# **КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

## ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**РЕФЕРАТ НА ТЕМУ:**

**«УСТОЙЧИВОСТЬ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ. ЗАКОНЫ РАЗВИТИЯ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ. ДЕГРАДАЦИЯ.»**

*ВЫПОЛНИЛ СТУДЕНТ ГР. ИВТ-1-97*

*ШИЛОВ ПАВЕЛ*

### БИШКЕК 2000

Прежде чем перейти к непосредственному рассмотрению само организационных концепций развития, необходимо определиться в таких основных понятиях, как развитие, эволюция, рост, поскольку выработанная философией единая, общепринятая точка зрения на них, к сожалению, в рамках системной теории и методологии нередко игнорируется, что крайне затрудняет возможности оперирования ими.

Общепринятое определение понятия "развитие" звучит следующим образом. Развитие представляется необратимым, направленным, закономерным изменением материи и сознания, их универсальным свойством; в результате развития возникает новое качественное состояние объекта - его состава или структуры. На наш взгляд, в данном определении есть нуждающиеся в существенной корректировке положения. Во-первых, необратимыми являются процессы изменения открытых систем, и, хотя таковых большинство, все же существуют и закрытые системы, в которых происходят обратимые изменения. Во-вторых, в результате развития изменяется не только структура системы, но и ее поведение, функционирование. В системных и даже некоторых синергетических определениях развития указанные недостатки присутствуют, а его достоинства нередко не реализуются.

Все многообразие взглядов на развитие можно представить в виде четырех групп. Первая группа исследователей связывает развитие с реализацией новых целей, целенаправленностью изменений, но это не является необходимым условием, а тем более атрибутом развития. Вторая рассматривает его как процесс адаптации к окружающей среде, что также является лишь его условием - необходимым, но отнюдь не достаточным. Третья группа подменяет развитие его источником - противоречиями системы. Четвертая - отождествляет развитие с одной из его линий - прогрессом, или усложнением систем, либо одной из его форм - эволюцией.

Отсутствие адекватного определения развития в системных концепциях побуждает нас вновь обратиться к общепринятой трактовке, приняв во внимание ее недочеты. На наш взгляд, под развитием следует понимать качественное изменение состава, связей (т.е. структуры и функционирования системы, или, кратко, любое качественное изменение системы.

Количественное изменение состава и взаимосвязей системы выражает понятие "рост" и его темпы (следовательно, рост не следует отождествлять с развитием, что характерно для многих экономистов.

Развитие может идти как по линии прогресса, так и регресса, и выражаться в эволюционной или революционной форме.

Революция в теориях самоорганизации получила название скачка, фазового перехода или катастрофы. Трудно согласиться с распространенной точкой зрения насчет эволюции системы, отождествляемой то с развитием, то с ростом системы, то с ее прогрессом и регрессом, иногда и со всем перечисленным одновременно, либо с изменением, дифференциацией, а в узком смысле - с количественным изменением. Поскольку эволюция является формой развития, а последнее представляет собой качественное изменение, было бы нелогично понимать под эволюцией количественное, постепенное изменение (тем более что количественное изменение отражается понятием "рост", под эволюцией мы будем подразумевать поступательное, медленное, плавное качественное изменение, а под революцией, как это и принято, - скачкообразное, быстрое качественное изменение.

Встает также вопрос о соотношении понятий "организация", "развитие" и базового для синергетики понятия "самоорганизация". Под самоорганизацией понимается процесс установления в системе порядка, происходящий исключительно за счет кооперативного действия и связей ее компонентов и в соответствии с ее предыдущей историей, приводящий к изменению ее пространственной, временной или функциональной структуры. Фактически, самоорганизация представляет собой установление организованности, порядка за счет согласованного взаимодействия компонентов внутри системы при отсутствии упорядочивающих воздействий со стороны среды. Это требует уточнения понятия "организация", введенного ранее, вернее, разделения на организацию как взаимодействие частей целого, обусловленное его строением, которое может быть задано как самой системой, так и внешней средой; организацию как упорядочивающие воздействия среды; а также организацию как объект такого воздействия. В концепциях самоорганизации организация понимается в двух последних смыслах.

Что касается соотношения понятий развития и самоорганизации, то первое следует признать более широким, поскольку оно включает как организующие воздействия среды, так и самоорганизацию; как прогрессивные процессы (которые в основном исследуют концепции самоорганизации, так и регрессивные. Чтобы система была самоорганизующейся и, следовательно, имела возможность прогрессивно развиваться, она должна удовлетворять, по крайней мере, следующим требованиям: система должна быть открытой, т.е. обмениваться со средой веществом, энергией или информацией; процессы, происходящие в ней, должны быть кооперативными (корпоративными, т.е. действия ее компонентов должны быть согласованными друг с другом; система должна быть динамичной; находиться вдали от состояния равновесия. Главную роль здесь играет условие открытости и неравновесности, поскольку, если оно соблюдено, остальные требования выполняются почти автоматически.

Так как движение и развитие равновесных и неравновесных, закрытых и открытых систем подчинено разным закономерностям, их необходимо рассматривать отдельно, первоначально проанализировав состояния равновесия - неравновесия с системно-синергетической точки зрения.

