

## Синергетика и принципы коэволюции сложных систем

### Synergetics and principles of coevolution of complex structures

*Е.Н.Князева, С.П.Курдюмов*

#### **Abstract**

Synergetics is considered here as a new movement in modern science signifying a process of becoming of a new outlook of a human on the world as well as on himself in the world. Synergetics is a new dialogue of a human with nature, a new synthesis of human knowledge and wisdom. Synergetics is a new approach to cognition of evolutionary crises, instabilities and chaos, to mastering the methods of nonlinear management of complex systems being in the states of instability.

The hope of finding a new outlook on the world, new methods of cognition and prediction of course of historical processes, is connected with synergetics. Synergetics can provide a new methodology of understanding of evolutionary paths of complex social and human systems, the causes of evolutionary crises, the threats of catastrophes, the reliability of forecasts and principal limits of predictability in ecology, sociology, economy, geopolitics. Synergetics gives us knowledge of constructive principles of coevolution of complex social systems, coevolution of countries and regions being at different stages of development. That's why synergetics can become a foundation for making justified decisions and predictions under conditions of uncertainty, stochastic shocks, periodic reorganization of geopolitical structures.

From synergetic position some general views of principles of nature and humankind coevolution as well as of laws of coevolution, common life, unification of sovereign states and geopolitical regions into world community, unification of the East and the West, the North and the South, can be developed. One can hope for establishing new principles to unify human personalities and cultural historical communities, to organize a space of communication, dialogue between people, bearers of different styles of thinking, cultural traditions and life values.

The methodology of nonlinear synthesis based on scientific principles of evolution and coevolution of complex structures of the world can be used as a foundation for modern world future studies, for projecting various paths of humankind into future. Thanks to synergetics we are finding a philosophy of hope.

В условиях современного мира, информационной революции и компьютеризации, успехов математического моделирования сложных

социоприродных процессов и вычислительного (на компьютерах) эксперимента неправомерно пользоваться старыми методами и моделями. Старые методы основаны на образцах линейного мышления и линейных приближениях, на экстраполяциях от наличного. Они часто связаны с чрезмерным усложнением модели, стремлением принять во внимание и включить в нее как можно большее число параметров. Прежние методологические подходы к моделированию сложных социальных процессов не учитывают, или по крайней мере, недооценивают, неоднозначность будущего, факторы детерминации эволюционных процессов из будущего, конструктивность хаотического начала в эволюции, роль быстрых процессов в развитии сложного и многое другое.

Синергетика является теорией эволюции и самоорганизации сложных систем мира. Выступая в качестве современной (постдарвиновской) парадигмы эволюции, синергетика, конечно, не может сказать, что конкретно происходит или будет происходить в мире. Неправомерно давать конкретные рекомендации, и тем более обещания, на основании синергетической методологии. Тем не менее синергетика может дать общие ориентиры для научного поиска, для прогнозирования и моделирования процессов в сложных социальных системах.

Синергетика может сказать, чего в принципе не может быть, т.е. сформулировать некие эволюционные правила запрета. Научный подход есть, по сути дела, всегда некое сужение направлений поиска. Знание ограничений, того, что в принципе не реализуемо, - это само по себе уже достаточно важное знание. Наиболее фундаментальные законы в науке формулируются именно как правила запрета (например, физические законы сохранения).

Разработка синергетической методологии философами и ее использование учеными-экономистами, политологами, психологами, социологами и т.д., специалистами математиками (а такой потенциал, равно как и опыт многолетнего сотрудничества ученых, специализирующихся в разных областях научного знания, у нас имеется) может позволить смоделировать в принципе спектр возможностей социального развития, определить сценарии будущего развития России, СНГ, более крупных геополитических образований и систем мира.

Современное состояние развития синергетического знания позволяет вести обоснованный поиск и находить конструктивные принципы коэволюции сложных систем мира. В частности поэтому она может стать основой построения моделей устойчивого развития стран и регионов в современном нестабильном мире.

Синергетика как теория нестационарных, эволюционирующих структур имеет под собой сегодня солидную основу в виде результатов нелинейного анализа, математического моделирования и вычислительного эксперимента. В настоящее время эта теория интенсивно развивается в ряде стран различными научными школами (И.Пригожин, Г.Хакен, Э.Ласло, М.Эйген, Ф.Варела и др.).

