

Е.Н. Князева

Мир ускользящих структур*

1. Сложность познания сложных структур

Ускользящее бытие

Бытие ускользает от нас. Чтобы постигнуть, схватить мыслью мир сложных самоорганизующихся структур, человек создает теоретические представления и модели нелинейной динамики, самоорганизации, автопоэзиса, пытаясь свернуть эту сложность, свести ее к простому, определить немногие параметры порядка, определяющие беспорядочное поведение элементов на микроуровне. Сами теории, описывающие возникновение и эволюцию сложных структур в мире, прежде всего это касается теории автопоэзиса У.Матураны и Ф.Варелы, по своему содержанию оказываются близки к эпистемологическому конструктивизму.

Вообще говоря, человек имеет дело в процессе познания и деятельности с самим собой. От себя ему никуда не уйти. Он постигает мир через идеализации, абстракции, модели, которые определяются его возможностями познания здесь и сейчас. Постигая мир, человек протаскивает его через свою душу, через свое сознание. В конечном счете, и осчастливить человек может только сам себя. Он смотрит в мир и видит повсюду в нем, как в зеркале, свое собственное лицо: картина мира в известной мере носит печать личности ее творца. Постулат объективности заменяется постулатом проективности. Мир предстает как проект. То, что происходит в мире, и активность человека, познающего мир, неразделимы. Субъект и объект познания находятся в интерактивной связке, связке инактивации (т.е. вдействия друг в друга).

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (07-06-00293а).

Позиция эпистемологического конструктивизма наложила заметный отпечаток на теоретические представления Ф.Варелы (1946–2001) – создателя теории автопоззиса, раскрывающей сущность живой организации и, как впоследствии стало понятно, всякой сложноорганизованной самоподдерживающейся и саморазвивающейся структуры вообще. Один из лейтмотивов его творчества – исследование биологической укорененности человеческого знания, встроенности познающего субъекта в окружение, ситуационности познания. Взять хотя бы классический пример когнитивной науки – категории цвета. Живые организмы живут фактически в разнообразных и не пересекающихся друг с другом визуальных (звуковых, обонятельных, осязательных и т.д.) мирах. Если голуби видят пять цветов, пчелы воспринимают мир в ультрафиолете, а мир человека полихроматичен (причем в разных языках число основных категорий цвета различно), то не имеет смысла задавать вопрос о том, каков цвет мира самого по себе.

Конструктивистский подход ставит под сомнение картезианское разделение между объективным миром и субъективным опытом. «Познающий и познаемое им, сознание и мир, находятся в таком отношении друг к другу, которое строится через взаимную спецификацию и взаимозависимое со-возникновение»¹.

Реальность мира не предана когнитивному агенту, и ее свойства не пред-заданы, она возникает в результате поисковой активности когнитивного агента и в соответствии с его когнитивными возможностями. Это – предстоящая, грядущая реальность, *forthcoming reality*, как ее охарактеризовали Франсиско Варела и его учитель и старший коллега Умберто Матурана (р. 1928). Это – реальность, которая не столько открывается когнитивным субъектом, сколько изобретается, конструируется, создается им. Мир не может быть охарактеризован посредством атрибутов, но только посредством потенций, которые актуализируются в когнитивном действии и благодаря ему.

Возможности познавательной деятельности живых организмов определяются их телесной организацией и способами их вписывания в изменчивую окружающую среду (ситуационность познания). Реальность оказывается разной не только для разных существ, но и для одного существа в зависимости от его когнитивных установок и складывающейся ситуации здесь и сейчас. Возникают проблемы

множественности реальностей, неразличимости реального и виртуального, соизмеримости реальностей, переводимости и понимания субъектов (если речь идет о людях), живущих, вообще говоря, в разных перцептивных и концептуальных мирах. «Нормальный способ функционирования живых систем как систем, которые в своем опыте не проводят различия между восприятием и иллюзией, – это делает возможным то, что мы теперь называем “виртуальными реальностями”»².

Ускользающая сложность

Ускользает от нас и сложность. Феномен ускользания сложности можно истолковать в разных смыслах.

Во-первых, чем сложнее структура (организация), тем она более неустойчива, более уязвима по отношению к малым событиям, отклонениям, флуктуациям.

