

СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: Новиков В.А.

В XXI веке на передний план выдвигается синергетическая деятельность человека, самоорганизующихся малых и больших групп, которые должны не только жить в гармонии с природой, но и успешно управлять всеми разноуровневыми подсистемами.

В устоявшейся парадигме развитие простых и сложных линейных систем принималось без альтернатив, а динамичному хаосу, нелинейным системам, случайности и выбору конкретного человека не находилось места. Новая синергетическая парадигма заставила увидеть мир по-другому, в его нелинейном аспекте. Сместились акценты в изучении структур и систем. Больше внимания стали уделять не внешним силам, процессам организации и управления, а внутренним: самоорганизации, саморазвитию и самоуправлению.

В переводе с греческого языка «синергетика» означает совместное или согласованное действие. Эффект синергизма выражается формулой « $2+2=5$ ». Другими словами, синергия приводит к умножению и усилению конечного результата. О ней говорят, что она «изучает связи между элементами подсистемы, благодаря активному обмену потоками энергии, вещества и информации в самом объекте и с окружающей средой».

Зарождение синергетики произошло в СССР. Еще в 60-х годах XX века отечественным ученым *Б.Н. Белоусовым* были начаты интересные эксперименты с так называемыми автокаталитическими химическими реакциями, которые затем были продолжены *А.М. Жаботинским*. Эти эксперименты показали, что наличие автокаталитических реакций значительно ускоряет процессы самоорганизации в хими-

ческой форме движения. Были высказаны веские предположения, что именно автокаталитические самоорганизующиеся химические процессы послужили основой для перехода от предбиологической к биологической форме движения материи. Позднее реакция Белоусова – Жаботинского послужило экспериментальной основой для построения математической модели самоорганизующихся процессов в бельгийской школе лауреата Нобелевской премии *И.Р. Пригожина*. Исследуя процессы самоорганизации в физических и химических системах И.Р. Пригожин в целом ряде своих работ раскрывает исторические предпосылки и мировоззренческие основания теории самоорганизации. Разработкой теории самоорганизации на базе математических моделей и вычислительного эксперимента занималась и школа академика *А.А. Самарского* и члена-корреспондента *С.П. Курдюмова*. Эта школа выдвинула ряд оригинальных идей для понимания механизмов возникновения и эволюции относительно устойчивых структур в нелинейных средах.

Немецкому профессору *Г. Хакену* (Институт синергетики и теоретической физики в Штутгарте) удалось объединить большую международную группу ученых по синергетике. Г. Хакену принадлежит также и само название науки «синергетика».

Чаще всего сложная система представляет собой целостное множество элементов. По совокупности элементов и их взаимосвязям прогнозировать поведение всей системы довольно трудно, так как результат зависит от множества факторов. При этом возможно существование нелинейной, функциональной зависимости одних элементов от других. Взаимодействие этих элементов образует новый синергетический эффект и новые свойства, отсутствующие у каждого элемента в отдельности.

Предпосылкой синергетики является кибернетический подход. Кибернетика также ставила перед собой задачу выявить закономерности процессов самоорганизации в нели-

нейных системах и образования систем посредством обратных связей.

Синергетика соединяет целостную систему и ее составляющие части. Особенностью этого соединительного звена является то, что «рассмотрение происходит на промежуточном, мезоскопическом уровне, и акроскопические проявления процессов, происходящих на микроскопическом уровне, возникают «сами собой», вследствие самоорганизации, без руководящей и направляющей «руки», действующей извне системы».

Весь процесс познания можно представить как циклическую спираль, где целое и часть взаимопереходят друг в друга на новом качественном уровне. Новый порядок возникает в хаосе и через хаос.

Как и кибернетика, синергетика – это междисциплинарный подход. В отличие от кибернетики, где акцент делается на процессах управления и обмена информацией, синергетика ориентирована на исследование принципов построения организации, ее возникновения, развития и самоусложнения.

Мир нелинейных самоорганизующихся систем гораздо богаче, чем линейных систем. Вместе с тем «нелинейный мир» сложнее моделировать. Как правило, для решения большинства возникающих нелинейных уравнений требуется сочетание современных аналитических методов с вычислительными экспериментами. Синергетика открывает для точного, количественного, математического исследования такие стороны мира, как его нестабильность, многообразие путей изменения и развития, раскрывает условия существования и устойчивого развития сложных структур.

Основоположник синергетики Г. Хакен определяет понятие самоорганизующейся системы следующим образом: «Мы называем систему самоорганизующейся, если она без специфического воздействия извне обретает какую-то про-

странственную, временную или функциональную структуру. Под специфическим внешним воздействием мы понимаем такое, которое навязывает системе структуру или функционирование. В случае же самоорганизующихся систем испытывается извне неспецифическое воздействие. Например, жидкость, подогреваемая снизу, совершенно равномерно обретает в результате самоорганизации макроструктуру, образуя шестиугольные ячейки».

Основной вопрос теории синергетики – существуют ли общие закономерности, управляющие возникновением самоорганизующихся систем, их структур и функций. Теория саморганизации, не зная пока общих закономерностей самоорганизующихся систем, определила и классифицировала свойства подобных систем. Основные свойства самоорганизующихся систем – открытость, нелинейность, диссипативность.