Под равновесием понимается состояние закрытой системы, при котором ее макроскопические параметры остаются неизменными, т.е. сохраняется установившаяся структура, функционирование, параметры ее входов и выходов. И. Пригожин и И. Стенгерс иллюстрируют равновесное состояние на примере племени: если рождаемость и смертность в нем примерно равны, то численность его остается постоянной, что соответствует (в данном аспекте, конечно равновесному состоянию; небольшое превышение рождаемости при обильных источниках ресурсов не оказало бы существенного влияния, т.е. система находилась бы в состоянии, весьма близком к равновесию.

Состояние равновесия может быть устойчивым (стационарным и подвижным. О стационарно равновесном состоянии говорят в том случае, если при изменении параметров системы, возникшем под влиянием внешних или внутренних возмущений, система возвращается в прежнее состояние. Состояние подвижного (неустойчивого равновесия имеет место тогда, когда изменение параметров влечет за собой дальнейшие изменения в том же направлении и усиливается с течением времени. Длительное время в состоянии равновесия могут находиться лишь закрытые системы, не имеющие связей с внешней средой, тогда как для открытых систем равновесие может быть только мигом в процессе непрерывных изменений. Равновесные системы не способны к развитию и самоорганизации, поскольку подавляют отклонения от своего стационарного состояния, тогда как развитие и самоорганизация предполагают качественное его изменение. Особенно это относится к самоорганизации, так как если развитие полностью не исключено при подвижном равновесии, но, по крайней мере, сильно замедлено, то процесс самоорганизации даже и в этом случае невозможен до тех пор, пока система из него не выйдет, ибо он предполагает упорядочивание за счет кооперативного взаимодействия компонентов, а последние в условиях равновесия, в том числе и подвижного, являются инерционной силой, способной лишь на изменение количественных характеристик.

В закрытых системах постепенно возрастает энтропия (хаос, беспорядок, что следует из сформулированного для закрытых систем второго начала термодинамики, которым пользуются теории самоорганизации при описании закрытых систем. Рост энтропии вызывается диссипацией энергии и может быть объяснен логически: поскольку в закрытых системах упорядоченность не увеличивается, то, не получая негэнтропийных воздействий из среды, они постепенно наращивают энтропию. Остановить наращивание энтропии может лишь налаживание каналов взаимодействия с внешней средой. Именно поэтому можно сказать, что абсолютно закрытых (как и абсолютно открытых систем не существует. В не полностью закрытых системах сдерживание энтропии достигается внешними по отношению к системе упорядочивающими воздействиями со стороны среды. Например, в странах, пытающихся осуществить автаркию, в странах с тоталитарным режимом экономическая жизнь подвержена мощному государственному регулированию и контролю, т.е. управляется внешней по отношению к рынку системой.

Неравновесность, цикличность является всеобщей формой организации материи, возникающей под влиянием внешней среды. Неравновесность можно определить как состояние открытой системы, при котором происходит изменение ее макроскопических параметров, т.е. ее состава, структуры и поведения. Для поддержания неравновесности система нуждается в том, чтобы из среды в нее поступал поток отрицательной энтропии по величине, по крайней мере, равный внутреннему производству энтропии, а также, согласно принципу неравновесности, система должна постоянно осуществлять работу, чтобы сохранить условия своего существования. Именно это делает возможным для неравновесной системы повышение своей упорядоченности, организованности, отсутствующих у равновесных систем. Возможно, именно кооперативной "работе" компонентов неравновесные системы обязаны отмеченным в литературе по теории самоорганизации эффектом, заключающимся в том, что они проявляют чрезвычайную чувствительность к внешним воздействиям: слабый сигнал на входе может привести в значительному и нередко неожиданному изменению на выходах, что означает неприменимость к ним жестких причинно-следственных зависимостей, в которых следствие если не тождественно, то пропорционально причине. На этом эффекте основано действие резонансного возбуждения, представляющего собой особую чувствительность системы к воздействиям, согласующимся с ее внутренними свойствами. Вследствие этого малые, но согласованные с внутренним состоянием системы внешние воздействия на нее могут оказаться более эффективными, чем большие (для этого может потребоваться соблюдение некоторых условий, например, чтобы значения параметров системы не выходили за пределы какой-либо области, а появление нового признака или нового элемента у одного компонента системы приводит к появлению их и у других компонентов.

Системы и их компоненты подвержены флуктуациям (колебаниям, изменениям, возмущениям, которые в равновесных, закрытых системах гасятся сами по себе. В открытых системах под воздействием внешней среды внутренние флуктуации могут нарастать до такого предела, когда система не в силах их погасить. Фактически внутренние флуктуации рассматриваются в концепциях самоорганизации как безвредные, и только внешние воздействия оказывают более или менее значимое влияние. В последнее время в это положение вносятся существенные коррективы, касающиеся, в частности, "естественного отбора" флуктуаций: чтобы процессы самоорганизации имели место, необходимо, чтобы одни флуктуации получали подпитку извне и тем самым обладали преимуществом над другими флуктуациями. Тем не менее и в этом случае недооценивается роль в движении системы флуктуаций внутреннего происхождения. Лишь теория катастроф указывает на то, что скачок может быть следствием одних лишь внутренних флуктуаций. Если в материалистической диалектике недооценивалась роль среды, то в концепциях самоорганизации - роль самой системы (и ее подсистем в ее развитии.

