**Преджизнь. Открытость. Нелинейность. Аттракторы**

**Немного истории**

“В лазере большое число атомов погружены в активную среду, например, в такой кристалл, как рубин. После накачки извне атомы возбуждаются и могут испускать отдельные цуги световых волн. Таким образом, каждый атом испускает сигнал, то есть создает информацию, переносимую световым полем. В полости лазера испущенные цуги волн могут столкнуться с другим возбужденным атомом, что приведет к усилению испускаемой им волны... Так как отдельные атомы могут испускать световые волны независимо друг от друга и так как эти волны могут затем усиливаться другими возбужденными атомами, возникает суперпозиция некоррелированных, хотя и усиленных цугов волн, и мы наблюдаем совершенно нерегулярную картину. Но когда амплитуда сигнала становится достаточно большой, начинается совершенно новый процесс. Атомы начинают когерентно осциллировать, и само поле становится когерентным, то есть оно не состоит более из отдельных некоррелированных цугов волн, а превращается в одну практически бесконечно длинную синусоиду.

Перед нами типичный пример самоорганизации: временная структура когерентной волны возникает без вмешательства извне. На смену хаосу приходит порядок. Подробная математическая теория показывает, что возникающая когерентная световая волна служит своего рода параметром порядка, вынуждающим атомы осциллировать когерентно, или, иначе говоря, подчиняет себе атомы”[1]

В приведенном отрывке мы выделим поначалу одно понятие — самоорганизация. Именно оно является ключевым для понимания сущности синергетики. Синергетику и определяют как науку о самоорганизации или, более развернуто, о самопроизвольном возникновении и самоподдержании упорядоченных временных и пространственных структур в открытых нелинейных системах различной природы. В описании процесса образования когерентной световой волны Хакен использует целый ряд других основополагающих понятий синергетики. Накачка энергии означает, что рассматриваемая система является открытой, то есть имеет интенсивный приток энергии извне, а также оттоки энергии. Возникающая временная или пространственная структура формируется в активной среде и представляет собой выявление одного из потенциально присущих ей дискретных состояний. Система реагирует нелинейно, то есть переход от неорганизованного поведения атомов к слиянию их излучения в когерентную световую волну происходит не плавным путем, в линейной пропорции к увеличению энергии, а скачкообразно — в момент, когда приток энергии превысит определенный барьер. Разрозненное и неупорядоченное поведение отдельных атомов соответствует хаотическому состоянию системы, макроскопическому хаосу, из которого путем фазового перехода рождается порядок. Для всякой системы можно определить параметры порядка, позволяющие описать ее сложное поведение достаточно простым образом, а также выбрать определенные контролирующие параметры, при изменении которых существенно меняется макроскопическое поведение системы. Параметры порядка подчиняют поведение отдельных элементов системы — в чем выражается введенный Хакеном принцип подчинения.

Хакену принадлежит бесспорный приоритет в создании нового термина — “синергетика” — и в разработке системы понятий и теоретических моделей, описывающих механизмы самоорганизации, но не абсолютное первенство в исследовании самих явлений самоорганизации.