Синергетика радикально изменяет наше видение мира, разрушает прежние интеллектуальные табу и стереотипы мышления (страх перед сложным, негативное отношение к нестабильности и хаосу, экспоненциальность роста научной информации и народонаселения Земли и т.п.).

Сегодня становится очевидным, что необходим новый процессуально ориентированный язык для прочитывания и просчитывания будущего развития. Это - язык, высвободившийся из плена прежних противостоящих терминов "социализм" - "капитализм".

Это - язык становящихся структур, структур=процессов, структур развивающихся, соединяющихся и распадающихся. Это не просто узкопрофессиональный язык нелинейных математических моделей. Он включает в себя весь арсенал человеческого общения. Мировоззренческие следствия синергетического знания могут быть сформулированы без употребления математического инструментария и языка программирования. Словарь обычного языка достаточен для формулирования нового синергетического знания как know how, как нового способа мышления и постановки исследовательских задач.

Новая, базированная на синергетике, методология познания и прогнозирования развития сложных систем изложена в нашей книге.

Кратко сформулируем новые, предлагаемые синергетикой методологические подходы к моделированию развития сложных социальных систем.

**Свертывание сложного.** Неправомерно чрезмерно усложнять модели, вводить большое число параметров развития. Синергетика позволяет снять некие психологические барьеры, страх перед сложными системами. Сверхсложная, бесконечномерная, хаотизированная на уровне элементов среда может описываться, как и всякая открытая нелинейная среда, небольшим числом фундаментальных идей и образов, а затем, возможно, и математических уравнений, определяющих общие тенденции развертывания процессов в ней. Можно попытаться определить так называемые параметры порядка мирового развития.

Кроме того, структуры, которые возникают в процессах эволюции, так называемые структуры-аттракторы, описываются достаточно просто. Структуры-аттракторы эволюции, ее направленности или цели относительно просты по сравнению со сложным (запутанным, хаотическим, неустоявшимся) ходом промежуточных процессов в среде. Асимптотика колоссально упрощается. На основании этого появляется возможность прогнозирования исходя: 1) "из целей" процессов (структур-аттракторов), 2) "от целого", исходя из общих тенденций развертывания процессов в целостных системах (средах), и тем самым 3) из идеала, желаемого человеком и согласованного с собственными тенденциями развития процессов в средах.

**Сверхбыстрое развитие процессов в социальных системах.** Не следует ожидать плавного и устойчивого пути развития. Благодаря росту

народонаселения Земли в режиме с обострением возрастает общая и локальная неустойчивость развития.

Проблема эволюционных кризисов носит общечеловеческий характер. Эволюционные кризисы и нестабильность угрожают не только России, но и всему миру. Перед лицом глобальных опасностей (падение астероидов, экологическая катастрофа, разгул терроризма, ядерный катаклизм) мир превращается в единое взаимосвязанное целое.

Эволюционные кризисы в определенной мере неизбежны. Ибо режимы с обострением (режимы сверхбыстрого развития, когда определенные характерные величины возрастают неограниченно за конечное время) ведут к нестабильности, к неустойчивости и угрозе вероятностного распада сложной структуры вблизи момента обострения.

Фундаментальный факт роста народонаселения мира с обострением, который исследован в работах С.П.Капицы (см. об этом, например: Капица С.П. Математическая модель роста народонаселения мира // Математическое моделирование. М., 1992. Т.4. N 6. С.65-79), во многом определяет характер современной стадии цивилизационного развития: ускорение мировых процессов, возрастающую нестабильность, множество возможных, угрожающих миру катастрофических ситуаций. Темпы роста народонаселения на Западе и на Востоке, в экономически развитых странах и странах развивающихся существенно различны. Чудовищный темп роста населения на Востоке, в азиатском и африканском мире - это сама по себе важнейшая проблема человечества, которая может менять геополитические оценки.

В соответствии с нашей моделью формирования структур в результате конкуренции двух факторов (наращивания неоднородностей в сплошной среде и их рассеивания), можно предположить, что рост экономического и культурного уровня, увеличение связей, контактов, обменов между людьми как аналог диссипативного фактора на социальной среде в некотором смысле приводит к торможению демографических процессов, подавляет рост народонаселения.