В последнее время концепции самоорганизации стали отводить внутренним флуктуациям большую роль, чем прежде. Об этом свидетельствует приводимая ниже типология флуктуаций, согласно которой различаются свободные колебания, вынужденные и автоколебания. К свободным относят колебательные движения, постепенно затухающие в реальной системе (как затухают колебания свободно подвешенного маятника, достигающей, таким образом, состояния равновесия. Вынужденные флуктуации возникают при воздействии на систему совершающей колебания внешней силы (к примеру, человека, подталкивающего маятник, в результате которого система раньше или позже будет флуктуировать с частотой и амплитудой, навязываемыми внешним влиянием. Автоколебания - это незатухающие, самоподдерживающиеся колебания, происходящие в диссипативных (макроскопических открытых, далеких от равновесия системах, т.е. системах, определяющихся параметрами, свойствами и природой самой системы. Вынужденные колебания и автоколебания характерны для открытых систем, а свободные - для закрытых, стремящихся к равновесию.

Влияние на систему как внешних, так и внутренних флуктуаций различных видов (включая резонансные с системой основано на действии двух эффектов: петли положительной обратной связи и кумулятивного эффекта.

Петля положительной обратной связи делает возможным в далеких от равновесия состояниях усиление очень слабых возмущений до гигантских, разрушающих сложившуюся структуру системы, волн, приводящих систему к революционному изменению - резкому качественному скачку. Такой подход может помочь глубже разобраться в природе многих социально-экономических процессов, включая экономическое развитие, экономические циклы, НТР и т.д.

Кумулятивный эффект заключается в том, что незначительная причина вызывает цепь следствий, каждое из которых все более существенно. Нередко он непосредственно связан с петлей положительной обратной связи.

Флуктуации, воздействующие на систему, в зависимости от своей силы могут иметь совершенно разные для нее последствия. Если флуктуации открытой системы недостаточно сильны (особенно это касается флуктуаций управляющего параметра или подсистемы, система ответит на них возникновением сильных тенденций возврата к старому состоянию, структуре или поведению, что раскрывает глубинную причину неудач многих экономических реформ. Если флуктуации очень сильны, система может разрушиться. И, наконец, третья возможность заключается в формировании новой диссипативной структуры (см. ниже и изменении состояния, поведения и/или состава системы.

Любая из описанных возможностей может реализоваться в так называемой точке бифуркации, вызываемой флуктуациями, в которой система испытывает неустойчивость. Точка бифуркации представляет собой переломный, критический момент в развитии системы, в котором она осуществляет выбор пути; иначе говоря, это точка ветвления вариантов развития, точка, в которой происходит катастрофа. Термином "катастрофа" в концепциях самоорганизации называют качественные, скачкообразные, внезапные ("гладкие" изменения, скачки в развитии.

Поведение всех самоорганизующихся систем в точках бифуркации имеет общие закономерности, многие из которых уже раскрыты концепциями самоорганизации. Рассмотрим наиболее важные из них.

1. Точки бифуркации часто провоцируются изменением управляющего параметра или управляющей подсистемы, влекущей систему в новое состояние.

2. Потенциальных траекторий развития системы много и точно предсказать, в какое состояние перейдет система после прохождения точки бифуркации, невозможно, что связано с тем, что влияние среды носит случайный характер (это не исключает детерминизма между точками бифуркации Такое объяснение вряд ли можно признать достаточным: хотя случайность и оказывает влияние на поведение системы в точке бифуркации, есть и другие факторы и эффекты, которые признаны синергетикой и системными исследованиями всеобщими, но в контексте данной проблемы они не учитываются. Речь идет прежде всего о резонансном возбуждении, обратных связях и кумулятивном эффекте. В соответствии с первым система, подталкиваемая флуктуациями, должна выбрать ту ветвь развития, которая согласуется с ее внутренними свойствами и прошлым (концепции самоорганизации нередко недооценивают резонансное возбуждение как фактор развития. Петля положительной обратной связи бусловлена наличием в процессоре системы "катализаторов", т.е. компонентов, само присутствие которых стимулирует определенные процессы в системе, она связывает выбор пути с предыдущим состоянием. Катализаторы и предыдущие состояния системы также притягивают ее к определенной ветви или ветвям развития, как магнит - железо. Отрицательные обратные связи, наоборот, отталкивают соответствующие ветви. Кумулятивный эффект способствует накоплению определенных свойств системы и/или под воздействием внешних флуктуаций "запускает" в системе усиливающийся процесс. Все это дает возможность предсказывать вероятность выбора системой той или иной ветви, поскольку и случайные флуктуации подвержены действию этих эффектов.

Н.Д. Кондратьев полагал, что случайность вообще не может быть поставлена рядом с категорией причинности. Во всяком случае, это касается регулярности событий. Случайными могут быть только некоторые иррегулярные события. Категорию случайности следует отнести скорее к особенностям мышления, чем считать категорией бытия. Поэтому случайными Н.Д. Кондратьев называл такие иррегулярные события, причины которых при данном состоянии научного знания и его средств не могут быть определены. Даже если мы не знаем времени наступления события, это не означает, что его появлению не предшествовала цепь породивших его причин.

