## 

**План:**

## Введение 3

1. Синергетика по Хакену 3

2. Начала синергетики 4

3. Отсутствие стандарта терминов 5

4. Междисциплинарность синергетики 7

5. Синергетика относительно динамических систем 9

6. Самоорганизация в синергетике 12

7. Критика синергетики и синергетиков 13

8. Синергетическая концепция самоорганизации 14

## Заключение 17

## Литература 20

## Введение

В последние годы наблюдается стремительный и бурный рост интереса к междисциплинарному направлению, получившему название «синергетика». Издаются солидные монографии, учебники, выходят сотни статей, проводятся национальные и международные конференции. Трудно или даже невозможно назвать область знания, в которой сегодня не проводились бы исследования под рубрикой синергетики. Для публикаций на тему синергетики характерно то, что в них нередко приводятся авторские трактовки принципов синергетики, причем трактовки довольно разнородные и не всегда достаточно аргументированные. Причиной этого является отсутствие достаточной определенности относительно основоположений синергетики и возникающей отсюда необходимости уточнения статуса излагаемого материала.

Цель данной работы – попытаться на доступном уровне раскрыть существо и понятие синергетики, как нового направления современной научной мысли. Данная работа, в сущности, результат совмещения многих источников, результат поиска некоей золотой середины в описании синергетики как перспективного направления современной научной мысли.

## 1. Синергетика по Хакену

Создателем синергетического направления и изобретателем термина "синергетика" является профессор Штутгартского университета и директор Института теоретической физики и синергетики Герман Хакен. Сам термин «синергетика» происходит от греческого «синергена» - содействие, сотрудничество, «вместедействие».

По Хакену, синергетика занимается изучением систем, состоящих из большого (очень большого, «огромного») числа частей, компонент или подсистем, одним словом, деталей, сложным образом взаимодействующих между собой. Слово «синергетика» и означает «совместное действие», подчеркивая согласованность функционирования частей, отражающуюся в поведении системы как целого. Очевидно, что методологии разных областей знания столь различны, что их общность может быть реализована лишь на концептуальном уровне. Подтверждением того, что замысел Г. Хакена был в определенной мере неопределенен и субъективен, являются свидетельства некоторых ученых, в беседах с которыми Г. Хакен говорил, что называние предложенного им научного направления «синергетикой» случайно и непринципиально. Трудно, однако, согласиться с мнением, что название непринципиально, и с полаганием, что синергетику можно было бы с неменьшим успехом назвать Х–наукой. В конечном счете начинание Г. Хакена оказалось плодотворным именно благодаря естественно понимаемой ассоциации синергетики с самоорганизацией.

## 2. Начала синергетики

Ч. Шеррингтон называл синергетическим, или интегративным, согласованное воздействие нервной системы (спинного мозга) при управлении мышечными движениями (согласованное действие сгибательных и разгибательных мышц - протагониста и антигониста).

С. Улам был непосредственным участником одного из первых численных экспериментов на ЭВМ первого поколения (ЭНИВАКе) и понял всю важность и пользу «синергии, т. е. непрерывного сотрудничества между машиной и ее оператором», осуществляемого в современных машинах за счет вывода информации на дисплей.

И. Забуский к середине 60-х годов, реалистически оценивая ограниченные возможности как аналитического, так и численного подхода к решению нелинейных задач, пришел к выводу о необходимости единого синтетического подхода. По его словам, «синергетический подход к нелинейным математическим и физическим задачам можно определить как совместное использование обычного анализа и численной машинной математики для получения решений разумно поставленных вопросов математического и физического содержания системы уравнений».

Все вышеприведенные начала обьеденяет тот факт, что во всех случаях речь идет о согласованности действий.

## 3. Отсутствие стандарта терминов

Синергетика, занимающаяся изучением процессов самоорганизации и возникновения, поддержания, устойчивости и распада структур самой различной природы, еще далека от завершения и единой общепринятой терминологии (в том числе и единого названия всей теории) пока не существует. Ряд авторитетных авторов высказывается о синергетике как о новой научной парадигме. Например в работе говорится: «Предельно краткая характеристика синергетики как новой научной парадигмы включает в себя три основные идеи: нелинейность, открытость, диссипативность». Более общей является следующая трактовка: «Синергетика является теорией эволюции и самоорганизации сложных систем мира, выступая в качестве современной (постдарвиновской) парадигмы эволюции».