Во-вторых, сложные структуры мира возникают в режимах с обострением, когда характерные величины (температура, энергия, численность населения и т.д.) достигают бесконечности за конечное время (время обострения)³. Это, разумеется, идеализированная, математическая модель, на основе анализа которой можно сделать важный мировоззренческий вывод. Поразительно само наличие моментов обострения, т.е. конечность времени существования сложных структур в мире. Получается, что сложная организация (структура) существует только потому, что она существует конечное время. Жить конечное время, чтобы вообще жить! Внутри жизни имманентно заключена смерть. Или иначе: лишь смертное способно к самоорганизации. Возможно, что это один из законов эволюции. И вместе с тем это – математический результат, полученный в результате изучения определенных классов открытых нелинейных систем.

В-третьих, сложное существует как на «лезвии бритвы», балансирует «на краю хаоса» (“at the edge of chaos”). Сложные структуры самоорганизации балансируют «на краю хаоса». Эта красивая метафора появилась в настоящее время в связи с развитием теории самоорганизованной критичности (П.Бак, С.Кауфман). Сложные адаптивные системы, в особенности живые существа, допускают хаос, который делает их достаточно гибкими и податливыми, дает

возможность хорошо приспосабливаться к изменчивым условиям окружающей среды. Сложность является чрезвычайно хрупкой, так что даже наилучший шаг в направлении улучшения организации этих систем может привести к их быстрому спонтанному распаду и гибели. С.Кауфман отмечает, что жизнь есть эмерджентный феномен, в основе которого лежит «порядок для свободы», или самоорганизация, а последняя характерна для режима эволюции системы «на краю хаоса»⁴.

В-четвертых, устойчивое функционирование сложных систем поддерживается цепями отрицательной обратной связи, лежащими в основе механизмов гомеостазиса, исследованных еще в кибернетике. Механизмы гомеостазиса возвращают систему в состояние равновесия, обеспечивают регенерацию, самодостраивание. Это довольно тонкие механизмы, не терпящие внешнего вмешательства. Возьмите, к примеру, старого больного человека, организм которого продолжает поддерживаться ослабевшими гомеостатическими связями. Попытки медицинского вмешательства, особенно хирургического, могут разрушить остатки гомеостазиса и ускорить наступление смертельного исхода.

2. Как возможно сложное в мире?

Еще Кант писал: «Никакой человеческий разум (даже никакой конечный разум, который был бы подобен нашему, но превосходил бы его по степени) никоим образом не мог бы надеяться понять возникновение даже травинки на основании одних только механических причин»⁵. Структуры самоорганизации в мире устроены настолько сложно, что в синергетике говорят о квазицелесообразности или телеономии. Причем квазицели относятся к структурам самоорганизации и неживой природы. Там уже есть самодостраивание, там также царят хитрые законы – сквозные (универсальные) законы сложного поведения в мире, отнюдь не механические. Структуры-аттракторы обладают и различными типами симметрий, в том числе и эволюционных, когда структуры «разного возраста» (с разными максимумами) расположены на разных расстояниях от центра симметрии. То есть можно говорить о простоте сложности или о сложноорганизованной простоте.

Можно поставить вопрос в духе Канта: как возможно сложное в мире? Что делает сложное сложным? Сложные системы, как правило, состоят из большого количества элементов (или подсистем). Но количество элементов – не главное. Определяющим фактором здесь является сложность отношений между элементами. Именно отношения (или связи) делают сложное сложным. Именно отношения между элементами делают систему гибкой, флексибельной, способной адаптироваться и самообучаться, т.е. корректировать свои действия в зависимости от результатов предыдущих действий. Сложность есть также внутреннее разнообразие системы, разнообразие ее элементов или подсистем, которое делает ее гибкой, способной к адаптации. Сложность – это многоуровневость системы (существует архитектура сложности).

Если речь идет о человеческих системах, то сложнее всего система из двух. Двум людям, будь то лидеры политических партий даже одного (правого или левого) крыла или два человека, решившие создать семью, не так-то просто договориться между собой. Часто они могут договориться, только приняв часть личности другого как свою собственную, т.е. достижение консенсуса невозможно без жертв, без допущения возможности частичной перестройки своей личности. Трем людям договориться уже проще. Современная синергетическая теория определяет оптимальную численность группы для самоорганизации. В команде, открывающей свое дело, в учебной группе и т.д. должно быть 7–12 человек. В коллективе большей численности возникают уже социальные иерархии, отношения господства-подчинения, а в коллективе меньшей численности не все места (социальные роли) оказываются заполненными. Оптимальная численности группы связана с оптимальным распределением ролей: в группе должны быть новатор (креативная голова), скептик, критик, ответственный исполнитель («рабочая лошадка») и т.п.