В физике эффекты образования устойчивых структур в условиях интенсивного внешнего притока энергии известны весьма давно. Взять классический пример — образование так называемых ячеек Бенара, вызванных конвективными течениями в подогреваемой снизу вязкой жидкости. Этот опыт каждый может воспроизвести у себя дома. Достаточно налить в сковороду толстый слой растительного масла и поставить ее на сильный огонь. Через некоторое время можно будет наблюдать, как нижний, очень горячий слой масла и верхний, не столь горячий, начинают постоянно сменять друг друга в вертикальном течении — но не беспорядочном или распространяющемся сразу на всю емкость, а структурированном в форме правильных шестигранных ячеек, напоминающих пчелиные соты. Пространственные структуры самоорганизации возникают тогда, когда разница температур нижнего и верхнего слоев жидкости достигает определенного порогового значения. Потоки жидкости спонтанно, то есть без всякого организующего воздействия извне, переходят в упорядоченное состояние, соответствующее относительно устойчивым и геометрически правильным формам. Стоит убавить огонь под сковородой, и ячейки снова превратятся в беспорядочные завихрения масла (что не помешает по итогам опыта поджарить в нем колбасу) . При более интенсивном нагревании жидкости в ней могут возникнуть более сложные пространственно-временные структуры, например, осцилляции вихрей. В России на протяжении нескольких десятилетий продуктивно развивается оригинальное направление синергетики, изучающее локализованные структуры горения и тепла, возникающие в сверхбыстрых, лавинообразных эволюционных процессах, в так называемых режимах с обострением. Это направление представлено научной школой академика РАН А. А. Самарского и члена-корреспондента РАН С. П. Курдюмова. Исследуются механизмы формирования локализованных структур (самоорганизации) , их трансформации, синтеза (коэволюции) и распада.

Первоначально изучение локализованных структур горения и тепла было связано с практической задачей удержания клубка плазмы в заданных границах с целью получения температуры, необходимой для начала управляемой термоядерной реакции. Корень технической проблемы заключался в том, чтобы уменьшить контакт раскаленной плазмы со стенками реактора и уменьшить энергетические затраты на удерживающие ее магнитные поля.

Вычислительные эксперименты, проведенные в 60-х годах, показали неожиданную вещь: существует такой режим сверхбыстрого сжатия и разогрева плазмы, при котором показатель ее температуры на графике взлетает вверх почти вертикально, стремясь к бесконечности, а вот пространственный объем клубка, то есть островка тепла в окружающем холодном мире, не расползается, оставаясь в первоначальных границах. Получается, что плазма создает границы вокруг себя из самой себя. Этот нелинейный эффект позволяет в десятки тысяч раз снизить энергию, которая требуется для инициирования реакции термоядерного синтеза. Необычность такого состояния плазменной среды заключается в том, что в любых нормальных условиях потенциал “тепло — холод” стремится к выравниванию, подобно тому как порция холодного молока, влитого в горячий кофе, делает его теплым.

А вот синергетика — чем она и привлекательна для пытливых умов, тяготеющих к необычному в окружающем нас мире, — доказывает возможность движения в противоположном направлении: от расползания к локализации тепла, от равновесия к возрастающему неравновесию и созданию структур в состояниях, далеких от равновесия.

Известное нам второе начало термодинамики, говорящее о росте беспорядка (энтропии) в замкнутых системах, теряет свою силу для открытых нелинейных систем, изучаемых синергетикой. Локализованные, быстро развивающиеся структуры существуют за счет возрастающей хаотизации среды, на основе производства в ней энтропии. Структуры горения как бы интенсивно “выжигают” среду вокруг себя. И организация (порядок) , и дезорганизация (энтропия) увеличиваются одновременно. Но на пике обострения процесса разогрева и “подбирания” границ тепла структура становится чрезвычайно шаткой, чувствительной к малейшим флуктуациям, случайным изменениям хода процесса. Они способны инициировать распад сложной структуры или же вывести на иной, противоположный режим — режим спада температуры и расползания тепла.

**Преджизнь**

Важные результаты, касающиеся спонтанного возникновения упорядоченных структур, были получены к началу 70-х годов и в химии. Они связаны в первую очередь с исследованиями, проводимыми в Свободном университете Брюсселя под руководством Ильи Пригожина — бельгийского ученого русского происхождения (в 1927 году в десятилетнем возрасте он был увезен родителями из России) , получившего в 1977 году за свои работы в области неравновесной термодинамики Нобелевскую премию.

“В различных экспериментальных условиях, — пишут Илья Пригожин и его соавтор Изабелла Стенгерс, — у одной и той же системы могут наблюдаться различные формы самоорганизации — химические часы, устойчивая пространственная дифференциация или образование волн химической активности на макроскопических расстояниях”[2].