**Поле путей развития.** В основе синергетической методологии лежит представление о спектре путей эволюции сложных систем, поле путей развития. Это означает неоднозначность будущего, существование моментов неустойчивости, связанных с выбором путей дальнейшего развития, а особую роль человека в нелинейных ситуациях разветвления путей и выбора желаемого, благоприятного пути развития.

Важно понять, что социальные системы, как и любые сложные системы, имеют не один, единственный, а несколько альтернативных путей эволюции. Путь эволюции много, и они определяются спектрами структур-аттракторов социальных сред как сред открытых и нелинейных. Причем изменения социальных сред приводят к перестройке спектров структур-аттракторов, к изменению спектров возможных путей в будущее.

Необходимо ясно осознавать наличие различных тенденций эволюции, неоднозначность прохода в будущее. Будущие состояния сложных

социальных систем не просто открыты и непредсказуемы, существуют спектры возможных форм будущей организации, поле возможных путей в будущее. Хотя путей эволюции может быть очень много, но их количество не бесконечно. Спектр структур-аттракторов не является сплошным. Не все, что угодно, не все, что входит в намерения субъекта реформаторской деятельности, реализуемо на данной социальной среде (в данной социальной системе).

Будущие формы социальной организации открыты в виде веера predetermined возможностей. Проходы в будущее неоднозначны, но они узки. Существуют определенные "коридоры" эволюции. Отсюда встает задача управляемой открытости общественного развития, оберегаемого и самоподдерживающегося развития. Встает задача выбора гармоничного пути в будущее.

**Проблемы коэволюции.** Поскольку природа и человечество, а также разные цивилизационные и геополитические образования развиваются разными путями, постольку встает проблема совместного развития, проблема коэволюции. При этом неправомерно навязывать свое видение мира и путей его эволюции носителям других мировоззрений и цивилизационных ценностей. Путь "спасения мира" не может состоять в подавлении иных мировоззрений и образов жизни.

В соответствии с общими закономерностями самоорганизации сложноорганизованным социоприродным системам нельзя навязывать пути их развития. Скорее, необходимо понять, как способствовать их собственным тенденциям, как выводить системы на эти пути.

Скажем, необходимо ориентироваться на собственные, естественные тенденции развития природы и научиться попадать в резонанс с ними, а не насилловать природу, продолжая огульное и бездумное внешнее вмешательство в нее. В общем-то эта установка совпадает с тем, что подразумевается под восточным образом жизни, мышления и деятельности человека. Для Востока всегда были характерны "следование естественности", "ненасилие над природой вещей".

**Детерминация процессов эволюции из будущего.** Развитие определяется не столько прошлым, историей, традициями системы, сколько будущим, структурами-аттракторами эволюции. Можно смоделировать спектры структур-аттракторов, спектры "целей" саморазвития социальных систем.

Задача аккуратного получения спектров структур открытых нелинейных сред решена пока только в частных случаях. Поэтому здесь открывается огромное поле поиска. Синергетикой может быть инициирована постановка перед соответствующими учеными-специалистами сложных исследовательских задач, таких, например, как определение спектров экономических и геополитических структур.

**Роль хаоса в эволюции.** Первоначальная хаотическая основа, запускание рыночных механизмов не является гарантом выхода на структуры самоорганизации социальной среды. Путь хаоса, термодинамическая ветвь

остаётся как один из возможных путей эволюции и в открытых нелинейных средах. Экономический и культурный рынок не является панацеей от всех наших бед.

Вместе с тем необходимо осознавать конструктивную роль хаоса в эволюции. Аналогом хаоса в социальной области является рынок, рынок в обобщенном смысле, не только рынок продуктов материального труда, но и рынок услуг, рынок идей, обмена научной информацией. Такой обобщенный рынок является саморегулятором социальных процессов. Он является генератором новой информации, социальных и культурных инноваций.

Хаотическая, рассеивающая, диссипативная основа является показателем связи элементов социальной структуры. Диссипативные, диффузионные, рассеивающие факторы являются средством связи, установления когерентности поведения элементов или подсистем мира. Слишком слабая связь элементов внутри структуры может привести к распаду этой структуры.