Чтобы система стала способной для самоорганизации, она должна удовлетворять определенным условиям.

– Система должна быть *открытой*, т.е. обмениваться веществом, энергией и/или информацией с окружающей средой. В закрытых системах (которые являются идеализацией действительности) нарастают процессы дезорганизации, и они приходят к состоянию с наибольшей энтропией.

– Система должна быть *неравновесной*, далекой от состояния равновесия. Равновесные системы, будучи выведенными из состояния равновесия, возвращаются в исходное состояние равновесия, подчиняясь механизму гомеостаза, в них не может возникнуть ничего интересно нового.

– Система должна быть *нелинейной*. Поведение линейной системы предсказуемо, ее путь развития однозначен, однонаправлен. Нелинейная система проходит через состояния неустойчивости (точки бифуркации), где малые события, отклонения, флуктуации определяют путь ее дальнейшего развития, один из целого спектра возможных. Нелинейная система меняет темп своего развития, подвержена различным режимам функционирования, чувствительна к флуктуациям в состояниях неустойчивости. В ней возможны эмерджентные явления, возможно возникновение новых, невиданных сложно организованных структур.

– Сложные структуры строятся на *активной среде* (плазменной среде Солнца, активной среде нейронов мозга, активности жителей и предприятий в городе и т.д.).

Синергетическая теория обнаруживает свойство *динамической устойчивости* сложно организованных структур. Л. фон Берталанфи говорил о «подвижном равновесии» (“*Fleißgleichgewicht*”). Динамическая устойчивость сложного поддерживается благодаря разнообразию элементов (принцип необходимого разнообразия У.Р.Эшби), готовящих систему к разнообразному и изменчивому будущему. И. Пригожин ввел принцип «порядок через шум», Х. фон Фёрстер – принцип «порядок через шум», А. Атлан говорит об «организующей случайности», а Э. Морен – о «множественном единстве» (“*unitas multiplex*”). Все эти ученые по-разному выражают идею о том, что некоторый беспорядок, внутреннее разнообразие элементов, хаотические, неорганизованные процессы продуцируют и поддерживают сложную организацию.

Одной из ключевых теоретических позиций, активно используемых различными международными организациями (ООН, ЮНЕСКО и др.), стало ныне представление об *устойчивом развитии* (*sustainable development*). Это представление напрямую связано с пониманием мира с позиции нелинейной динамики и синергетики – мира сложного, нелинейно развивающегося, полного нестабильностей, кризисов и катастроф, мира, который очень

часто преподносит нам сюрпризы и будущее которого открыто. Устойчивое развитие с синергетической точки зрения – это 1) самоподдерживаемое развитие, развитие, происходящее на рельсах самоорганизации сложных систем, 2) такое развитие, при котором человечество в целом и в лице каждого из его представителей проявляет заботу о будущем, конструирует желаемое будущее, в котором грядущие поколения должны иметь стартовые условия жизни не хуже, чем их имеет нынешнее поколение.

3. Как возможна целостность в мире?

Что делает целое целым? Каков тот «клей», который связывает элементы в единое эволюционное, динамично и устойчиво развивающееся целое? Ответить на эти вопросы можно, только поняв смысл выдвинутой С.П.Курдюмовым *идеи коэволюции*. Эта идея была одной из самых горячо любимых и настойчиво пропагандируемых им идей. Он говорил об открытии синергетикой *конструктивных принципов коэволюции сложных систем* и о возможности овладения будущим, *конструирования желаемого будущего*⁶.

Каковы же принципы коэволюции, принципы нелинейного синтеза различных диссипативных структур в сложные, иногда сверхсложные, целостные структурные образования?

Во-первых, определяющим для интеграции элементов в систему является *темп развития*. Объединяясь, элементы (подсистемы) попадают в один *темпомир*, начинают развиваться с одной скоростью. Отнюдь не всё может быть соединено со всем, отнюдь не любое сцепление элементов будет устойчивым. Отдельные элементы, структуры, подсистемы могут быть несоизмеримы по интенсивности жизни, по темпу развития, тогда медленные из них вскоре станут слабым, едва различимым фоном для развития быстрых элементов.

Во-вторых, не элемент (подсистема), развивающаяся с минимальной скоростью, является определяющей при построении целого, как это утверждал в своей тектологии А.А.Богданов в 1920-х гг., а элемент (подсистема), развивающийся *с максимальной скоростью*. Именно к самому быстрому элементу (подсистеме) подстраиваются все остальные, именно он задает общий тон и определяет жизнь системы как целого.