Химические часы — пожалуй, самый яркий феномен самоорганизации химических процессов, открытый в начале 50-х годов российскими учеными Б. П. Белоусовым и А. М. Жаботинским. Структура, которая здесь образуется, представляет собой не пространственную, а временную структуру — колебание с регулярной периодичностью.

Для теоретического описания реакции Белоусова — Жаботинского Пригожин со своими сотрудниками разработал специальную модель, названную брюсселятором. Она выглядит так. Имеются вещества, вступающие между собой в химическую реакцию. Концентрацию только одного из них — “управляющего” вещества — плавно увеличивают. Как только концентрация переходит критический порог (при прочих равных параметрах) , прежнее стационарное состояние химической системы становится неустойчивым и концентрации двух других реагирующих веществ начинают колебаться с отчетливо выраженной периодичностью. Колебания происходят вокруг некоторого нестабильного фокуса и выходят на предельный цикл, то есть устанавливается устойчивое периодическое движение.

Конечную область неминуемого схождения фазовых траекторий движения сложной системы называют в синергетике аттрактором. В качестве аттрактора может выступать или точка (устойчивый фокус) , или иное более сложное образование.

Существуют странные аттракторы, когда траектории системы совершают произвольные и не поддающиеся регулярному описанию блуждания внутри определенной области. Следуя Пригожину, странный аттрактор можно назвать “привлекающим хаосом” . Чтобы представить себе нагляднее картину химических часов, а ее необычность выразить более впечатляющим образом, Пригожин и Стенгерс предлагают условно считать, что в реакции участвуют молекулы двух сортов — “красные” и “синие” . До перехода критического порога концентрации “управляющего” вещества они находятся в хаотической смеси, и мы имеем в пробирке какую-то фиолетовую жидкость с легкими беспорядочными отклонениями в один из двух первоначальных цветов. “Иную картину мы увидим, разглядывая химические часы: вся реакционная смесь будет иметь синий цвет, затем ее цвет резко изменится на красный, потом снова на синий и т.д. Поскольку смена окраски происходит через правильные интервалы времени, мы имеем дело с когерентным процессом. Столь высокая упорядоченность, основанная на согласованном поведении миллиардов молекул, кажется неправдоподобной, и если бы химические часы нельзя было бы наблюдать „во плоти” , вряд ли кто-нибудь поверил, что такой процесс возможен. Для того чтобы одновременно изменить свой цвет, молекулы должны „каким-то образом” поддерживать связь между собой. Система должна вести себя как единое целое”[3]. Налицо эффект когерентного, кооперативного поведения элементов в химических системах. В теории самоорганизации проводится четкое различие между стационарными, “застывшими” структурами, такими, как решетки кристаллов, и относительно устойчивыми структурами, вызываемыми к жизни из первоначально хаотического состояния путем интенсивного изменения по некоторому ведущему параметру — будь то накачкой энергии в физическом эффекте лазерного излучения, увеличением концентрации вещества в описанном выше химическом эффекте или, с самой общей точки зрения, притоком информации в среду, что также охватывается синергетическими моделями. Первый тип структур — это, можно сказать, тупики эволюции. Для равновесных стационарных структур малое возмущение “сваливается” на ту же самую структуру. Второй тип — это структуры, способные самопроизвольно возникать и развиваться в активных, рассеивающих (диссипативных) средах в состояниях, далеких от термодинамического равновесия. Для обозначения такого типа структур Пригожин предложил использовать понятие диссипативной структуры. Именно они в фокусе внимания синергетики.

Диссипативные структуры проявляют характерное свойство: в состояниях неустойчивости они могут оказаться чувствительными к малейшим случайным отклонениям в среде. Краткий момент неустойчивости, балансирования системы на острие выбора между будущими состояниями, когда судьба всей системы может зависеть от вторжения одной случайной флуктуации, называется в синергетике бифуркацией. Исследования явлений самоорганизации в химических процессах привели Пригожина к созданию собственной обобщенной теории самоорганизации, далеко выходящей за пределы химии. Он называет ее по- разному: нелинейной неравновесной термодинамикой, наукой о сложном, теорией перехода от хаоса к порядку, но чаще всего теорией диссипативных структур.