**Путь ускорения эволюции.** Хотя яркие образы синергетики - образы самоорганизации и самодостраивания структур, бифуркационных, катастрофических изменений и т.п. - используются сейчас многими, но пока в большинстве случаев нет ясного понимания смысловой насыщенности представлений о самоорганизации. Нет осознания всей суровости механизмов самоорганизации и самодостраивания как удаления лишнего, повсеместной беспощадной конкуренции и выживания сильнейших, в результате чего и совершается выход на относительно устойчивые и простые структуры-аттракторы эволюции.

Синергетика открывает принципы управления, экономии и ускорения эволюции. Один из важнейших выводов синергетики состоит в том, что механизмы слепого жесткого отбора, механизмы чисто рыночного типа не являются единственно возможными в эволюции

сложных систем. Мы не должны забывать о том, что живая природа научилась многократно сокращать время выхода на нужные структуры посредством матричного дублирования - ДНК. Подобный механизм для открытых нелинейных систем называется резонансным возбуждением.

В принципе есть возможность строить формы социальной организации не методом слепого отбора, многократных проб и ошибок. Не обязательно следовать постепенному и долгосрочному пути становления и развития общества рыночного типа. Иначе мы сейчас, в конце XX века, начнем повторять всю эволюцию капиталистического общества, которая протекала 400-500 лет. У нас нет этих 500 лет.

Необходимо ясно осознать, что существует путь многократного сокращения временных затрат и материальных усилий, путь резонансного возбуждения желаемых и - что не менее важно - реализуемых на данной социальной среде структур. Возможен также путь направленного морфогенеза - спонтанного нарастания сложности в открытых нелинейных социальных

средах. Последний представляет собой некий аналог биологических процессов морфогенеза и "штамповки" типа редупликации ДНК.

В настоящий бифуркационный период у нас нет времени на медленный многовековой путь к развитому рыночному обществу. Мы вынуждены сокращать постепенный и зигзагообразный эволюционный путь. Колоссально сокращать время перехода, разруху, духовные и материальные лишения этого периода. Нам необходимо миновать драматизм извилистого пути "выживания сильнейших". А для этого было бы желательно найти подходы к определению спектров структур- аттракторов сложных социальных сред и научиться резонансно возбуждать структуры, близкие к аттракторам эволюции.

**Законы объединения сложных структур.** Всем очевидна необходимость объединения различных культурно-исторических и геополитических образований. Процесс такого объединения реально протекает с огромными потерями, историческими отклонениями и задержками, хотя он и составляет общую цивилизационную тенденцию. Оказывается существуют законы совместной жизни, коэволюции, конвергенции разнородных элементов мира с сохранением культурно-исторических особенностей, темпа развития, качества жизни и т.п.

Синергетика позволяет выявить такого рода законы коэволюции сложных "разновозрастных", развивающихся в разном темпе структур, а также "включения" простой структуры в более сложную. Знание этих законов позволяет понять способы объединения стран, регионов, геополитических целостностей, развивающихся в разном темпе, находящихся на разных стадиях развития.

Не какие угодно структуры и не как угодно, не при любой степени связи и не на каких угодно стадиях развития, могут быть объединены в сложную структуру. Существует органиченный набор способов объединения, способов построения сложного эволюционного целого.

Чтобы возникла единая сложная структура, должна быть определенная степень перекрытия входящих в нее более простых структур. Должна быть соблюдена определенная топология, "архитектура" перекрытия. Должно быть определенное "чувство меры".

Фактором объединения простого в сложное является некий аналог хаоса, флуктуаций, диссипации, рынок в обобщенном смысле этого слова. Хаос (т.е. обменные процессы разного рода), таким образом, играет конструктивную роль не только в процессах выбора пути эволюции, но и в процессах построения сложного эволюционного целого. Фигурально выражаясь, хаос выступает в качестве "клея", который связывает части в единое целое.

Основной принцип соединения частей в целое можно сформулировать таким образом: синтез простых эволюционирующих структур в одну сложную структуру происходит посредством установления общего темпа их эволюции. Причем интенсивность процессов в различных фрагментах сложной структуры (скажем, для социальной среды - уровень

экономического развития, качество жизни, информационное обеспечение и т.д. в различных странах) может быть разной. Факт объединения означает, что в разных фрагментах сложной

структуры устанавливается одинаковый темп развития социальных процессов. Структуры попадают в один темпомир, начинают развиваться с равной скоростью.