3. Выбор ветви может быть также связан с жизненностью и устойчивым типом поведения системы. Согласно принципу устойчивости среди возможных форм развития реализуются лишь устойчивые; неустойчивые если и возникают, то быстро разрушаются.

4.Повышение размерности и сложности системы вызывает увеличение количества состояний, при которых может происходить скачок (катастрофа, и числа возможных путей развития, то есть чем более разнородны элементы системы и сложны ее связи, тем более она неустойчива, что отмечал еще А.А. Богданов. Впоследствии эта закономерность стала известна как "закон Легасова" - чем выше уровень системы, тем более она неустойчива, тем больше расходов требуется на ее поддержание.

5. Чем более неравновесна система, тем из большего числа возможных путей развития она может выбирать в точке бифуркации.

6. Два близких состояния могут породить совершенно различные траектории развития.

7. Одни и те же ветви или типы ветвей могут реализовываться неоднократно. Например, в мире социальных систем есть общества, многократно выбиравшие тоталитарные сценарии.

8. Временная граница катастрофы определяется "принципом максимального промедления": система делает скачок только тогда, когда у нее нет иного выбора.

9. В результате ветвления (бифуркации возникают предельные циклы - периодические траектории в фазовом пространстве, число которых тем больше, чем более структурно неустойчива система.

10. Катастрофа изменяет организованность системы, причем не всегда в сторону ее увеличения.

Таким образом, в процессе движения от одной точки бифуркации к другой происходит развитие системы. В каждой точке бифуркации система выбирает путь развития, траекторию своего движения.

Множества, характеризующие значения параметров системы на альтернативных траекториях, называются аттракторами. В точке бифуркации происходит катастрофа - переход системы от области притяжения одного аттрактора к другому. В качестве аттрактора может выступать и состояние равновесия, и предельный цикл, и странный аттрактор (хаос. Систему притягивает один из аттракторов, и она в точке бифуркации может стать хаотической и разрушиться, перейти в состояние равновесия или выбрать путь формирования новой упорядоченности.

Если система притягивается состоянием равновесия, она становится закрытой и до очередной точки бифуркации живет по законам, свойственным закрытым системам. Если хаос, порожденный точкой бифуркации, затянется, то становится возможным разрушение системы, вследствие чего компоненты системы раньше или позже включаются составными частями в другую систему и притягиваются уже ее аттракторами. Если, наконец, как в третьем случае, система притягивается каким-либо аттрактором открытости, то формируется новая диссипативная структура - новый тип динамического состояния системы, при помощи которого она приспосабливается к изменившимся условиям окружающей среды.

Выбор той или иной ветви производится, помимо указанных выше закономерностей, в соответствии с принципом диссипации, являющимся одним из основных законов развития, заключающимся в следующем: из совокупности допустимых состояний системы реализуется то, которому отвечает минимальное рассеяние энергии, или, что то же самое, минимальный рост (максимальное уменьшение энтропии.

Наступление революционного этапа в развитии системы - скачка - возможно только при достижении параметрами системы под влиянием внутренних и/или внешних флуктуации определенных пороговых (критических или бифуркационных значений. При этом чем сложнее система, тем, как правило, в ней больше бифуркационных значений параметров, т.е. тем шире набор состояний, в которых может возникнуть неустойчивость. Когда значения параметров близки к критическим, система становится особенно чувствительной к флуктуациям: достаточно малых воздействий, чтобы она скачком перешла в новое состояние через область неустойчивости. К сожалению, в синергетических и системных исследованиях не отмечена еще одна немаловажная деталь: для скачка системы в другое состояние определенных значений должны достигнуть параметры не только самой системы, но и среды.

Для совершения системой революционного перехода необходимо, чтобы ее параметры, как и параметры среды, достигли бифуркационных значений и находились в "области достижимости". Это требование, сформулированное синергетикой, подтверждает выводы, сделанные в рамках системных исследований, гласящие, что порождение новой формы в недрах недостаточно зрелой старой, как и зарождение в недрах зрелой формы более высоких, но непосредственно не следующих за ней форм, невозможно.

Происходящие в точке бифуркации процессы самоорганизации - возникновения порядка из хаоса, порождаемого флуктуациями, - заставляют иначе взглянуть на роль, исполняемую хаосом. Энтропия может не только разрушить систему, но и вывести ее на новый уровень самоорганизации, так как за периодом хаотичной неустойчивости следует выбор аттрактора, в результате чего может сформироваться новая диссипативная структура системы, в том числе и более упорядоченная, чем структура, существовавшая до этого периода. Таким образом, при определенных условиях хаос становится источником порядка в системе (также как и порядок в результате его консервации неизбежно становится источником роста энтропии. Только противоположения порядка и хаоса, их периодическая смена и непрестанная борьба друг с другом дают системе возможность развития, в том числе и прогрессивного.