Пригожин предпочитает не пользоваться термином “синергетика” , хотя по своему внутреннему содержанию его исследования, бесспорно, относятся к синергетической теории эволюции и самоорганизации сложных систем.

Но создание теории самоорганизации для Пригожина — еще не самоцель. Его сверхзадача — использовать данную теорию для раскрытия глубинных механизмов происхождения живого. Он стремится преодолеть качественный разрыв между описанием живой и неживой природы или по меньшей мере — что лежит в пределах возможностей современной науки — добавить еще несколько пролетов к тому мосту, который ученые издавна пытаются навести над пропастью, лежащей между ними.

“Жизнь, заведомо укладывающаяся в рамки естественного порядка, предстает перед нами как высшее проявление происходящих в природе процессов самоорганизации. Мы... утверждаем, что, коль скоро условия для самоорганизации выполнены, жизнь становится столь же предсказуемой, как неустойчивость Бенара или падение свободно брошенного камня” [4], — пишут Пригожин и Стенгерс.

В поисках связующих звеньев между живым и неживым Пригожин опирается на данные молекулярной биологии, находящейся как бы посередине реки, разделяющей два берега. Он высоко оценивает модель предбиологической эволюции, разработанную немецким ученым Манфредом Эйгеном. Согласно исследованиям Эйгена, системы полимерных молекул — молекул, которые, взятые сами по себе, лишены в традиционном представлении и “капли” жизни, — способны поддерживать собственное существование через цикл самовоспроизводства и противодействия возмущающим влияниям извне. Механизм их самосохранения и адаптации к окружающей среде является прообразом механизма воспроизводства живых организмов через цепи ДНК.

Пригожин говорит о спонтанных островках самоорганизации при переходе к живому: “По-видимому, разумно предположить, что некоторые из первых стадий эволюции к жизни были связаны с возникновением механизмов, способных поглощать и трансформировать химическую энергию, как бы выталкивая систему в сильно неравновесные условия. На этой стадии жизнь, или „преджизнь” , была редким событием и дарвиновский отбор не играл такой существенной роли, как на более поздних стадиях” [5]. Взгляд на природу как на единое целое, где деление на живое и неживое не является абсолютным, но связано с ограниченностью нашего понимания вещей, можно проследить далеко вглубь истории человеческой мысли. Более характерен он для восточной философии, но имел влияние и на Западе. В числе приверженцев такого взгляда и, в сущности, отдаленных предшественников синергетического мировоззрения стоит упомянуть Шеллинга, который строил свою философию исходя из представления о природе как о едином живом организме. “Неорганическая и органическая природа связаны одним и тем же началом” [6], — писал он, усматривая такое начало в феноменах “организации” и спонтанного творческого акта. Что же нового вносит тогда синергетика? Ее новшество и ее шаг вперед по отношению к предшествующим представлениям о единых началах живого и неживого заключаются в междисциплинарном научном и обобщенно- теоретическом изучении тех закономерностей, которые составляют универсальную основу процессов самоорганизации и эволюции сложного, и в постоянном подкреплении своих теоретических представлений многочисленными опытными данными базовых научных дисциплин.

В античные времена наука, искусство и философия находились в неразрывном единстве и гармонии, а в самой науке дисциплинарные деления были едва намечены. Но в Новое время наука распалась на автаркические владения, каждое из которых вырезало из тела природы собственный фрагмент, скрупулезно разбирало его по клеточкам и пыталось понять принцип его деятельности исходя только из него самого. Неудивительно, что в последующую эпоху, особенно со второй половины ХХ века, усилилось встречное стремление: понять мир в его целостности, усмотреть в искусственно рассеченных сферах нечто существенно общее и как к естественному итогу прийти к объединению наук, созданию единой науки о единой природе. Объединение наук при этом, конечно, понималось не как непродуктивное механическое слияние, а как вычленение в них некоторого общего содержательного ядра и стыковка наук в качестве лишь условно поделенных участков единого исследовательского поля.

