Синергетика как междисциплинарное направление научных исследований

Лаврикова Наталия Игоревна

Маленков Андрей Олегович

Марков Никита Владимирович

## Введение

Синергетика – междисциплинарное направление научных исследований, возникшее в начале 70-х гг. и ставящее в качестве своей основной задачи познание общих закономерностей и принципов, лежащих в основе процессов самоорганизации в системах самой разной природы физических, химических, биологических, технических, экономических, социальных. Под самоорганизацией в синергетике понимаются процессы возникновения макроскопически упорядоченных пространственно-временных структур в сложных нелинейных системах, находящихся в далеких от равновесия состояниях, вблизи особых критических точек — точек бифуркации, в окрестности которых поведение системы становится неустойчивым. Последнее означает, что в этих точках система под воздействием самых незначительных воздействий, или флуктуаций, может резко изменить свое состояние. Этот переход часто характеризуют, как возникновение порядка из хаоса.

Одновременно происходит переосмысление концепции хаоса, вводится понятие динамического (или детерминированного) хаоса как некой сверхсложной упорядоченности, существующей неявно, потенциально, и могущей проявиться в огромном многообразии упорядоченных структур. Синергетика предполагает качественно иную картину мира не только по сравнению с той, которая лежала в основании классической науки, но и той, которую принято называть квантово-релятивистской картиной неклассического естествознания первой половины XX века. Происходит отказ от образа мира как построенного из элементарных частиц — кирпичиков материи — в пользу картины мира как совокупности нелинейных процессов.

Синергетика внутренне плюралистична, как плюралистичен тот интегральный образ мира, который ею предполагается. Она включает в себя многообразие подходов и формулировок. Наиболее известный из них теория диссипативных структур, связанная с именем И. Пригожина, и концепция немецкого физика Г. Хакена, от которой идет само название «синергетика». В формулировке Пригожина становление синергетики рассматривается в общем контексте начавшегося во второй половине XX века процесса фундаментального пересмотра взглядов на науку и научную рациональность. Суть этого процесса состоит в «возрождении времени» в современном естествознании и начале «нового диалога человека с природой».

## Что это такое синергетика?

В общем понимании, синергетика – это комплексное исследование нескольких дисциплинарных ответвлений, направленное на познание и систематизацию закономерностей и принципов самоорганизации в открытых системах разной природы: физических, химических, биологических, социальных, экономических [Г. Хакен, 1980]. Область синергетических исследований четко не может быть ограничена, потому что ее интересы охватывают практически все направления естествознания. Понятие сформировал Герман Хакен, немецкий физик-теоретик.

Самоорганизация в синергетике – это не только способность планировать свою деятельность и придерживаться намеченного плана, понятие гораздо шире и глубже. Оно подразумевает изучение процессов макроскопически упорядоченных пространственно-временных структур внутри отдельной системы, которая постоянно меняется и движется, в моменте приближения ее к неустойчивому состоянию. Иными словами, синергетика изучает системы в моментах возможного их выхода из привычного состояния при каких-то условиях. В эти моменты при отсутствии организации нового плана действий возникает хаос. Задача науки – создать такую деятельность, которая приведет процессы к упорядоченности за счет переосмысления концепции хаоса [Электронная библиотека Института философии РАН, 2022].

Суть синергетики – создание принципиально новой картины мира по сравнению с той, что предлагают классические науки. Она расширяет понимание окружающего пространства, в ее концепции мир состоит не из элементарных частиц как кирпичиков материи, пространство рассматривается как совокупность нелинейных процессов. Отличительная особенность синергетики – многообразие подходов, и это не точная дисциплина, а больше философская, оставляющая простор для творчества вместо постановки точных формул и гипотез

## В чем суть синергетики?

Как определили ученые Ю. А. Данилов и Б. Б. Кадомцев в статье «Что такое синергетика?», понятие синергетики на данный момент сложно сформулировать однозначно. Они считали, что эта наука – одно из только зарождающихся исследовательских направлений, изучающих процессы самоорганизации и образования, поддержания и распада структур в разнообразных природных системах.

Понять, что такое синергия в рамках одного определения, для многих сложно. Попробуем обратиться к сути понятия.