В-третьих, выгодно «жить» и развиваться вместе. При конфигурационно правильном, резонансном объединении частей в целое в более или менее дальней исторической перспективе происходит ускорение развития целого. И, напротив, если топологическая организация элементов будет неправильной, нерезонансной, то образуемая сложная структура будет неустойчивой и вскоре развалится. Объединять элементы нерезонансно – значит действовать впустую.

Синергетические принципы нелинейного синтеза, коэволюции диссипативных структур в сложное целое могут быть суммированы в виде следующих ключевых представлений:

1) именно *общий темп* развития является ключевым индикатором связи структур в единое целое, показателем того, что мы имеем дело с целостной структурой, а не с конгломератом разрозненных фрагментов;

2) способ сборки целого из частей *неединствен*; всегда существует целый набор возможных способов сборки;

3) целое собирается *не по крохам, а большими кусками, крупными блоками*, оно собирается не из отдельных элементов, скажем атомов, а из промежуточных сред, выстраивающихся – в случае прогрессивной эволюции – в виде иерархии сред, обладающих разной нелинейностью;

4) структуры-части входят в целое не в неизменном виде, но определенным образом *трансформируются, деформируются* в соответствии с особенностями возникающего эволюционного целого; возникающее целое обретает новые, доселе невиданные, эмерджентные свойства;

5) сложность образуется *четными структурами* (структурами с четным количеством максимумов интенсивности); четные структуры расходятся, образуя в центре пустоту; с этой точки зрения выглядит отнюдь не случайным предположение, что в центре нашей галактики – черная дыра и что, как говорил Ж.-П.Сартр, человек несет в себе дыру размером с Бога;

6) максимумы интенсивности притягиваются, сливаются в единое целое, а максимум и минимум интенсивности отталкиваются – в противоположность закономерностям электродинамики, где одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются;

7) *величины максимумов* интенсивности процессов *согласованы* с их *расстоянием* от центра симметрии; *бóльшие максимумы* располагаются на *бóльшем расстоянии* от центра;

8) для объединения «разновозрастных структур» (как бы структур прошлого, структур настоящего и структур будущего) в единую устойчиво эволюционирующую структуру необходимо *нарушение симметрии*; путь к возрастающей сложности мира – это путь увеличения моментов нарушения симметрии в конфигурации сложных структур;

9) при возникновении и сборке сложных структур в открытых и нелинейных средах *нарушается закон роста энтропии*: происходит одновременно и рост сложности организации, и рост энтропии, диссипации, рассеяния, дезорганизации; сложные структуры сильнее «портят», разрушают, дезорганизуют окружающую среду;

10) жизнь сложного поддерживается благодаря *переключению режимов* быстрого роста и спада активности, возобновления старых следов, иначе при приближении к моменту обострения оно подвергается угрозе распада, деградации смерти; «всё, что продолжает длительно существовать, регенерируется» (Г.Башляр); сложные структуры имеют «память», ничто в них не проходит бесследно, периодически процессы протекают «по старым следам»;

11) для образования устойчивой целостной структуры важна надлежащая *топология* соединения структур (скажем, в случае структуры горения нелинейной диссипативной среды – правильное конфигурационное распределение максимумов и минимумов интенсивности горения структуры);

12) для сборки новой сложной структуры, для перекристаллизации среды требуется создать ситуацию «*на краю хаоса*», когда малые флуктуации способны инициировать фазовый переход, сбросить систему в иное состояние, задать иной ход процесса морфогенеза, иной способ сборки сложного целого. «Сама природа коэволюции заключается в достижении этого края хаоса» (С.Кауффман).

4. Связь системы и среды. Сложные адаптивные системы

Сложная структура, возникнув, должна каким-то образом вписаться в окружающую среду. Самим фактом своего появления она изменяет существующие конфигурации в среде, а, изменяя их, изменяется сама, используя свои адаптивные возможности.

Сложные системы не просто открыты, они операционально замкнуты. Понятие *операциональной замкнутости* было введено создателями теории автопоэзиса У.Матураной и Ф.Варелой. Сложная система одновременно и отделена от мира, и связана с ним. Ее граница подобна мембранной оболочке, которая является границей соединения/разделения. Мембрана позволяет системе быть открытой миру, брать из окружающей среды нужные вещества и информацию, и быть обособленной от него, во всех своих трансформациях и превращениях поддерживать свою целостность, сохранять свою идентичность. Рост сложности систем в мире означает рост степени их избирательности.