Синергетика в наиболее последовательной форме отвечает на этот вызов времени. Она говорит о возможных способах объединения естественных и ряда гуманитарных наук — с сохранением, разумеется, их собственной идентичности и предметной специфики, а также о перспективах кросс-дисциплинарной коммуникации, творческого диалога специалистов в различных областях. Объединение возможно вокруг изучения основополагающего феномена — феномена самоорганизации. Вероятно, объединение наук осуществимо не во всей их целостности, а лишь в определенном аспекте — изучении сложных образований (систем) на различных уровнях реальности, механизмов их эволюции и самоорганизации.

Оппозиция “живое — неживое” мыслится при этом как главный, но не единственный камень преткновения из числа тех, что лежит на пути объединения. Столь же важной представляется задача объединить в едином исследовательском фокусе микро- и макромиры, мир индивидуальной психологии и поведения и мир массовых общественных процессов, наконец, мир науки с тем, что можно назвать жизненным миром человека, миром человеческой экзистенции. Синергетика призвана не только вернуть науке целостного человека, но и науку вернуть человеку, поставить ее лицом к его реальным проблемам и заботам. К сущности синергетики относится универсальный характер раскрываемых ею закономерностей, а значит, по необходимости междисциплинарный характер проводимых в ее рамках исследований. На первое место она ставит общность процессов эволюции и самоорганизации, имеющих место в физических, химических, биологических, социальных и иных системах. Указание же на специфику, несхожесть этих систем рассматривается скорее в качестве уточняющей, корректирующей поправки, выносится за скобки. При этом задача синергетики — не просто уловить внешние аналогии, а установить внутренние изоморфизмы поведения таких систем. Синергетика равным образом предполагает как восхождение от конкретных экспериментальных данных к теоретическим и междисциплинарным обобщениям, так и обратный процесс — прикладное использование теоретических представлений и разработанных моделей в различных дисциплинах и сферах практической деятельности.

Соответственно в синергетике можно выделить два направления — синергетику теоретическую и прикладную, хотя такое членение весьма условно. Ученые, работающие над какими-либо конкретными задачами в своей области, часто предлагают синергетическому сообществу свежие идеи и гипотезы общего порядка, родившиеся в ходе решения таких задач.

А предложенные идеи и гипотезы часто дают неожиданный импульс для исследований в совершенно иной дисциплинарной области, в результате чего в научном сообществе происходит постоянный конструктивный обмен идеями.

Сила и эффективность синергетики — в постоянной взаимной подпитке дисциплин, в том, что, выражаясь компьютерным языком, специалист в одной области знаний имеет возможность находиться в режиме прямой связи с базами данных других специальных наук.

В этом заключается существенное преимущество синергетики перед двумя ее предшественниками, с которыми ее часто сравнивают, — кибернетикой, детищем 50-х годов, и так называемым системным подходом (созданием общей теории систем) , получившим развитие в 60-х годах. И кибернетика, и системный подход функционировали следующим образом: они вытягивали, абстрагировали нечто общее из различных конкретных дисциплин и затем работали преимущественно с этой абстрагированной эссенцией. Задающими категориальными схемами были в кибернетике “вход — выход” и “сигнал — отклик” , а в системном подходе “элемент — система” , “обратная связь — гомеостазис” . Ученые получали тюбик такой эссенции и добавляли ее в котел своей дисциплины, считая, что тем самым применяют кибернетические идеи или реализуют системный подход. Не было прямой стыковки, непосредственного взаимодействия дисциплин, давших материал для получения абстрагированной вытяжки — того, что как раз является животворным для синергетического сообщества.

