**Самоорганизация и саморазвитие**

Введение

Появление теории самоорганизации в современном естествознании инициировано, видимо, подготовкой глобального эволюционного синтеза всех естественнонаучных дисциплин. Эту тенденцию в немалой степени сдерживало такое обстоятельство, как разительная асимметрия процессов деградации и развития в живой и неживой природе. В классической науке XIX в. господствовало убеждение, что материи изначально присуща тенденция к разрушению всякой упорядоченности, стремление к исходному равновесию (в энергетическом смысле это и означало неупорядоченность или хаос). Такой взгляд на вещи сформировался под воздействием равновесной термодинамики.

Эта наука занимается изучением процессов взаимопревращения различных видов энергии. Ею установлено, что взаимное превращение тепла и работы неравнозначно. Работа может полностью превратиться в тепло трением или другими способами, а вот тепло полностью превратить в работу принципиально невозможно. Это означает, что во взаимопереходах одних видов энергии в другие существует выделенная самой природой направленность. Знаменитое второе начало (закон) термодинамики в формулировке немецкого физика Р. Клаузиуса звучит так: "Теплота не переходит самопроизвольно от холодного тела к более горячему".

Закон сохранения и превращения энергии (первое начало термодинамики), в принципе, не запрещает такого перехода, лишь бы количество энергии сохранялось в прежнем объеме. Но в реальности это никогда не происходит. Данную односторонность, однонаправленность перераспределения энергии в замкнутых системах и подчеркивает второе начало термодинамики.

Для отражения этого процесса в термодинамику было введено новое понятие - "энтропия". Под энтропией стали понижать меру беспорядка системы. Более точная формулировка второго начала термодинамики приняла такой вид: при самопроизвольных процессах в системах, имеющих постоянную энергию, энтропия всегда возрастает.

Физический смысл возрастания энтропии сводится к тому, что состоящая из некоторого множества частиц изолированная (с постоянной энергией) система стремится перейти в состояние с наименьшей упорядоченностью движения частиц. Это и есть наиболее простое состояние системы, или термодинамическое равновесие, при котором движение частиц хаотично. Максимальная энтропия означает полное термодинамическое равновесие, что эквивалентно хаосу.

Общий вывод достаточно печален: необратимая направленность процессов преобразования энергии в изолированных системах рано или поздно приведет к превращению всех ее видов в тепловую энергию, которая рассеется, т.е. в среднем равномерно распределится между всеми элементами системы, что и будет означать термодинамическое равновесие или хаос. Если Вселенная замкнута, то ее ждет именно такая незавидная участь. Из хаоса, как утверждали древние греки, она родилась, в хаос же, по предположению классической термодинамики, и возвратится.

Возникает, правда, любопытный вопрос: если Вселенная эволюционирует только к хаосу, то как она могла возникнуть и сорганизоваться до нынешнего упорядоченного состояния. Но этим вопросом классическая термодинамика не задавалась, ибо формировалась в эпоху, когда нестационарный характер Вселенной не обсуждался. В это время единственным немым укором термодинамике служила дарвиновская теория эволюции. Ведь предполагаемый ею процесс развития растительного и животного мира характеризовался его непрерывным усложнением, нарастанием высоты организации и порядка. Живая природа почему-то стремилась прочь от термодинамического равновесия и хаоса. Налицо была явная нестыковка законов развития неживой и живой природы.

После замены модели стационарной Вселенной на развивающуюся в которой ясно просматривалось нарастающее усложнение организации материальных объектов - от элементарных и субэлементарных частиц в первые мгновения после Большого взрыва до звездных и галактических систем, - несоответствие законов стало еще более явным. Ведь если принцип возрастания энтропии столь универсален, как же могли возникнуть такие сложные структуры? Случайным "возмущением" в целом равновесной Вселенной их не объяснить. Стало ясно, что для сохранения непротиворечивости общей картины мира необходимо постулировать наличие у материи в целом не только разрушительной, но и созидательной тенденции. Материя способна осуществлять работу и против термодинамического равновесия, самоорганизовываться и самоусложняться.

Самоорганизация и саморазвитие

Постулат о способности материи к саморазвитию в философию был введен достаточно давно. А вот его необходимость в фундаментальных естественных науках (физике, химии) начали осознавать только сейчас. На этой волне и возникла теория самоорганизации. Ее разработка началась несколько десятилетий назад. В настоящее время она развивается по нескольким направлениям: синергетика (Г. Хакен), неравновесная термодинамика (И.Р. Пригожий) и др. Общий смысл комплекса синергетических (термин Г. Хакена) идей, которые развивают эти направления, заключается в следующем: процессы разрушения и созидания, деградации и эволюции во Вселенной равноправны; процессы созидания (нарастания сложности и упорядоченности) имеют единый алгоритм, независимо от природы систем, в которых они осуществляются. Таким образом, синергетика претендует на открытие некоего универсального механизма, при помощи которого осуществляется самоорганизация как в живой, так и неживой природе. Под самоорганизацией при этом понимается спонтанный переход открытой неравновесной системы от менее сложных и упорядоченных форм организации к более сложным и упорядоченным. Отсюда следует, что объектом синергетики могут быть отнюдь не любые системы, а только те, которые отвечают как минимум двум условиям. Прежде всего, они должны быть:

открытыми, т.е. обмениваться веществом или энергией с внешней средой; и

существенно неравновесными, или находиться в состоянии, далеком от термодинамического равновесия.