Энтропия может как производиться внутри самой системы, так и поступать в нее извне - из среды. Среда играет большую роль в энтропийно-негэнтропийном обмене, которая заключается в следующем: среда может быть для системы генератором энтропии (флуктуации, приводящие систему в состояние хаоса, могут исходить из среды; среда может выступать также фактором порядка, поскольку те же флуктуации, усиливаясь, подводят систему к порогу самоорганизации; в среду может производиться отток энтропии из системы; в среде могут находиться системы, кооперативный обмен энтропией с которыми позволяет повысить степень упорядоченности, но даже если среда воздействует на систему хаотически, а сила флуктуаций недостаточно велика, для того чтобы вызвать точку бифуркации, система имеет возможность преобразовывать хаос в порядок, совершая для этого определенную работу. Случаи такого преобразования широко известны. Например, после Второй мировой войны американские оккупационные власти проводили в Японии политику, подкрепляемую законодательно, которая должна была навсегда оставить Японию в рядах слаборазвитых стран; тем не менее она явилась одним из факторов, способствовавших японскому "экономическому чуду". Второе "чудо" явила в послевоенный период лежавшая в руинах Германия, тогда как страны-победительницы демонстрировали куда меньшие успехи. То есть среда, обеспечивая приток к системе вещества, энергии и информации, поддерживает ее неравновесное состояние, способствует возникновению неустойчивости, служащей предпосылкой развития системы.

Хаос не только различными способами порождает порядок. Э. Лоренц (1963 доказал, что хаос, наблюдаемый во многих материальных процессах, может быть описан строго математически, т.е. имеет сложный внутренний порядок, поэтому имеет смысл говорить о простоте или сложности упорядоченности структуры или, вследствие неразработанности критериев простоты/сложности систем, о возможности наблюдения и описания порядка, существующего в том, что на первый взгляд кажется хаосом. Здесь же очень многое зависит от позиции, занимаемой наблюдателем или исследователем, а также его логического и технического инструментария.

Суммируем вышеизложенное. В процессе своего развития система проходит две стадии: эволюционную (иначе называемую адаптационной и революционную (скачок, катастрофа. Во время развертывания эволюционного процесса происходит медленное накопление количественных и качественных изменений параметров системы и ее компонентов, в соответствии с которыми в точке бифуркации система выберет один из возможных для нее аттракторов. В результате этого произойдет качественный скачок и система сформирует новую диссипативную структуру, соответствующую выбранному аттрактору, что происходит в процессе адаптации к изменившимся условиям внешней среды. Эволюционный этап развития характеризуется наличием механизмов, которые подавляют сильные флуктуации системы, ее компонентов или среды и возвращают ее в устойчивое состояние, свойственное ей на этом этапе. Постепенно в системе возрастает энтропия, поскольку из-за накопившихся в системе, а также в ее компонентах и внешней среде изменений способность системы к адаптации падает и нарастает неустойчивость. Возникает острое противоречие между старым и новым в системе, а при достижении параметрами системы и среды бифуркационных значений неустойчивость становится максимальной и даже малые флуктуации приводят систему к катастрофе - скачку. На этой фазе развитие приобретает непредсказуемый характер, поскольку оно вызывается не только внутренними флуктуациями, силу и направленность которых можно прогнозировать, проанализировав историю развития и современное состояние системы, но и внешними, что крайне усложняет, а то и делает невозможным прогноз. Иногда вывод о будущем состоянии и поведении системы можно сделать, исходя из "закона маятника" - скачок может способствовать выбору аттрактора, "противоположного" прошлому. После формирования новой диссипативной структуры система снова вступает на путь плавных изменений, и цикл повторяется.

В исследованиях процесса развития имеется целый ряд неверных и недоказанных положений и догм, причем некоторые из них весьма распространены. К таким положениям относятся представления об ускорении темпов развития, о связи развития с увеличением компонентов системы, усложнением и совершенствованием их взаимосвязей, о направленности развития от низшего к высшему. Многие авторы также поддерживают точку зрения об однонаправленности процесса развития, что, в частности, находит выражение в рассуждениях о "спирали развития", независимо от того, рассматривают ее как сходящуюся или расходящуюся. А ведь давно известно, что большинство процессов реального мира нелинейны, тогда как все вышеприведенные положения берут начало в ограничении процесса развития одним лишь прогрессом. Но в действительности развитие реальных систем немонотонно и включает не только прогрессивные аттракторы, но и аттракторы деградации (которые впоследствии могут смениться прогрессом, а могут и привести систему к краху, и аттракторы разрушения.

Деградация системы может произойти в следующих случаях.

1. Общесистемные условия:

- система затягивает процесс перехода: при увеличении числа новых признаков соответствующего изменения поведения системы не происходит, в результате чего энтропия растет, система перестает выполнять свои функции и дезорганизуется;

- система выбирает неконструктивную ветвь или сценарий развития, например становится закрытой;

- резко уменьшается количество компонентов, необходимых для функционирования;

- увеличивается количество "балластных" компонентов.

2. Условия, относящиеся к управляющей подсистеме:

- управляющая подсистема в точке бифуркации пытается перевести систему на ветвь, не соответствующую прошлому и настоящему состоянию системы ("перепрыгивает" через этапы, например;

- система выбирает один сценарий и соответствующую ему диссипативную структуру, а управляющая подсистема "помогает" ей строить другую;

- управляющая подсистема (а не сама система, как в первом случае затягивает точку бифуркации;

- управляющая подсистема после катастрофы не изменяется или изменяется недостаточно и в результате тянет систему на старый, изживший себя аттрактор;

- управляющая подсистема находится не в резонансе с подсистемами, компонентами или системой в целом (например, навязывает системе скачок при отсутствии объективных условий для него;

- для достижения общесистемных целей игнорируется необходимость согласования их с целями подсистем, т.е. делается попытка достичь общесистемного оптимума за счет подсистем;

- управляющая подсистема не выполняет свои функции или гипертрофирует их.