Здесь физик охотно читает книгу нейрофизиолога о странных аттракторах в деятельности мозга, метеоролог находит много интересного в работах по гидродинамике и даже галактической астрономии (что неудивительно, поскольку и тут и там речь идет о вихревых формообразованиях и тонкой структуре хаоса в турбулентных течениях) , психиатр черпает ценные подсказки по лечению своих пациентов, изучая сценарии эволюции детерминированного хаоса, и все они прекрасно общаются на универсальном языке “аттракторов” , “флуктуаций” и “бифуркаций” .

Одной из связующих точек в создании международного синергетического сообщества стал Институт теоретической физики и синергетики при Университете Штутгарта, основанный и долгие годы бессменно возглавлявшийся Германом Хакеном. В 1997 году Хакен отметил свой семидесятилетний юбилей и ушел с должности директора, возглавив Центр синергетики в этом институте. Объединение ученых вокруг института способствовало налаживанию регулярных личных контактов и широкому распространению идей синергетики в научном мире.

Наглядным воплощением авторитета и высокой продуктивности синергетики стала серия индивидуальных и коллективных монографий под общим названием “Синергетика” , выпускаемая ведущим немецким научным издательством “Springer” в тесном сотрудничестве с Институтом Хакена. С середины 70-х годов вышло уже более 70 томов. Перечисление специальных научных областей, представители которых печатались в серии, вышло бы, наверное, за пределы двух десятков.

Вместе с тем и тридцать лет спустя “синергетики” так и не стали называть себя “синергетиками” . Физик скромно скажет: “Я использую синергетические модели” , как скажет и увлеченный синергетикой химик, биолог или географ-урбанист.

Трудно найти подходящее место для синергетики в научной табели о рангах. Что это: теория? парадигма? дисциплина? наука? Все эти слова кажутся не очень подходящими. Правильно было бы назвать синергетику научным направлением, а еще точнее — научным движением, по аналогии с движением политическим. Здесь нет ни строгого членства, ни четкой организационной иерархии, ни институционального отнесения к одной из научных рубрик, созданных для удобства университетского преподавания и продвижения по диссертационным ступеням. Есть деятельное устремление ученых-единомышленников, состоящее в том, чтобы познать — каждому с данного ему в силу его научной специализации угла зрения — один из удивительных феноменов бытия: феномен самоорганизации.

**Открытость. Нелинейность. Аттракторы**

Итак, мы имеем систему, открытую для протока энергии или иного достаточно интенсивного воздействия извне. Система понимается как сложная, то есть содержащая очень большое, иногда с трудом исчислимое множество элементов — атомов в кристалле лазера, молекул в химическом растворе, людей в обществе, нейронов в мозге, находящихся в сложном взаимодействии друг с другом, — и поэтому процессы в системе строятся как массовые кооперативные процессы.

Вместе с тем сложность или простота системы — понятия относительные. Прибегать к ним как к определяющим показателям кажется нам не очень продуктивным. Синергетика способна рассматривать всякую систему одновременно и на макроуровне — как целостность, описываемую достаточно просто немногими параметрами порядка, и на микроуровне — как сложное взаимодействие множества элементов. Например, пламя, будучи видимым выражением структуры горения, может изображаться и как самостоятельное образование, как собственно пламя, с его формой, цветом, температурой, иными объективными показателями, и как сочетание, взаимодействие множества не до конца сгоревших частиц, которые и образуют видимый язычок. Наконец, пламя может быть разобрано и на более мелкие составляющие и представлено в виде турбулентного потока разогретых, быстродвижущихся молекул.

На разных уровнях можно описать и какое-либо психологическое явление, скажем, пережитое человеком глубокое потрясение. На одном уровне, описываемом собственно психологической наукой, оно будет выглядеть как перегруппировка, переконстелляция элементов духовного мира человека — небольшого множества описываемых в психологических и моральных терминах показателей (“У меня заново открылись глаза” , “Я стал другим человеком” ) . Но тот же личностный сдвиг может быть представлен на уровне перестройки нейронных сетей, обеспечивающих течение психологических процессов. А тут мы снова, как и в случае с пламенем, имеем дело уже с практически необозримым множеством.