Но именно такими являются большинство известных нам систем. Изолированные системы классической термодинамики - это определенная идеализация, в реальности они - исключение, а не правило. Сложнее обстоит дело со Вселенной в целом. Если считать Вселенную открытой системой, то что может служить ее внешней средой? Современная физика полагает, что для вещественной Вселенной такой средой является вакуум.

Итак, синергетика утверждает, что развитие открытых и сильно неравновесных систем протекает путем нарастающей сложности и упорядоченности. В цикле развития такой системы наблюдаются две фазы:

1) период плавного эволюционного развития, с хорошо предсказуемыми линейными изменениями, подводящими в итоге систему к некоторому неустойчивому критическому состоянию;

2) выход из критического состояния одномоментно, скачком и переход в новое устойчивое состояние с большей степенью сложности и упорядоченности.

Важная особенность второй фазы заключается в том, что переход системы в новое устойчивое состояние неоднозначен. Достигшая критических параметров (точка бифуркации) система из состояния сильной неустойчивости как бы "сваливается" в одно из многих возможных, новых для нее устойчивых состояний. В этой точке эволюционный путь системы, можно сказать, разветвляется, и какая именно ветвь развития будет выбрана - решает случай! Но после того как "выбор сделан" и система перешла в качественно новое устойчивое состояние - назад возврата нет. Этот процесс необратим. А отсюда следует, что “развитие таких систем имеет принципиально непредсказуемый характер. Можно просчитать варианты возможных путей эволюции системы, но какой именно будет выбран - однозначно спрогнозировать нельзя.

Самый популярный и наглядный пример образования структур нарастающей сложности - хорошо изученное в гидродинамике явление, названное ячейками Бенара. При подогреве жидкости, находящейся в сосуде круглой или прямоугольной формы, между нижним и верхним ее слоями возникает некоторая разность (градиент) температур. Если градиент мал, то перенос тепла происходит на микроскопическом уровне и никакого макроскопического движения не происходит. Однако при достижении градиентом некоторого критического значения в жидкости внезапно (скачком) возникает макроскопическое движение, образующее четко выраженные структуры в виде цилиндрических ячеек. Сверху такая макроупорядоченность выглядит как устойчивая ячеистая, структура, похожая на пчелиные соты.

Это хорошо знакомое всем явление с позиций статистической механики невероятно. Ведь оно свидетельствует, что в момент образования ячеек Бенара миллиарды молекул жидкости, как по команде, начинают вести себя скоординированно, согласованно, хотя до этого пребывали в хаотическом движении. Создается впечатление, будто каждая молекула "знает", что делают все остальные, и желает двигаться, в общем строю. (Слово "синергетика", кстати, как раз и означает "совместное действие"). Классические статистические законы здесь явно не работают, это явление иного порядка. Ведь если бы, даже случайно, такая "правильная" и устойчиво "кооперативная" структура образовалась, что почти невероятно, она тут же бы и распалась. Но она не распадается. При соответствующих условиях (приток энергии извне), а, наоборот, устойчиво сохраняется. Значит, возникновение структур нарастающей сложности - не случайность, а закономерность.

Поиск аналогичных процессов самоорганизации в других классах открытых неравновёсных систем вроде бы обещает быть успешным: механизм действия лазера; рост кристаллов; химические часы (реакция Белоусова-Жаботинского); формирование живого организма; динамика популяций; рыночная экономика, наконец, в которой хаотичные действия миллионов свободных индивидов приводят к образованию устойчивых и сложных макроструктур. Все это примеры самоорганизации систем самой разной природы.

Синергетическая интерпретация такого рода явлений открывает новые возможности и направления их изучения. В обобщенном виде новизну синергетического подхода можно выразить следующими позициями.

Хаос не только разрушителен, но и созидателен, конструктивен; развитие осуществляется через неустойчивость (хаотичность).

Линейный характер эволюции сложных систем, к которому привыкла классическая наука, не правило, а, скорее, исключение; развитие большинства таких систем носит нелинейный характер. А это значит, что для сложных систем всегда существует несколько возможных путей эволюции.

Развитие осуществляется через случайный выбор одной из нескольких разрешенный возможностей дальнейшей эволюции в точке бифуркации. Следовательно, случайность - не досадное недоразумение; она встроена в механизм эволюции. А нынешний путь эволюции системы, возможно, не лучше, чем те, которые были отвергнуты случайным выбором.