS’03 – Sixth International Conference, Liege, Belgium, 2003, - AIP Conference proceedings 718, American Institute of Physics, New York, 2004, p.445-450. (Best paper award).

Kazansky A.B. Bootstrapping of Life through Holonomy and Self-Modification. // Computing Anticipatory Systems: Proceedings of the Ninth International Conference on Computing Anticipatory Systems, edited by D.M. Dubois, AIP Conference Proceeding, Melville, NewYork: American Institute of Physics, 2010, V. 1303. p. 297-306. (Best paper award

Lovelock J.E. Gaia: The practical science of planetary medicine. - Gaia book limited, 1991.-192 pp.

Varela F. Principles of Biological Autonomy. - Elsevier/North-Holland, New York, 1979. –306 pp.