При создании топологически правильной организации из более простых структур (при определенной степени взаимодействия структур и при определенной симметрии архитектуры создаваемой единой структуры) осуществляется выход на новый, более высокий уровень иерархической организации, т.е. делается шаг в направлении к сверхорганизации. Тем самым ускоряется развитие той структуры, которая интегрируется в сложную.

**Пульсирующий ритм восхождения к единству.** Путь к единению, к интеграции различных частей в целое не является равномерным, постоянным и однонаправленным. Эволюционное восхождение ко все более сложным формам и организациям проходит через ряд циклов распада и интеграции, отпадения от целого и включения в него, торможения хода процессов и их ускорения, подъема.

Из теории самоорганизации следует, что всякие открытые системы с сильной нелинейностью, скорее всего, пульсируют. Они подвергаются естественным колебаниям развития: тенденции дифференциации сменяются интеграцией, разбегание - сближением, ослабление связей - их усилением. По видимому, мир идет к единству не монотонно, а через пульсации, посредством чередования распадов (хотя бы частичных) и более мощных объединений. Это представление резонирует с восточными образами "ритмов жизни" мира, с китайским символом инь-ян.

Синергетика ведет поиск принципов организации мира, принципов объединения структур посредством установления общего темпа развития и циклического переключения режимов возрастания интенсивности процессов и снижения их интенсивности, процессов типа инь-ян.

Циклы обострения интенсивности процессов и падения их интенсивности, распада и объединения частей составляют внутреннюю закономерность нелинейных процессов, они заложены в самой нелинейности процессов. Любые сложные организации вблизи момента максимального, кульминационного развития (момента обострения процессов) демонстрируют внутреннюю неустойчивость к малым возмущениям, подвергаются угрозе распада.

История свидетельствует о том, что мировые империи, максимально разрастаясь и укрепляясь, в конце концов распадались, иногда полностью, бесследно исчезали. И если наблюдается начало распада какой-либо геополитической целостности, на основании синергетики резонно поставить вопрос о том, достаточно ли нелинейность, чтобы повернуть процессы в обратную сторону, переключить их на режим возобновления связей, затухания процессов в центральной части и их активизации на периферии

структуры. Если нелинейность недостаточна, то прежние интенсивные процессы могут просто затухнуть, сойти на нет.

Таким образом, фундаментальный принцип поведения нелинейных систем - это периодическое чередование стадий эволюции и инволюции, развертывания и свертывания, взрыва активности, увеличения интенсивности процессов и их затухания, ослабления, схождения к центру, интеграции и расхождения, дезинтеграции, хотя бы частичного распада. И здесь существуют глубокие аналогии с историческими свидетельствами о гибели цивилизаций и распада империй, с циклами Н.Д.Кондратьева, колебательными режимами Гелбрайта, этногенетическими ритмами Л.Н.Гумилева.

Тенденции интеграции, судя по всему, проявляют себя сегодня для стран Европейского Сообщества, которое включает в себя все новых и новых членов. Заметим, что ЕС разрешает вступление в свой союз не каких угодно стран, не с каким угодно темпом развития и не с какой угодно связью с постоянными членами, чтобы не нарушать устойчивость целого. В настоящее время увеличиваются и связи России и Западом и начинается обсуждаться вопрос о возможности ее вступления в европейские организации. Образование СНГ вместо бывшего СССР и, в особенности, нынешнее укрепление связей между славянскими государствами (Россией, Белоруссией, Украиной) и Казахстаном являются показателями нового объединения.

Каков путь объединения? На основе синергетической "идеологии" переключения противоположных режимов, режимов интеграции и дезинтеграции (дифференцирования частей), можно сказать, что возобновление связей, вероятно, будет происходить на основе прежних прерванных каналов, будет иметь место "растекание по старым следам".

На начальной стадии становления сложной структуры важна топологически правильная ее организация. Объединяясь в сложную, структуры не просто складываются, входят в неизменном, недеформированном виде. Они определенным образом трансформируются, наслаиваются друг на друга, пересекаются, при этом какие-то их части выпадают. Как говорят физики, имеет место перекрытие с дефектом энергии. Это означает, что объединение приводит к экономии, к уменьшению "выжигания среды", к меньшему расходу материальных и человеческих затрат и усилий.