Выражаясь образным языком, сложная система, возникнув и развиваясь, испытывает мир, бросает ему вызов, но и мир оказывает влияние на нее. И система, и окружающая среда обоюдно активны. Если процесс их взаимного испытания не завершается распадом системы, то в результате они оказываются взаимно подогнанными друг к другу. Система адаптируется к окружающей среде, которая в свою очередь также видоизменяется. Процесс налаживания их сосуществования, обустройства их совместной «жизни» называют процессом коэволюции, а результатом этого процесса является *структурное сопряжение* сложной системы и среды (в живой природе – организма и среды его обитания).

Активность исходит и от организма как когнитивного агента, и от среды. Причем среда – как среда именно данного когнитивного агента, – и среда вообще, как весь внешний и объективный мир, далеко не тождественны.

Синергизм когнитивного агента и окружающей среды – один из базисный принципов в рамках динамического подхода в когнитивной науке. Причем воззрения Варелы восходят в этом плане к идеям, развиваемым М.Мерло-Понти: «...Именно сам организм – в соответствии с собственной природой своих рецепторов,

порогами восприятия своих нервных центров и движениями органов – отбирает те стимулы в физическом мире, к которым он будет чувствителен»⁷.

Альфред Н. Уайтхед в своей работе «Наука и современный мир» (1925) развивал процессуальное видение мира как единого потока, в котором каждая вещь связана с каждой. Неотъемлемая часть философии процесса А. Уайтхеда – понимание глубокой внутренней связи субъекта и объекта.

С его точки зрения субъект и объект – неудачные термины, если они понимаются в аристотелевском, по сути дуалистическом, смысле слова. На самом деле одно вливается в другое:

– субъект есть часть окружения, он непосредственно встроен в него. «Тело есть часть окружающей среды, оно чувствительно к окружающей среде как целостному телесному событию, каждая часть этой целостности чувствительна к модификациям другой. Эта чувствительность так организована, что часть подстраивается, чтобы сохранить стабильность телесного паттерна»⁸;

– субъект креативен: он творит, создает, строит свое собственное окружение. «Организмы могут создавать свое собственное окружение»⁹;

– опыт субъекта в его определенной телесной облеченности отражает пространственно-временное состояние мира, его процессуальность. «Стремясь осмыслить телесный опыт, мы должны вовлекать в свое рассмотрение аспекты всей пространственно-временной организации мира как отражающиеся как в зеркале в телесной жизни... В определенном смысле слова всё находит везде во всякий момент времени. Ибо местоположение любого тела затрагивает аспекты его любого другого местоположения. Всякое пространственно-временное положение отражает как в зеркале весь мир»¹⁰;

– событие связи субъекта с объектом имеет настоящее (отражает способы действия и поведения сегодняшних объектов), прошлое (память о прошлом вплавлена в его собственное настоящее поведение) и будущее (отражает и предвосхищает способы будущего поведения). Событие имеет сложную структуру не только во временном, но и в пространственном аспекте: от события тянутся нити в ближайший, непосредственно прилегающий и отдаленный, глобальный.

Ф.Варела вводит понятие *инактивации – вдействия* живого организма в мир¹¹. Мир организма возникает вместе с его действием. Не только познающий разум познает мир, но и процесс познания формирует разум, придает конфигурации его познавательной активности. Поэтому прав Ф.Варела, утверждая, что «мир, который меня окружает, и то, что я делаю, чтобы обнаружить себя в этом мире, неразделимы. Познание есть активное участие, глубинная ко-детерминация того, что кажется внешним, и того, что кажется внутренним»¹².

5. Многоэтажная сложность эволюционирующих структур

Существуют также фрактальные закономерности роста сложности в мире. Фракталами, фрактальными структурами (объектами или множествами) называют такие структуры, которые обладают свойством самоподобия или, как еще говорят, масштабной инвариантности. Это означает, что малый фрагмент структуры такого объекта подобен другому, более крупному фрагменту или даже структуре в целом. Воскресите в своей памяти образ ветки мимозы или сирени, и вы представите себе наглядно, что такое фрактал.

Фрактальная структура – это множество, которое характеризуется дробной (фрактальной) размерностью. Это – «всюду дырявое» множество, которое не может быть составлено из конечного или счетного числа гладких элементов (фрагментов кривых, фрагментов поверхностей и т.д.). Это – не линия (одномерное образование) и не поверхность, а нечто среднее. Или же это – не поверхность и не объем, а нечто среднее между ними.