Заслуживающим внимания представляется следующее определение:   
«Синергетика — (от греч. synergetikos — совместный, согласованный, действующий), научное направление, изучающее связи между элементами структуры (подсистемами), которые образуются в открытых системах (биологических, физико–химических и других) благодаря интенсивному (потоковому) обмену веществом и энергией с окружающей средой в неравновесных условиях. В таких системах наблюдается согласованное поведение подсистем, в результате чего возрастает степень ее упорядоченности, т. е. уменьшается энтропия (самоорганизация). Основа синергетики — термодинамика неравновесных процессов, теория случайных процессов, теория нелинейных колебаний и волн».

Бурные темпы развития новой области, не оставляют времени на унификацию понятий и приведение в стройную систему всей суммы накопленных фактов. Исследования в новой области ввиду ее специфики ведутся силами и средствами многих современных наук, каждая из которых обладает свойственными ей методами и сложившейся терминологией. Параллелизм и разнобой в терминологии и системах основных понятий в значительной мере обусловлены также различием в подходе и взглядах отдельных научных школ и направлений и в акцентировании ими различных аспектов сложного и многообразного процесса самоорганизации. Отсутствие в синергетике единого общепринятого научного языка глубоко символично для науки, занимающейся явлениями развития и качественного преобразования.

Строгое определение синергетики требует уточнения того, что следует считать большим числом частей и какие взаимодействия подпадают под категорию сложных. Считается, что сейчас строгое определение, даже если бы оно было возможным, оказалось бы явно преждевременным. Поэтому далее (как и в работах самого Хакена и его последователей) речь пойдет лишь об описании того, что включает в себя понятие "синергетика", и её отличительных особенностей.

## 4. Междисциплинарность синергетики

Системы, составляющие предмет изучения синергетики, могут быть самой различной природы и содержательно и специально изучаться различными науками, например, физикой, химией, биологией, математикой, нейрофизиологией, экономикой, социологией, лингвистикой (перечень наук легко можно было бы продолжить). Каждая из наук изучает "свои" системы своими, только ей присущими, методами и формулирует результаты на "своем" языке. При существующей далеко зашедшей дифференциации науки это приводит к тому, что достижения одной науки зачастую становятся недоступными вниманию и тем более пониманию представителей других наук.

В отличие от традиционных областей науки синергетику интересуют общие закономерности эволюции (развития во времени) систем любой природы. Отрешаясь от специфической природы систем, синергетика обретает способность описывать их эволюцию на интернациональном языке, устанавливая своего рода изоморфизм двух явлений, изучаемых специфическими средствами двух различных наук, но имеющих общую модель, или, точнее, приводимых к общей модели. Обнаружение единства модели позволяет синергетике делать достояние одной области науки доступным пониманию представителей совсем другой, быть может, весьма далекой от нее области науки и переносить результаты одной науки на, казалось бы, чужеродную почву.

Следует особо подчеркнуть, что синергетика отнюдь не является одной из пограничных наук типа физической химии или математической биологии, возникающих на стыке двух наук (наука, в чью предметную область происходит вторжение, в названии пограничной науки представлена существительным; наука, чьими средствами производится "вторжение", представлена прилагательным; например, математическая биология занимается изучением традиционных объектов биологии математическими методами). По замыслу своего создателя профессора Хакена, синергетика призвана играть роль своего рода метанауки, подмечающей и изучаюшей общий характер тех закономерностей и зависимостей, которые частные науки считали "своими". Поэтому синергетика возникает не на стыке наук в более или менее широкой или узкой пограничной области, а извлекает представляющие для нее интерес системы из самой сердцевины предметной области частных наук и исследует эти системы, не апеллируя к их природе, своими специфическими средствами, носящими общий ("интернациональный") характер по отношению к частным наукам. Физик, биолог, химик и математик видят свой материал, и каждый из них, применяя методы своей науки, обогащает общий запас идей и методов синергетики.

Как и всякое научное направление, родившееся во второй половине ХХ века, синергетика возникла не на пустом месте. Ее можно рассматривать как преемницу и продолжательницу многих разделов точного естествознания, в первую очередь (но не только) теории колебаний и качественной теории дифференциальных уравнений. Именно теория колебаний с ее "интернациональным языком", а впоследствии и "нелинейным мышлением" (Л.И. Мандельштам) стала для синергетики прототипом науки, занимающейся построением моделей систем различной природы, обслуживающих различные области науки. А качественная теория дифференциальных уравнений, начало которой было положено в трудах Анри Пуанкаре, и выросшая из нее современная общая теория динамических систем вооружила синергетику значительной частью математического аппарата.

## 5. Синергетика относительно динамических систем

Любые объекты окружающего нас мира представляют собой системы, т.е. совокупность составляющих их элементов и связей между ними.