То же самое может быть сказано и о соотношении понятий “хаос” и “порядок” , которым в синергетике иногда неправомерно придается сущностный, самодостаточный смысл. Нет абсолютного хаоса и абсолютного порядка. Корректнее было бы говорить, что возрастает мера упорядоченности (или хаотичности) по какому-либо показателю за счет или в противоположность снижению меры упорядоченности (или хаотичности) по иному показателю.

Сам хаос имеет тонкую, иногда невидимую для внешнего наблюдателя структуру, например, в турбулентном течении. А порядок — это организованный хаос.

Открытость — необходимое, но не достаточное условие для самоорганизации системы. Система должна быть еще и нелинейной.

С математической точки зрения нелинейность означает особый тип математических уравнений, описывающих не плавный, а существенно неравномерный рост функции и имеющих несколько качественно различных решений. Отсюда ясен и физический смысл нелинейности: определенному набору решений нелинейного уравнения соответствует множество путей эволюции системы, описываемой этим уравнением, а переход в то или иное относительно устойчивое состояние системы или русло эволюции происходит скачкообразно, соответственно особым точкам графической кривой.

Для тех, кто любит образные разъяснения, можно предложить такое: вы берете свисток или дудку и начинаете туда дуть, сначала слабо, потом все сильнее и сильнее (открытость системы и проток энергии) . В какой-то момент при усилении потока воздуха неясное шипение вдруг скачком (нелинейность) переходит в свист — который, в сущности, представляет собой резонансную звуковую волну единого тона, то есть упорядоченную волновую структуру. Но если вы переусердствуете и станете дуть изо всей имеющейся у вас мочи, то радующий душу чистый звук перейдет в прерывистый хрип со слюнями на выходе (незнание синергетики) . Вернемся к сравнению синергетики с кибернетикой. Кибернетика и различные варианты теории систем исследовали главным образом процессы гомеостаза, поддержания равновесия в технических, биологических и социальных системах. Кибернетика пыталась свести сложные нелинейные эволюционные процессы к линейным, по крайней мере, на определенных стадиях, где это возможно. Она рассматривала только те случаи, когда нелинейная система могла исследоваться, как если бы это была линейная система с медленно изменяющимися параметрами. Кибернетика разрабатывала алгоритмы и методы внешнего контроля над системами. Синергетика же изучает процессы самоорганизации систем, их своего рода самоконтролирование, основу для чего создают нелинейные свойства систем.

Итак, если нелинейная система открыта и ее внутренние флуктуации или внешние воздействия превысят некое пороговое значение, то она может скачком перейти в новое макроскопическое состояние. Но что это за состояние? И какие состояния вообще возможны?

Мы подходим здесь к одному из центральных тезисов синергетики. Это — дискретность возможных состояний, в которые может переходить система в процессе эволюции, а также заданность, ограниченность их числа. Иначе говоря, спектр возможных структур-аттракторов эволюции, то есть структур, на которые выходят эволюционные процессы в этой системе, не является сплошным. В процессе эволюции система может перейти или в то, или в это состояние, но не во что-то среднее между ними. Только определенный набор эволюционных путей разрешен, ибо только этот набор соответствует внутренним свойствам рассматриваемой системы. В принципе, по крайней мере, в задачах математической физики, которые связаны, например, с выявлением относительно устойчивых структур самоорганизации плазмы, этот набор математически вычисляем.

Проиллюстрировать представление о дискретности и ограниченности набора потенциальных состояний можно многими примерами. В физической и химической областях мы сталкиваемся с основополагающими феноменами — дискретностью энергетических уровней в атоме, соответствующих заданным орбитам электронов, и качественной определенностью химических элементов, представляющих собой набор возможных в природе типов атомов.