Разрушиться система может, если:

- означенные выше условия деградации выполняются в течение длительного времени, а усилия по коррекции структуры и поведения системы или управляющей подсистемы либо не предпринимаются, либо недостаточны, либо нерезонансны с системой, либо сильно запаздывают;

- система длительное время находится в непосредственной близости от состояния равновесия (в этом случае происходит разрушение структур - это закон теорий самоорганизации;

- из внешней среды на систему воздействуют сильные флуктуации;

- внутренние флуктуации разрушают связи между компонентами;

- вследствие внешних и/или внутренних флуктуаций система лишается элементов, заменить которые невозможно.

В процессе развития, состоящего из циклически повторяющихся стадий эволюции и скачка, система постоянно переходит из устойчивого состояния в неустойчивое и обратно. Структурная и функциональная устойчивость, под которой мы понимаем способность системы сохранять свои параметры в определенной области значений, позволяющей ей сохранять качественную определенность, в том числе и состава, связей и поведения (но не равновесие!, формируется в процессе адаптации системы к изменившимся в результате катастрофы внешним и внутренним условиям и сохраняется в течение большей части эволюционной стадии.

Устойчивости системы способствует повышение универсализма в ее организации, которое является продуктом диверсификации подсистем, восполняющей их ограниченность, неповторимую единичность. Это, конечно, не означает, что подсистемы всецело дублируют строение и функции друг друга, что привело бы к эффекту, обратному желаемому, речь идет лишь о своеобразной подстраховке на случай усиления флуктуаций (насколько она эффективна, вполне можно судить по действию диверсификации на уровне фирм. Другой пример повышения устойчивости системы в эволюционном периоде развития - сохранение определенной специализации подсистем. Например, многие системы (включая социальные, экономические имеют в своем составе оперативные и консервативные подсистемы, из них первые приближаются к среде, улавливая ее флуктуации, вторые - отдаляются от нее, сохраняя качественную определенность системы. Оба условия могут работать на повышение устойчивости совместно и только при том условии, что они не выходят за определенные пределы. В противном случае устойчивость и самой системы, и ее подсистем понижается. Постепенно в действие приводится "принцип хрупкости", согласно которому устойчивость обладает большей хрупкостью, чем неустойчивость, все хорошее более хрупко, чем плохое.

Когда изменения параметров системы под влиянием внешних или внутренних флуктуаций превышают ее адаптационные возможности, наступает состояние неустойчивости - точка бифуркации, переломный для развития системы момент. Неустойчивость нередко возникает в ответ на введение в систему нового компонента. В точке бифуркации неустойчивость усиливается благодаря тому, что всегда присутствующие в системах флуктуации, подавляемые в устойчивом состоянии, в результате нелинейных (автокаталитических, например процессов, выводящих параметры за критические значения, усиливаются и вызывают скачкообразный переход в новое устойчивое состояние с меньшей энтропией, после чего цикл "плавное развитие - скачок", "эволюция - революция", "устойчивость - неустойчивость" повторяется.

Таким образом, и устойчивость, и неустойчивость, и адаптация, и дезадаптация являются в равной мере необходимыми в процессе развития любой системы. Абсолютно неустойчивая система не может противостоять флуктуациям, лишена способности к адаптации и быстро разрушается, тогда как суперустойчивая система, подавляя любые флуктуации, консервирует свою структуру и поведение, не способна измениться качественно, т.е. лишена возможности развития и ее разрушение становится лишь делом времени. Оба типа систем приходят к хаосу, различие между ними заключается во времени, которое проходит до взрывного роста энтропии. Поэтому высказываемую некоторыми исследователями мнение о том, что каждый момент времени можно рассматривать как точку бифуркации системы, вряд ли можно принять, поскольку если бы это в действительности было так, то это означало бы полную утерю подобной системой адаптационных возможностей и собственной качественной определенности, поскольку тогда ее направляли бы сильные внешние флуктуации, вследствие чего система, придя в хаотическое состояние, распалась бы. Более или менее длительное существование подобных систем в реальной действительности маловероятно.

С проблемой устойчивости/неустойчивости в процессе развития тесно связан и вопрос о том, к какому результату он приводит - к конвергенции или дивергенции систем. Большинство затрагивающих данный вопрос исследователей придерживаются однозначного мнения, что в процессе развития происходит дивергенция систем (вспомним расходящуюся спираль развития. Это было бы возможно при соблюдении следующих условий:

- если бы развитие ограничивалось исключительно прогрессом и исключало регресс и возможности разрушения;

- если бы оно было линейным, однонаправленным, а не включало в себя разные аттракторы;

- если бы оно состояло из одних скачков, без эволюционного этапа.

Соблюдение подобных условий в действительности маловероятно и трудно вообразимо. Исходя из нелинейности процесса развития, его поливариантности и циклической смены эволюционного и бифуркационного этапов, нужно признать, что и дивергенция, и конвергенция имеют место. При этом процессы дивергенции преобладают на бифуркационной стадии, а конвергенции - на эволюционной.