Элементы любой системы, в свою очередь, всегда обладают некоторой самостоятельностью поведения. При любой формулировке научной проблемы всегда присутствуют определенные допущения, которые отодвигают за скобки рассмотрения какие-то несущественные параметры отдельных элементов. Однако этот микроуровень самостоятельности элементов системы существует всегда. Поскольку движения элементов на этом уровне обычно не составляют интереса для исследователя, их принято называть “флуктуациями”. В нашей обыденной жизни мы также концентрируемся на значительных, информативных событиях, не обращая внимания на малые, незаметные и незначительные процессы.

Малый уровень индивидуальных проявлений отдельных элементов позволяет говорить о существовании в системе некоторых механизмов коллективного взаимодействия – обратных связей. Когда коллективное, системное взаимодействие элементов приводит к тому, что те или иные движения составляющих подавляются, следует говорить о наличии отрицательных обратных связей. Собственно говоря, именно отрицательные обратные связи и создают системы, как устойчивые, консервативные, стабильные объединения элементов. Именно отрицательные обратные связи, таким образом, создают и окружающий нас мир, как устойчивую систему устойчивых систем.

Стабильность и устойчивость, однако, не являются неизменными. При определенных внешних условиях характер коллективного взаимодействия элементов изменяется радикально. Доминирующую роль начинают играть положительные обратные связи, которые не подавляют, а наоборот – усиливают индивидуальные движения составляющих. Флуктуации, малые движения, незначительные прежде процессы выходят на макроуровень. Это означает, кроме прочего, возникновение новой структуры, нового порядка, новой организации в исходной системе.

Момент, когда исходная система теряет структурную устойчивость и качественно перерождается, определяется системными законами, оперирующими такими системными величинами, как энергия, энтропия.

Особую роль в мировом эволюционном процессе играет принцип минимума диссипации энергии, т.е.: если допустимо не единственное состояние системы (процесса), а целая совокупность состояний, согласных с законами сохранения и связями, наложенными на систему (процесс), то реализуется ее состояние, которому отвечает минимальное рассеяние энергии, или, что то же самое, минимальный рост энтропии." Н.Н.Моисеев, академик РАН.

Необходимо отметить, что принцип минимума диссипации (рассеяния) энергии, приведенный выше в изложении академика Моисеева, не признается в качестве универсального естественнонаучного закона. Илья Пригожин, в частности, указал на тип систем, не подчиняющихся этому принципу. С другой стороны, употребление термина «принцип», а не «закон», оставляет возможность уточнения формулировок.

Моменты качественного изменения исходной системы называются бифуркациями состояния и описываются соответствующими разделами математики – теория катастроф, нелинейные дифференциальные уравнения и т.д. Круг систем, подверженных такого рода явлениям, оказался настолько широк, что позволил говорить о катастрофах и бифуркациях, как об универсальных свойствах материи.

Таким образом, движение материи вообще можно рассматривать, как чередование этапов адаптационного развития и этапов катастрофного поведения. Адаптационное развитие подразумевает изменение параметров системы при сохранении неизменного порядка ее организации. При изменении внешних условий параметрическая адаптация позволяет системе приспособиться к новым ограничениям, накладываемым средой.

Катастрофные этапы – это изменение самой структуры исходной системы, ее перерождение, возникновение нового качества. При этом оказывается, что новая структура позволяет системе перейти на новую термодинамическую траекторию развития, которая отличается меньшей скоростью производства энтропии, или меньшими темпами диссипации энергии.

Возникновение нового качества, как уже отмечалось, происходит на основании усиления малых случайных движений элементов – флуктуаций. Это в частности объясняет тот факт, что в момент бифуркации состояния системы возможно не одно, а множество вариантов структурного преобразования и дальнейшего развития объекта. Таким образом, сама природа ограничивает наши возможности точного прогнозирования развития, оставляя, тем не менее, возможности важных качественных заключений.

## 6. Самоорганизация в синергетике

В определенной части своего смысла синергетика и такие понятия как самоорганизация, саморазвитие и эволюция имеют общность, которая позволяет указать их все в качестве результатов синергетического процесса. В особенности самоорганизация устойчиво ассоциируются сегодня с синергетикой. Однако такие ассоциации имеют двоякое значение. С одной стороны, эффект самоорганизации является существенным, но, тем не менее, одним из компонентов, характеризующих синергетику, с другой — именно этот компонент придает выделенный смысл всему понятию синергетики и, как правило, является наиболее существенным и представляющим наибольший интерес.