Установлено, что природа довольно часто выражает себя во фрактальных формах, так сказать, пишет фрактальные узоры. Фракталы с наибольшей очевидностью можно усмотреть в формообразованиях живой природы. «В качестве одного из биологических примеров фрактального объекта указывают на легкие человека, в которых каждый бронх разветвляется на более мелкие бронхи, а та в свою очередь, на еще более мелкие, причем каждое разветвление идентично по конфигурации, но отличается от других размером»¹³.

Очертания облаков, морских побережий и русел рек, горных хребтов, поверхности порошков и других пористых сред, геометрия деревьев, листьев и лепестков цветов, артерии и реснички, покрывающие стенки кишечника человека – всё это фракталы. Норвежский физик Е.Федер показывает, что береговая линия Норвегии, изрезанная фьордами, представляет собой фрактальную структуру с размерностью $D \approx 1,52^{14}$. Это означает, что рисунок береговой линии не полностью хаотичен, а повторяется в различных масштабах. Кроме того, это, строго говоря, не линия и не поверхность, а нечто среднее. Так же как фрактальность структуры облака (характеризирующейся обычно фрактальной размерностью, заключенной между 2 и 3, означает, что оно – не объем и не поверхность, а некоторое промежуточное образование. Фрактальная геометрия – это изящный и информационно компактный способ описания сложного. Фракталы открывают простоту сложного.

Изучаемое ныне свойство фрактальности формообразования и структур мира предугадано в некоторых философских учениях, в частности в монадологии Лейбница. Каждая монада, по Лейбницу, – целый мир без окон и дверей, который отражает тотальные свойства универсума.

В настоящее время фрактальность усматривается и все чаще применяется в изучении сложных феноменов жизни человека и социума. Например, механизмы власти в обществе, в тоталитарном в большей степени, в либеральном – в меньшей, можно интерпретировать как некую фрактальную структуру. Отношения господства и подчинения множат себя и повторяются на разных ступенях социальной лестницы, от верхних эшелонов власти до нижних, до малых коллективов и групп, даже до семьи.

Фракталы имеют эволюционный смысл. Фрактальные закономерности можно проследить в историческом развитии населения Земли как глобальной системы и в расселении людей по земному шару. Развитие этой системы происходит крайне неравномерно по пространству и времени. В настоящее время в мире выделяют 55 больших городов (Big Cities), ставших фокусами глобальной постиндустриальной экономики и ключевыми центрами принятия решений. Расселение населения по городам подчиняется правилу Ципфа «ранг-размер» города.

Итак, история мира природы и мира человека написана на языке фракталов. Развитие сложных систем в мире происходит нелинейно, неравномерно по пространству и времени, подчинено определенным циклам. В ходе развития формируются сложные эволюционные иерархии со структурами подчинения, уровнями самоподобия, строятся ансамбли из элементов, являющихся операционально замкнутыми, самодостаточными целостностями.

Примечания

- ¹ Varela F., Thompson E., Rosch E. The Embodied Mind. Cambridge, 1991. P. 150.
- ² Maturana H. The Biological Foundations of Virtual Realities and Their Implications for Human Existence // Constructivist Foundations. 2007. Vol. 3. №. 2. P. 113.
- ³ См. об этом подробнее: Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. СПб., 2002; Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М., 2005.
- ⁴ Kauffman S. At Home in the Universe. The Search for Laws of Self-organization and Complexity. L., 1995. P. 71.
- ⁵ Кант И. Соч.: В 6 т. Т. 5. Мю, 1966. С. 439.
- ⁶ См.: Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Синергетика: нелинейность времени и ландшафты коэволюции. М., 2007.
- ⁷ Merleau-Ponty M. The Structure of Behavior. Boston, 1963. P. 13.
- ⁸ Whitehead A.N. Science and the Modern World. Cambridge, 1953. P. 185.
- ⁹ Ibid. P. 140.
- ¹⁰ Ibid. P. 113–114.
- ¹¹ См. об этом: Князева Е.Н. Концепция инактивированного познания: исторические предпосылки и перспективы развития // Эволюция. Мышление. Сознание (Когнитивный подход и эпистемология). М., 2004. С. 308–349.
- ¹² Varela F. Quatre phares pour l'avenir des sciences cognitives // Théorie – Littérature – Enseignement. 1999. № 17. P. 8–9.
- ¹³ Петухов С.В. Геометрии живой природы и алгоритмы самоорганизации. М., 1988. С. 17.
- ¹⁴ Федер Е. Фракталы. М., 1991. С. 16.