Что же является двигателем развития, что заставляет систему изменять свое качество? Выводы концепции самоорганизации по этому вопросу в значительной мере совпадают с выводами диалектики. Правда, первые достаточно редко обращают на него внимание, утверждая, что импульсом и двигателем процесса развития являются противоречия системы, но если диалектика признавала в этом качестве исключительно внутренние противоречия, то синергетика делает акцент на внешние. Истина, возможно, лежит посередине - и внутренние, и внешние противоречия системы со средой могут быть источниками развития как вместе, так и по отдельности.

Наиболее существенным источником процесса развития выступают следующие виды противоречий:

- противоречие между функцией и целью системы; противоречие между потребностями системы в ресурсах и возможностью их удовлетворения;

- противоречия между изменяющимся количеством и прежним качеством (которое приобретает максимальную остроту в районе точки бифуркации;

- противоречие между старым и новым;

- противоречие между стремлением к порядку и хаосом (причем чем дальше зашло их противостояние, тем выше степень организованности системы, и наоборот; это противоречие играет тем более важную роль, что относится к неснимаемым даже частично, в том числе и в точке бифуркации, поскольку упорядоченность новой структуры обусловлена порождением еще большей неупорядоченности ;

- противоречие между стремлением системы к установлению устойчивого состояния и средствами его достижения: последние служат изменению и развитию системы, неизбежно приводят ее в состояние неустойчивости (это происходит следующим образом: система адаптируется к среде и вследствие этого становится более отзывчивой к флуктуациям, усиление флуктуации вызывает неустойчивость, за которой следует скачок;

- противоречие между целями системы и целями ее компонентов;

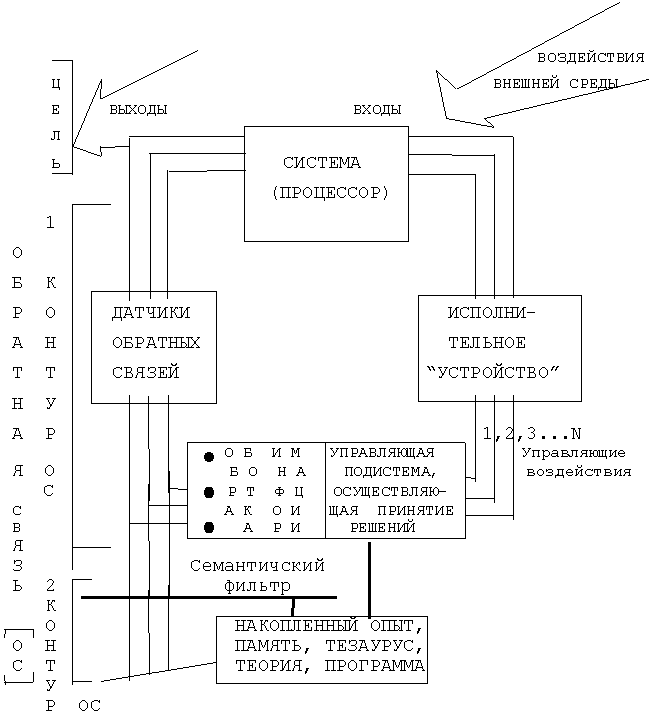
- противоречие между процессами функционирования и развития: хотя для того чтобы развиваться, система должна функционировать и не может функционировать, не развиваясь, в точке бифуркации они вступают в острое противоречие, поскольку интересы развития и само существование системы требует изменения ее качества, а значит, ломки функциональных процессов; а в эволюционный период процессы функционирования сдерживают развитие, сглаживая флуктуации;

- противоречие между функционированием и структурой: в эволюционный период процессы функционирования более пластичны, чем структура системы, но их изменение, производящееся в интересах системы, наталкивается на жесткость неизменной структуры; в момент скачка структура изменяется очень быстро, а функционирование отстает;

- аналогичные приведенным выше противоречия компонентов системы, которые, накапливаясь, отражаются и на макроуровне.

Роль среды в развитии системы будет раскрыта ниже. Большинство противоречий системы в эволюционный период только сглаживаются - внешним энтропийным тенденциям и противоречиям здесь противостоит адаптация, а внутренним - функционирование ("работа" системы.

Этим процессам в системах многих видов, в частности, социальных, помогает, их корректирует управление (см. рис. 7. Свою негэнтропийную роль управление может играть только при наличии адекватных обратных связей. В противном случае управляющая подсистема будет генерировать разрушительные или способствующие деградации системы флуктуации, способствующие ускорению наступления порога самоорганизации. Но и самое идеальное управление в лучшем случае способно лишь смягчить противоречия. Максимально возможное разрешение назревших противоречий происходит в момент катастрофы, затем противоречия постепенно накапливаются, и цикл повторяется. Возможности сглаживания и разрешения противоречий обеспечиваются тремя способами: изменчивостью, наследственностью (воспроизводством и отбором, происходящим в процессе конкуренции.

Рис. 7  


\* Прим.: Схема составлена на основе материалов исследований Р.Ф. Абдеева (см.: Абдеев Р.Ф. Указ. соч. С. 37 (с изменениями.