Не только результаты, а и условия, причины и движущие силы самоорганизации имеют альтернативы. В рассмотрении И.Р. Пригожина применительно к диссипативным структурам речь идет о когерентной самоорганизации, альтернативой для которой является континуальная самоорганизация индивидуальных микросистем, разработанная и предложенная А.П. Руденко. В показано, что теоретическое обоснование явления самоорганизации неравновесных открытых систем, равно как и процесса неравновесного упорядочения, было дано И.Р. Пригожиным и А.П. Руденко практически в одно время независимо друг от друга. Главным достоинством «континуальной» самоорганизации, предложенной А.П. Руденко, является то, что именно такой подход позволяет провести рассмотрение связи самоорганизации и саморазвития. В соответствии с развитыми взглядами сущность прогрессивной эволюции состоит в саморазвитии континуальной самоорганизации индивидуальных объектов. Показывается, что способностью к саморазвитию и прогрессивной эволюции с естественным отбором обладают только индивидуальные микрообъекты с континуальной самоорганизацией и что именно прогрессивная химическая эволюция способна быть основанием для возникновения жизни.

## 7. Критика синергетики и синергетиков

Хакена и его последователей иногда обвиняют в честолюбивых замыслах, в умышленном введении легковерных в заблуждение. Кроме прочего утверждается, будто кроме названия (у которого, как было отмечено выше, также имелись предшественники), синергетика напрочь лишена элементов новизны.

Даже если бы новацией было только название, появление синергетики было бы оправдано. Предложенное Хакеном выразительное название нового междисциплинарного направления привлекало к этому новому направлению гораздо больше внимания, чем любое “правильное” и понятное лишь узкому кругу специалистов, название.

Уже нет необходимости доказывать полезность синергетического подхода и неправильно настаивать на непременном использовании названия "синергетика" всеми, чьи достижения, текущие результаты или методы сторонники синергетики склонны считать синергетическими. Явления самоорганизации, излучение сложности, богатство режимов, порождаемых необязательно сложными системами, оставляют простор для всех желающих. Каждый может найти свою рабочую площадку и спокойно трудиться в меру желания, сил и возможностей. Однако нельзя не отметить, что перенос синергетических методов из области точного естествознания в области, традиционно считавшиеся безраздельными владениями далеких от математики гуманитариев, вскрыли один из наиболее плодотворных аспектов синергетики и существенно углубили её понимание.

## 8. Синергетическая концепция самоорганизации

1) Объектами исследования являются открытые системы в неравновесном состоянии, характеризуемые интенсивным (потоковым, множественно–дискретным) обменом веществом и энергией между подсистемами и между системой с ее окружением.

Конкретная система погружена в среду, которая является также ее субстратом.

2) Среда — совокупность составляющих ее (среду) объектов, находящихся в динамике. Взаимодействие исследуемых объектов в среде характеризуется как близкодействие — контактное взаимодействие. Среда объектов может быть реализована в физической, биологической и другой среде более низкого уровня, характеризуемой как газо-подобная, однородная или сплошная. (В составе системы реализуется дальнодействие — полевое и опосредствованное (информационное взаимодействие.)

3) Различаются процессы организации и самоорганизации Общим признаком для них является возрастание порядка вследствие протекания процессов, противоположных установлению термодинамического равновесия независимо взаимодействующих элементов среды (также удаления от хаоса по другим критериям). Организация, в отличие от самоорганизации, может характеризоваться, например, образованием однородных стабильных статических структур.

4) Результатом самоорганизации становится возникновение, взаимодействие, также взаимосодействие (например, кооперация) и, возможно, регенерация динамических объектов (подсистем) более сложных в информационном смысле, чем элементы (объекты) среды, из которых они возникают. Система и ее составляющие являются существенно динамическими образованиями.

5) Направленность процессов самоорганизации обусловлена внутренними свойствами объектов (подсистем) в их индивидуальном и коллективном проявлении, а также воздействиями со стороны среды, в которую «погружена» система.

6) Поведение элементов (подсистем) и системы в целом, существенным образом характеризуется спонтанностью — акты поведения не являются строго детерминированными.

7) Процессы самоорганизации происходят в среде наряду с другими процессами, в частности противоположной направленности, и могут в отдельные фазы существования системы как преобладать над последними (прогресс), так и уступать им (регресс). При этом система в целом может иметь устойчивую тенденцию или претерпевать колебания к эволюции либо деградации и распаду.

Самоорганизация может иметь в своей основе процесс преобразования или распада структуры, возникшей ранее в результате процесса организации.