Дискретность проявляется и в движениях живых существ. Давным-давно человек заметил, что лошадям свойственны определенные аллюры: шаг, рысь, иноходь, галоп. В каждом аллюре движение членов лошади согласовано строго определенным образом, причем переход от одного типа движения к другому совершается скачком. Бесчисленные лошадиные поколения на Земле воспроизводят один и тот же набор аллюров. Можно наблюдать характерные положения хобота слона, хвоста кошки и собаки, соответствующие вполне определенным эмоциональным состояниям или реакциям животных. Они не меняются от особи к особи и не имеют промежуточных, полувыраженных ступеней.

Обратимся теперь к понятию аттрактора. Под аттрактором понимается состояние системы, к которому она эволюционирует. Наличие спектра потенциально возможных устойчивых структур-аттракторов системы есть просто иное, переформулированное отображение идеи дискретности. Набор аттракторов можно образно представить как набор лунок на поле настольной игры, в одну из которых обязательно скатится пущенный пружиной металлический шарик.

На графике аттрактор выглядит как схождение траекторий к одной точке или замкнутой петле, в пределах которой регулярно колеблется состояние системы. Точка схождения не зависит от того, из какого места графика тянется траектория, то есть от начальных условий движения. В синергетике говорят о конусе притяжения аттрактора, который как бы затягивает в себя множество возможных траекторий системы, определяемых разными начальными условиями. Воронка притяжения стягивает разрозненные исходные линии траекторий в общий, все более узкий пучок.

Парадоксальность действия аттрактора заключается в том, что он осуществляет как бы детерминацию будущим, точнее, предстоящим состоянием системы. Состояние еще не достигнуто, его не существует, но оно каким-то загадочным образом протягивает щупальца из будущего в настоящее. Здесь и встает философская проблема возможности целеполагания в неорганической природе. Можно ли аттрактор рассматривать как своего рода цель движения системы? В синергетике отвечают: в онтологическом смысле — вряд ли. Но в методологическом смысле взгляд на аттрактор по аналогии с целью, как если бы это была избранная системой цель, часто оказывается действенным.

Не надо думать, что “траектории” , “воронки притяжения” , “аттракторы” — это что-то очень далекое от обычной жизни. “Коготок увяз — всей птичке пропасть” , — народ давным-давно сформулировал идею, которую синергетика облекает в строгие математизированные одежды.

А вот как осмысливал события своей жизни А. И. Герцен. “Всякий человек, много испытавший, — писал он, — припомнит себе дни, часы, ряд едва заметных точек, с которых начинается перелом, с которых тянет ветер с другой стороны; эти знамения или предостережения вовсе не случайны, они — последствия, начальные воплощения готового вступить в жизнь обличения, тайно бродящего и уже существующего” [7]. Читателя, впервые знакомящегося с мировоззренческим и методологическим содержанием синергетики, может преследовать смутное чувство, что он где-то об этом уже слышал. И потом до него доходит: да ведь это же диалектический материализм! Взять хотя бы одну из ключевых синергетических идей — плавное количественное нарастание по какому-либо ведущему параметру и внезапный (хотя и, в принципе, математически описываемый) переход системы в качественно новое состояние. Возможно, для западного ученого, чье мировоззрение формировалось, скажем, в духе кантианства, логического позитивизма или критического рационализма К. Поппера, здесь содержатся элементы откровения, что отчасти объясняет репутацию синергетики как пионерской дисциплины. Но советскому читателю, которого со школы воспитывали в духе марксизма-ленинизма, памятен закон перехода количественных изменений в качественные: им в марксизме объясняется и возникновение жизни на определенной стадии развития материи, и возникновение сознания, и возникновение человеческого общества, и смена одной общественно-экономической формации другой.

Вместе с тем имеются существенные различия между синергетикой и диалектическим материализмом. В частности, марксизм предлагает безальтернативную картину развития общества. Капиталистическая стадия с необходимостью сменяет феодальную стадию, и с такой же необходимостью на смену капитализму должен прийти коммунизм. Синергетике же чужда идея предзаданности исторического хода развития. Она утверждает, что, хотя набор возможных эволюционных путей ограничен, из них в силу воздействия случайных факторов может быть выбран тот или иной.