Суть процессов в синергетике – это новый диалог человека с природой, т.е. пересмотр всех подходов и процессов [Ю. А. Данилов, 2022]. Причем такой подход заложили ученые физики, а подходит он всем направлениям науки и жизни: биологии, химии, социологии, политике и маркетингу. Мир меняется. Материальная сторона жизни инертна – сложно сдвинуть с места устоявшиеся теории, алгоритмы, правила и устои, привычки – все это требует времени и определенных усилий. Проще оставить все, как есть, но факт: как есть часто не работает, как было задумано. Синергетика как раз и предлагает пересматривать то, что перестает работать, то, что сделает жизнь удобнее в изменяющемся мире.

Слово «синергетика» происходит от греческого слова «синергена», которое означает «содействие, сотрудничество». Задача синергистов – найти новые способы взаимодействия людей, предметов, явлений для решения привычных задач и изменения взгляда на них.

Изменение способов взаимодействия, поиск новых решений и взглядов уместны не только в точной и классической науке. Синергетика уже интегрируется в маркетинг и бизнес-планирование. Эти направления сейчас переживают изменение ввиду новых веяний, трансформации покупательского поведения и в целом рынков, которые относятся к свободной форме самоорганизации

## Самоорганизация в неживой природе

С помощью синергетики можно отследить картину развития Вселенной и вывести общий сценарий эволюции всего сущего.

Ученые предложили теорию о том, что Вселенная возникла в результате Большого взрыва, при котором образовалось огромное множество сверхмелких частиц, попавших в мощное электромагнитное поле За 12,6 миллиардов лет эти частицы взаимодействовали, объединялись между собой и образовывали все более сложные формы жизни – электроны, клетки, микроорганизмы, минералы и т.д. Последняя ступень эволюции – человек.

История развития Вселенной – это условная борьба порядка и хаоса. Эта борьба была успешной – процессы самоорганизации приводили к возникновению более сложных структур. В настоящее время эти процессы никуда не делись, они продолжают происходить, но в мире сложной материи они становятся все более глубинными.

В неорганической природе первый доказанный пример самоорганизации привел ученый Х. Бернар. Он проводил опыт с ртутью: наливал жидкий металл в плоский сосуд, снизу которого устанавливался подогрев. Когда разница температур между верхним и нижним слоями ртути достигала критической отметки, снизу наблюдался распад вещества на правильные кристаллические призмы в виде шестигранников, высота и сторона которых были в идентичном соотношении.

Эти структуры получили название «ячейки Бернара» по имени своего открывателя. Это наглядный классический пример самоорганизации в неживой природе. Из молекулярного хаоса при определенных условиях получилась новая структура. В этом и есть главный принцип синергетики.

По схожему принципу образуются другие природные явления:

1. Снежинки (каждая имеет строго по 6 лучиков, одинаковых между собой на одной снежинке, но узоры не повторяются).
2. Облака из пара при определенном давлении и нагреве образуют видимую форму – скопление водяной взвеси.
3. Галактики и другие Вселенные в космосе.

Принципы синергетики действовали еще задолго до ее появления как науки. В том числе и в живой природе.

## Принципы синергетики

**Гомеостатичность**

Под гомеостазом понимают поддержание функционирования Бытия в рамках пути к следованию к цели системы. Этому движению способствуют некие корректирующие сигналы, которые не позволяют системе сбиться с курса за счет отрицательных обратных связей. Это следствие теории Н. Винера, которая гласит о том, что всякая система имеет цель существования.

Пример гомеостатичности: теплокровные существа поддерживают температуру тела в любых внешних условиях, автопилот в самолете выдерживает курс и высоту воздушного судна, постоянно сверяясь с гирокомпасом, даже при попадании в воздушные ямы и при сильном ветре.

Программа-цель в синергетике называется аттрактором или притягивателем. Принцип действия интересен: сам по себе аттрактор в пространстве состояний представлен неким множеством, но меньшим по размеру, чем пространство. При этом к нему со временем притягиваются близлежащие состояния в так называемый бассейн притягивателя. Аттрактор существует только в открытых системах, рассеивающих энергию и информацию, он описывает конечное поведение самой системы.

 Принцип гомеостатичности объединяет идеи кибернетики и системного анализа

**Иерархичность**

Второй принцип синергетики, относящийся к Бытию, т.е. порядку.