Приведенное развернутое определение является если и не вполне совершенным, то все–таки необходимым шагом на пути конкретизации содержания, которое относится к синергетике, и выработки критериев для создания моделирующей самоорганизующейся среды.

О соотношении синергетики и самоорганизации следует вполне определенно сказать, что содержание, на которое они распространяются, и заложенные в них идеи неотрывны друг от друга. Они, однако, имеют и различия. Поэтому синергетику как концепцию самоорганизации следует рассматривать в смысле взаимного сужения этих понятий на области их пересечения.

## Заключение

Синергетика с её статусом метанауки изначально была призвана сыграть роль коммуникатора, позволяющего оценить степень общности результатов, моделей и методов отдельных наук, их полезность для других наук и перевести диалект конкретной науки на высокую латынь междисциплинарного общения. Положение междисциплинарного направления обусловило еще одну важную особенность синергетики - ее открытость, готовность к диалогу на правах непосредственного участника или непритязательного посредника, видящего свою задачу во всемирном обеспечении взаимопонимания между участниками диалога. Диалогичность синергетики находит свое отражение и в характере вопрошания природы: процесс исследования закономерностей окружающего мира в синергетике превратился (или находится в стадии превращения) из добывания безликой объективной информации в живой диалог исследователя с природой, при котором роль наблюдателя становится ощутимой, осязаемой и зримой.

В настоящее время общая методология науки переживает период, который совмещает в себе черты эволюции и кризиса. Современная наука, значительно укрепив свою базу за прошедшее столетие, может позволить себе более либеральный подход к включению в сферу своего рассмотрения содержания, не имеющего строгой объективной основы. Позитивный смысл этого действия заключается во включении в поле внимания существующих фактов и практик, реально нуждающихся в интеллектуальном анализе. Однако ввиду фактической неготовности науки к исследованию этого содержания объективными методами, процесс сопровождается появлением «нетрадиционных» и «неклассических» наук, симбиозов научного и ненаучного знания и других явлений, которые естественны сами по себе для человеческой познавательной деятельности, но далеки от именно научного знания. Важно то, что при этом происходит наработка подходов к малоисследованному, реально существующему содержанию. Можно указать, например, на крайне актуальную задачу объективного исследовании субъективной реальности, на подступах к которой трудятся психологи, нейрофизиологи и разработчики систем виртуальной реальности и компьютерной анимации. Сама постановки задачи выглядит терминологически противоречивой. Однако это реальная, крайне важная задача, в основе решения которой лежит изучение и осмысление процессов самоорганизации в нейробиологической, информационной и понятийной средах.

Общие закономерности поведения систем, порождающих сложные режимы, позволяют рассматривать на содержательном, а иногда и на количественном уровне, такие вопросы, как уровень сложности восприятия окружающего мира как функции словарного запаса воспринимающего субъекта, роль хаотических режимов, их иерархий и особенностей в формировании смысла, грамматические категории как носители семантического содержания, проблемы ностратического языкознания (реконструкция праязыка) как восстановление «фазового портрета» семейства языков и выделения аттракторов, и многое другое. Можно предположить, что в связи с существующими и грядущими результатами в кинетической химии, нейробиологии, транспьютерном нейрокомпьютинге и в других областях сформируется более определенный теоретический и аксиоматический базис синергетики, благодаря чему, в частности, и критика в ее адрес станет более конструктивной и продуктивной. Несомненно, при всем том, что синергетика полноценно «работает» сегодня как категория научного знания.

Является ли синергетика междисциплинарным подходом, совершенно новой наукой или просто каким-то философским взглядом – это еще предстоит доказать. Однако, новые идеи и неожиданные подходы к известным проблемам составляет несомненный интерес к этой отрасли знания.

## Литература

1. Аршинов В.И.. Синергетика как феномен постнеоклассической науки, М. ИФ РАН, 1999

2. Блинков А.В., Киселев А.Н. Решение всех проблем. Неординарное мышление и поведение. Екатеринбург: Баско, 1994

3. Малинецкий Г.Г. Синергетика. Король умер. Да здравствует король! Нечипоренко Ю. Куда ни кинь - всюду Ян и Инь.

4. Данилов Ю.А., Кадомцев Б.Б. Что такое синергетика? // В кн. Нелинейные волны. Самоорганизация. М., Наука, 1983.

5. Большой энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1991.

Информация в Интернет:

http://www.iph.ras.ru/~mifs/Malin1r.htm

http://www.iph.ras.ru/~mifs/Peakz.htm

http://www.iph.ras.ru/~mifs/dan.htm