Сама топологически правильная организация структур в единую эволюционирующую структуру приводит к тому, что приближается момент обострения, максимального развития. Целое развивается быстрее составляющих его частей. Выгоднее развиваться вместе, ибо это связано с экономией материальных (в частности, энергетических) и духовных затрат. Причем каждый новый способ топологически правильного объединения структур, возникновение каждого следующего (с большими показателями нелинейности) слоя иерархической организации ускоряет темп развития целого и составляющих его частей.

Применительно к рассматриваемой проблеме можно сделать вывод о том, что объединенный, надлежаще построенный рынок ускоряет развитие

входящих в него суверенных государств. Поэтому путь создания новой федерации в России, а в более общем плане, путь все большей интеграции независимых государств в мировые сообщества, в известной мере предопределен.

**Возможность трансформации поля путей эволюции.** Синергетика говорит о том, что изменить поле путей развития сложной структуры, трансформировать спектр структур-аттракторов можно в том случае, если перестроить саму социальную среду. А перестроить среду значит изменить поведение элементов или подсистем этой среды в каждой локальной области, изменить поведение каждого отдельного человека, каждой семьи, коллектива. Отсюда становятся ясны причины сильного влияния рекламы, массового изменения сознания через телевидение и радио, "промывания" мозгов. Парадоксально, что сложная организация строится на примитивной среде.

**Синергетика как философия надежды.** Сформулированные положения составляют основу нового мировидения, если хотите, - новой идеологии, которую имплицитно синергетика. Такой идеологии, выведенной из знания законов эволюции, самоорганизации и

самоуправления сложных систем, явно не хватает человечеству. Она отвечает потребностям общечеловеческого характера, а не просто естественно возникшим в России чаяниям найти замену утраченным известным идеологическим установкам.

Подведем некоторые итоги.

1. Синергетика может быть использована как основа междисциплинарного синтеза знания, как основа для диалога естественников и гуманитариев, для кросс-дисциплинарной коммуникации, диалога и синтеза науки и искусства, диалога науки и религии, Запада и Востока (западного и восточного миропонимания).

2. Синергетика может обеспечить новую методологию понимания путей эволюции социальных систем, причин эволюционных кризисов, угроз катастроф, надежности прогнозов и принципиальных пределов предсказуемости в экологии, экономике, социологии, геополитике. Синергетика дает нам знание о конструктивных принципах коэволюции сложных социальных систем, коэволюции стран и регионов, находящихся на разных стадиях развития. Поэтому синергетика может стать основой для принятия обоснованных решений и предсказаний в условиях неопределенности, стохастических потрясений, периодической реорганизации геополитических структур.

С позиции синергетики возможно развитие некоего общего взгляда на принципы коэволюции природы и человечества, закономерности коэволюции, совместной жизни, объединения суверенных государств и геополитических регионов в мировое сообщество, объединения Востока и Запада, Севера и Юга. Можно надеяться на установление новых принципов объединения человеческих личностей и культурно-исторических сообществ, организации пространства коммуникации, диалога между людьми,

носителями разных типов мышления, культурных традиций и жизненных ценностей.

Синергетика открывает принципы нелинейного синтеза: 1) наличие различных, но не каких угодно, способов объединения структур в одну сложную структуру, 2) значение правильной топологии, "конфигурации" объединения простого в сложное, 3) объединение структур как разных темпомиров, 4) возможность - при правильной топологии объединения - значительной экономии материальных и духовных затрат и ускорения эволюции целого.

3. Будучи междисциплинарной по своему характеру, синергетика позволяет выработать некоторые новые подходы к обучению и образованию, к эффективному информационному обеспечению различных слоев общества. Речь идет об образовании через обучающие компьютерные программы и дискеты, несущие новое видение мира и новые способы мышления, знание как know how, реализующие синтез результатов естественных и гуманитарных наук. Естественнонаучное образование гуманитаризируется, а гуманитарное становится невозможным без новых естественнонаучных, нелинейных математических методов исследования. Новые информационные технологии становятся необходимыми в образовании.

4. Методология нелинейного синтеза, фундированная на научных принципах эволюции и коэволюции сложных структур мира, может лечь в основу проектирования различных путей человечества в будущее. Благодаря синергетике обретаем мы философию надежды.