Иерархичность мира прослеживается везде: масштабирование длин (миллиметры, сантиметры, дециметры, метры и т.д.), то же самое со временем, социальными лифтами. Это означает, что все во Вселенной принимает не хаотичную форму, а упорядоченную с относительным шагом примерно 100. Этому принципу поддаются все системы от кварков до живых организмов по лестнице Вайскопфа [В. Вайскопф, 1977].

В иерархиях составная природа вышестоящих уровней – смысл существования систем. Иными словами, то, что для нижестоящих структур – порядок, для высших – бесструктурный элемент хаоса. Космос предыдущей структуры – это хаос для последующей. В цепочке это выглядит так: кварками образованы нуклоны, ядра состоят из нуклонов, атомы – из ядер и электронов, молекулы – из атомов. Общество составляют люди, язык образован словами и текстами, идеи – мнениями и взглядами.

В иерархиях систем ключевую роль играет время. И оно строит определенные закономерности: долгоживущие перемены управляют теми, которые живут меньше по продолжительности. Уровень, находящийся выше, управляет тем, что ниже. Этот принцип прослеживается в реальной жизни: иерархические верхушки власти, семей имеют большую власть над ниже находящимися структурами. Хаотично движущиеся частицы складываются в ощутимый порыв ветра, он уносит эти самые молекулы на дальние расстояния, распространяя особи популяции. Так же в обществе: культура и традиции воспроизводятся поколениями во множестве семей.

С другой стороны, не все процессы зависят от времени. К примеру, разные процессы зависят от суточного или месячного цикла на планете, но не для пульса и дыхания человека. Дети, когда вырастают, живут самостоятельно и образуют новые семейные узы, ослабляя клановые связи. Даже Вселенная некогда была единым субъектом, а сейчас распалась на звезды, планеты и прочие субъекты.

Иерархичность не может быть установлена раз и навсегда. Когда возникает необходимость в хаосе и Созидании, вступают в действие другие принципы, характеризующие фазу трансформации.

**Нелинейность**

Принцип, который наряду с последующими, отвергался традиционной наукой. Линейность относится к ряду идеалов и простоты. По этому принципу действовали ученые физики и математики, стремящиеся свести решение задач к линейному поведению. Вблизи положения равновесия системы это удается. Примеры известны нам со школы:

1. колебания маятника;
2. равноускоренное или равномерное движение тел;
3. линейные дифференциальные уравнения.

Линейность селит плоское представление о простоте мира, не требует глубоких познаний и приложения усилий для понимания этого. Но в мире, где все линейно, атомы не будут терять электроны, не будут происходить химические реакции, люди не будут менять привязанности, создание нового попросту не пригодится, создать что-то новое будет невозможно.

Прогностика людей в основном линейная: прогноз погоды, предсказание результатов игры – они строятся на прошлом опыте наблюдений за приметами, положением облаков и светил, уже свершенными действиями команды игроков в прошлых играх и т.д. Часто ожидания не оправдываются. Наш мозг работает линейно, потому что так проще.

Границы целостности объекта, разрушения и поглощения вызывает нелинейные эффекты. Явление проявляется вблизи границы существования системы перед ее разрушением или преобразованием. Резинка перед разрывом теряет упругость. Переход между состояниями гомеостаза возможен на их совместной границе, где происходят какие-то события. Здесь работает правило: чем сильнее притяжение и больше область гомеостаза, тем сложнее препятствие, которое нужно преодолеть для выхода на новую ступень эволюции.

Проще сразу делать правильно, чем переучиваться. Человеческие отношения нелинейные, потому что есть границы чувств, эмоций, страстей, вблизи которых человек может становиться неадекватным, появляется состояние аффекта и невменяемости. В коллективной деятельности взаимодействие тоже нелинейное, поэтому подбор партнеров, коллег, участников команды и контрагентов – всегда не самое простое занятие. Принятие решений – тоже пример нелинейного явления.

Яркий пример столкновения понимания линейности и нелинейности – иллюзия линейного мышления в виде достижения бесконечности. Речь об азартных играх, участии в финансовых пирамидах, вера в материальный прогресс общества. Графики ученых – это непонятная теория, они линейны и понятны, но в действительности все происходит иначе и в большинстве случаев человека ждет разочарование.