Свойство изменчивости позволяет системе варьировать на эволюционной стадии ее поведение, а на бифуркационной - структуру. "Наследственность" (воспроизводство, способность будущего зависеть от прошлого вводит процессы изменчивости в определенные границы, обусловленные прошлыми структурой, состоянием и функционированием системы. А отбор способствует не выживанию сильнейших (что, по меткому выражению Н.Н. Моисеева, означало бы, что выживает тот, кто выжил, а тех систем, чьи обусловленные прошлым развитием структура и функционирование ("наследственность" способны измениться в соответствии с новыми условиями (изменчивость и адаптироваться к ним. Таким образом, адаптация не является единственным фактором отбора, и тем более его следствием (как это иногда трактуется, а представляет собой одно из его условий. В точке бифуркации отбор носит тотальный характер - ему подлежат системы, их компоненты от верхнего до низового уровня, структуры, взаимосвязи и взаимоотношения, способы функционирования; а в промежутке между точками бифуркации он происходит в основном на микроуровне, впоследствии приближаясь к мезо- и макроуровням.

Отбор осуществляется в процессе конкуренции, которая обусловливается ограниченностью ресурсов и всегда приводит к нелинейным процессам, что прибавляет веский аргумент в пользу теорий самоорганизации, исследующих нелинейные процессы, и позволяет любую систему, в которой имеют место явления конкуренции, рассматривать с их точки зрения.

Подчеркнем, эти процессы происходят непрерывно, но особенно активизируются вблизи точки бифуркации. В результате отбора уменьшается диссипация (поскольку в определенной мере сглаживаются различия между подсистемами, что способствует некоторому упрощению системы, а так как чем проще система, тем более она устойчива, и к повышению ее устойчивости. Но большая "простота" системы отнюдь не всегда означает ее большее совершенство, что дает еще один аргумент в пользу самоорганизационной теории развития, допускающей не только прогресс, но и деградацию, и разрушение систем.

Смена эволюционного и бифуркационного этапов развития систем, их устойчивости и неустойчивости образует во времени динамические циклы. Каждая система имеет не только циклические процессы, обусловленные ее природой, но и циклы, диктуемые ей средой (например, смена времен года, дня и ночи, лунных фаз и т.д.. Причем "внешние" циклы более стабильны и устойчивы, а циклы внутреннего происхождения могут изменяться под их влиянием в результате синхронизации - свойства систем самой разной природы вырабатывать единый ритм совместного существования, несмотря на подчас крайне слабую взаимосвязь. В результате синхронизации системы начинают двигаться с одинаковыми, кратными или соизмеримыми частотами (скоростями. Можно выделить два основных вида синхронизации. Взаимная (внутренняя синхронизация происходит, когда определенные частотные соотношения устанавливаются в результате взаимодействия "равноправных" систем; а захват - внешняя синхронизация - имеет место тогда, когда одна из систем является настолько мощной, что навязывает свой ритм движения другим автоколебательным системам. Тенденция к установлению синхронизации является универсальной, подавить ее могут только сильные десинхронизирующие факторы. Как десинхронизирующие, так и синхронизирующие факторы действуют практически все время, но приобретают возможность реально и ощутимо повлиять на процесс синхронизации сразу после точки бифуркации, в которой десинхронизируются очень многие процессы, после чего на эволюционной стадии развития тенденции к синхронизации и взаимной адаптации других видов (синхронизацию можно рассматривать как разновидность адаптации постепенно берут верх и усиливаются по мере отдаления от катастрофы.

Процесс синхронизации систем может привести к их когерентности, т.е. к согласованному протеканию во времени характерных для них колебательных или волновых процессов. В настоящее время доказано, что применительно к коллективным состояниям многоэлементных систем понятие одного элемента (частицы во многом потеряло смысл, поскольку когерентность приводит к тому, что складывается такое коллективное состояние, когда элемент находится не на каком-либо одном уровне, а на всех сразу. Это касается, в частности, и элемента такой макросистемы, как экономика, - человека, который присутствует и на других ее уровнях - подсистемах.

Исходя из изложенного выше, можно предположить, что процессы развития предсказуемы (с определенной вероятностью, конечно, причем на обеих его стадиях. Более точному прогнозу поддаются процессы эволюционной стадии, поскольку они, как и структура системы, отличаются устойчивостью, а условия внешней среды известны. С гораздо меньшей точностью можно вычислить сценарий поведения системы в точке бифуркации, поскольку и система, и среда становятся неустойчивыми и детерминизм эволюции сменяется случайностями революции.

Наличие процессов синхронизации в системах позволяет сделать важный вывод, отсутствующий в концепциях самоорганизации: временные границы точек бифуркации (по крайней мере, нижняя граница в силу выраженной когерентности процессов в фазе устойчивого развития предсказуемы. Знание нижней границы точки бифуркации не должно служить поводом к навязыванию самоорганизующейся системе того или иного аттрактора. Навязывание пути развития бесперспективно, так как заведомо обрекает систему на деградацию. Это не означает, что управляющая подсистема самоорганизующейся самоуправляемой системы должна отказаться от какого-либо управляющего воздействия вблизи точки перехода; это требует, чтобы управление находилось в резонансе с системой и происходило в соответствии с ее природой, уровнем развития и прошлым.