Закрытые системы, это системы, которые не обмениваются со средой веществом, энергией и информацией. Центральным понятием термодинамики является понятие энтропии. Оно относится к закрытым системам, находящимся в тепловом равновесии. Именно по отношению к закрытым системам были сформулированы два начала термодинамики. Первое начало гласит, что в закрытой системе энергия сохраняется, хотя и может приобретать различные формы. Второе начало термодинамики гласит, что в замкнутой системе энтропия не может убывать, а лишь возрастает до тех пор, пока не достигнет максимума. Согласно второму началу термодинамики, запас энергии во Вселенной иссякает, а вся Вселенная неизбежно приближается к «тепловой смерти. Со временем способность Вселенной поддерживать организованные структуры ослабевает, и такие структуры распадаются на менее организованные, которые в большей мере наделены случайными элементами. По мере того как иссякает запас энергии и возрастает энтропия, в системе нивелируются раз-

личия. Это значит, что Вселенную ждет все более однородное будущее.

Вместе с тем уже во второй половине XIX в. и особенно в XX в. биология, прежде всего теория эволюции Дарвина, убедительно показала, что эволюция Вселенной не приводит к понижению уровня организации и обеднению разнообразия форм материи. Скорее, наоборот. История и эволюция Вселенной

развивают ее в противоположном направлении – от простого к сложному, от низших форм организации к высшим, от менее организованного к более организованному. Иначе говоря, старея, Вселенная обретает все более сложную организацию.

Попытки согласовать второе начало термодинамики с выводами биологических и социальных наук долгое время были безуспешными. Классическая термодинамика не могла описывать закономерности открытых систем. И только с переходом естествознания к изучению открытых систем появилась такая возможность.

Открытые системы – это такие системы, которые поддерживаются в определенном состоянии за счет непрерывного притока извне вещества, энергии или информации. Постоянный приток вещества, энергии или информации является необходимым условием существования неравновесных состояний в противоположность замкнутым системам, неизбежно стремящимся к однородному равновесному состоянию.

Современная наука считает, что открытые системы – это системы необратимые, в них важным оказывается фактор времени. В таких системах ключевую роль наряду с закономерным могут играть случайные факторы, флуктуационные процессы. Иногда флуктуация может стать настолько сильной, что существовавшая организация разрушается. Малые, «случайные» флуктуации могут вызвать сильные возмущения, в результате которых равновесие,

отражающее баланс взаимоотношений, может быть нарушено.

Из свойств открытых систем современная наука делает вывод, что если большинство систем Вселенной носит открытый характер, то это значит, что во Вселенной доминируют не стабильность и равновесие, а неустойчивость и неравновесность.

Процессы, происходящие в нелинейных системах, часто носят пороговый характер – при плавном изменении внешних условий поведение системы изменяется скачком. Другими словами, в состояниях, далеких от равновесия, очень слабые возмущения могут усиливаться до гигантских волн, разрушающих сложившуюся структуру и способствующих ее радикальному качественному изменению.

Открытые неравновесные системы, активно взаимодействующие с внешней средой, могут приобретать особое динамическое состояние – диссипативность, которую можно определить как качественно макроскопическое проявление процессов, протекающих на микроуровне. Благодаря диссипативности в неравновесных системах могут возникать новые типы структур, совершаться переходы от хаоса и беспорядка к порядку и организации, возникать новые динамические состояния материи. Синергетика считает, что в таких системах процессы возникают спонтанно, в результате малых флуктуаций.

Понятие диссипативности тесно связано с понятием параметров порядка.

Самоорганизующиеся системы – это очень сложные открытые системы, которые характеризуются огромным числом степеней свободы. Однако далеко не все степени свободы системы одинаково важны для ее функционирования. С течением времени в системе выделяется небольшое количество ведущих, определяющих степеней свободы, к которым «подстраиваются» остальные. Такие основные степени свободы системы получили название параметров порядка.

Главная идея синергетики – это идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации. Решающим фактором самоорганизации является образование петли положительной обратной связи системы и среды. При этом система начинает самоорганизовываться и противостоит тенденции ее разрушения средой. Это положение можно отразить следующим тождеством, отражающим законы сохранения симметрии между порядком и беспорядком

$$\frac{\text{Порядок}}{1} = - \frac{1}{\text{Хаос}};$$

Особенно наглядно роль таких спонтанных факторов проявляется в точках, которые в синергетике носят название точек бифуркации. Вблизи точек бифуркации в системах наблюдаются значительные флуктуации и в этих точках роль случайных факторов резко возрастает. В точке бифуркации система «колеблется» перед выбором того или иного пути организации, пути развития. В таком состоянии небольшая флуктуация может послужить началом эволюции системы в некотором определенном направлении, одновременно отсекая при этом возможности развития в других направлениях.

Синергетика убедительно показывает, что даже в неорганической природе существуют классы систем, способных к самоорганизации. Создатели синергетики показали, что способность к самоорганизации является атрибутивным свойством материальных систем, а потому синергетика на сегодня является наиболее общей теорией самоорганизации.

УДК 348.018

Зуёнок А.В., Зуёнок Д.В.

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ

БНТУ, г. Минск