В кризисных ситуациях нашего времени требуется нелинейный подход к решению большинства возникающих задач на разных уровнях общества.

**Незамкнутость**

Пренебрежение взаимодействия системы с окружением невозможно. В природе все системы открыты. Замкнутая система свой порядок не увеличивает, а замкнутая Вселенная в хаосе с большой вероятностью погибнет. Люди и все живые организмы создают порядок внутри и вокруг себя за счет увеличения общего беспорядка.

Открытость позволяет развиваться системам от простого к сложному, запускать программу роста. Иерархичный уровень может меняться только при взаимодействии участников системы веществом, информацией, хаосом. При переходе от одного положения гомеостаза к последующему в местах нелинейности система все равно станет открытой, даже если изначально она была закрытой.

**Неустойчивость**

Неустойчивость в синергетике долгое время считали дефектом системы. В механизмах машин есть так называемые «мертвые» точки, которые нужно проскакивать по инерции. Это сложно решаемая инженерная задача, которую в наш время стали выполнять роботы и обучающиеся системы, воспринимающие разные модели поведения.

Состояния и траектория программы неустойчивы, если какие-то отклонения в ней увеличиваются со временем. Перевернутый маятник – символ неустойчивости, он готов упасть в одну сторону под минимальным действием извне или из-за изменения температуры самого маятника, пусть и несущественных. В таких точках на судьбу системы можно влиять, если знать, что может изменить ее поведение и в какую сторону.

Динамический хаос и фрактальные структуры были открыты после определения неустойчивости, которая перевернула мир науки. В истории с ее помощью мы определяем роль личности, генерируем информацию. В природе точки неустойчивости повсеместно встречаются в зонах турбулентности.

**Динамическая иерархичность**

Динамическая иерархичность объединяет принципы подчинения и Становление. Рассматривается при взаимодействии двух и более уровней системы. Это состояние похоже на Бытие, но с короткой переменной времени, ведь суть процесса – переход на новый уровень эволюционного развития. При этом иерархические структуры гибнут. Выходит, движение системы не по вертикали, а по горизонтали.

Пример динамической иерархичности – изменение формы воды, происходящее при определенных температурных порогах, в точках которых происходит фазовый переход из пара в жидкость, из жидкости в лед и обратно.

Мгновение между прошлым и будущим – точка перехода на микроуровне – целая эпоха перемен и трансформаций. В ней происходит выбор или эволюционный отбор альтернатив развития макроуровня, это вопросы изучения теории термодинамического хаоса.

**Наблюдаемость**

Седьмой принцип синергетики – наблюдаемость. Она подчеркивает относительность и ограниченность наших взглядов, представлений о системе. При теории относительности привычные нам единицы измерения для каждого свои, т.е. одно и то же для нас и другого наблюдателя – разное. Синергетика объясняет это относительностью интерпретации к масштабу наблюдения к результату, который человек ожидает увидеть, и это проблема интерпретации подобно литографиям Мориса Эшера [Культурология, 2018]. Условно наука свободна от свободных интерпретаций, она стремится к определенности, но науку создают люди, у которых способность восприятия такая разная.

Целостное описание системы иерархии получается из взаимодействия между несколькими наблюдателями на разных уровнях.

## Заключение

Синергетика представляет собой мощный инструмент для изучения сложных систем, включая исследование бытия. Ее сильные стороны включают способность объединять различные дисциплины и уровни организации, обеспечивая глубокое понимание взаимодействия элементов системы. С помощью синергетики мы можем рассматривать бытие как динамический процесс, подчиненный определенным законам и принципам самоорганизации.

Однако, следует также учитывать слабые стороны синергетики в осмыслении бытия. Некоторые критики считают, что слишком широкое применение этого метода может привести к упрощенным или искаженным интерпретациям сложных явлений. Кроме того, синергетика может иметь ограничения в предсказании поведения сложных систем в условиях неопределенности.

Тем не менее, синергетика остается ценным и перспективным подходом к изучению и пониманию бытия, позволяя нам расширить наш взгляд на мир и получить новые инсайты. В дальнейших исследованиях по данной теме необходимо учитывать как сильные, так и слабые стороны синергетики, чтобы развивать этот метод в научно обоснованном и продуктивном направлении.