

САМООРГАНИЗАЦИЯ В НЕРАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМАХ И ПОНЯТИЕ «СОСТОЯНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

Л.Я. Осипова, В.И. Патрин, Ю.Л. Ратис

Введение

Общефилософские параллели между естественно-научными и общественными дисциплинами, несомненно, представляют определенный интерес для гносеологии. Однако даже для качественного описания социально-экономических систем недостаточно запаса аналогий на уровне первых принципов. По-настоящему интересны только конкретные эффекты и прогнозы. В связи с этим более подробно остановимся на процессах самоорганизации.

В начале третьего тысячелетия от Рождества Христова хорошо известно, что нелинейные динамические системы обладают способностью к самоорганизации, которая эмпирически наблюдается в социально-экономических системах на протяжении многих тысячелетий. Однако к этой идее наука пришла не сразу. Целью настоящей работы является исторический обзор генезиса базовых идей эволюционизма, ассимилированных синергетикой.

1. История генезиса основных идей эволюционизма

Фактически лишь во второй половине XIX века под влиянием учения Чарльза Дарвина в науке утвердилась идея эволюции растительного и животного мира [1]. Однако идея эволюционизма получила достаточно слабое распространение применительно к неживой природе.

Например, в рамках ньютоновской механики концепция динамики была развита предельно четко и ясно. Но физики и механики в XIX веке ничего не знали о процессах самоорганизации. Первый конструктивный пример самопроизвольного притяжения фазовых траекторий к некоторому предельному множеству в нелинейных системах был предложен в конце XIX - начале XX века Анри Пуанкаре. Так в теории дифференциальных уравнений появилось понятие «предельный цикл».

Дальнейшее развитие идей самоорганизации в нелинейных системах происходило в процессе развития механики, термодинамики, физической химии, биофизики, математической экономики, теории популяций, математической экологии, глобалистики и т.п.

В результате изучения достаточно большого числа нелинейных явлений, открытых в процессе развития перечисленных выше естественных и общественных наук, обнаружилась их глубокая математическая общность и появилась возможность выделить целые классы эффектов, объединенных не общей физической (или какой-либо другой) природой, а общим математическим образом. Причем этот образ, лежащий в основе описания нелинейной системы, принципиально невозможно получить путем анализа ее состояния только вблизи равновесия.

В конечном счете в результате обобщения результатов, полученных в рамках исследования конкретных природных, социальных и экономических систем, родилась новая наука – синергетика.

Для того чтобы максимально четко прояснить механизмы самоорганизации в социально-экономических системах, нам придется сделать достаточно солидный обзор процессов самоорганизации в гораздо более простых системах. К таковым, в первую очередь, относятся физические системы. Однако прежде чем приступить к анализу их конкретных свойств, нам потребуются алгоритмы составления уравнений, описывающих эти системы. Поэтому приводимый ниже математический обзор начинается с изложения способов вывода системы уравнений, описывающих динамические системы.

В открытой неравновесной системе (физической, химической, биологической или социально-экономической) при определенных условиях суммарное уменьшение энтропии за счет обмена потоками с внешней средой может превысить ее внутреннее производство. В этом случае предшествующее неупорядоченное однородное состояние теряет устойчивость. В системе возникают флуктуации, которые могут возрасти до макроскопического уровня.

При этом из хаоса могут возникнуть упорядоченные структуры. Образование этих структур происходит не из-за внешнего воздействия, а из-за внутренней перестройки системы, ее перехода в новое устойчивое состояние. Поэтому это явление получило название самоорганизации. При переходе в это состояние энтропия системы, отнесенная к ее энергии, убывает, и возникают так называемые **диссипативные структуры**, т.е. упорядоченные образования, возникающие в диссипативных системах при неравновесных необратимых процессах [2].

Описание процессов самоорганизации в рамках представлений линейной термодинамики необратимых процессов невозможно уже в силу того, что положение равновесия линейной системы является абсолютно устойчивым. Эффекты же самоорганизации возможны лишь в системах, имеющих более одного стабильного или метастабильного состояния. В этом случае при разложении энтропии в ряд по термодинамическим параметрам (типа выражения (39)) необходимо учитывать не только квадратичные члены, но и члены более высокого порядка:

$$S = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \beta_{ik} x_i x_k + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \epsilon_{ikl} x_i x_k x_l + \dots \quad (1)$$

При этом нарушаются линейные соотношения взаимности Онсагера между обобщенными силами и потоками. Именно поэтому процессы самоорганизации описываются нелинейными уравнениями:

$$\dot{x}_i = -\sum_{j=1}^N \gamma_{ij} X_j, \quad (2)$$

где, как и в случае термодинамики Онсагера:

$$X_i = -\frac{\partial S}{\partial x_i}, \quad (3)$$

однако коэффициенты γ_{ik} становятся функциями термодинамических параметров x_i и не выполняются соотношение взаимности. То есть для нелинейных процессов $\gamma_{ik} \neq \gamma_{ki}$.

Оказалось, что под действием флуктуаций возникают коллективные формы движения (так называемые моды). После того как нарушается устойчивость состояния равновесия, возмущения параметров системы начинают быстро нарастать. Пространственный или временной масштаб возникающей нелинейной структуры определяется в соответствии с **принципом подчинения** - выживает мода с наибольшим инкрементом.

Принцип подчинения следует применять с учетом величин параметрического инкремента или декремента для каждой из мод. Взаимодействие нелинейно связанных мод производит отбор наиболее неустойчивых мод. В результате амплитуда возникающей нелинейной структуры, соответствующей переходу в новое, устойчивое состояние равновесия, может определяться балансом нескольких пар конкурирующих эффектов:

- линейное усиление – нелинейность – диссипация диффузионного типа;
- дисперсия – нелинейность;
- линейное усиление - нелинейная диссипация – дисперсия и т.д.

Для того чтобы подчеркнуть роль коллективного поведения подсистем, образующих систему, известный физик из Штутгарта Г. Хакен ввел для процессов самоорганизации обобщающее название «синергетика» (от греческого слова *συνεργεῖται* «совместное действие»). По определению Хакена, самоорганизация - это «спонтанное образование высокоупорядоченных структур из зародышей или даже из хаоса». В предисловии к своей книге «Синергетика» Г. Хакен пишет: «Я назвал новую дисциплину «синергетикой» не только потому, что в ней исследуется совместное действие многих элементов, систем, но и потому, что для нахождения общих принципов, управляющих самоорганизацией, необходимо кооперирование многих различных дисциплин» [3].

В основе теории самоорганизации лежит гипотеза о том, что в сложных нелинейных системах может существовать несколько метастабильных состояний равновесия. Предположим, что в начальный момент времени система находилась в одном из них. При определен-

ных условиях устойчивость этого состояния нарушается. В этом случае флуктуации, нарастая, выводят систему за пределы устойчивости, и она начинает эволюционировать к новому устойчивому состоянию. При этом сценарии перехода могут быть достаточно разнообразными.

Весьма часто исходное состояние системы является хаотическим. Это состояние содержит в себе неопределенность - вероятность и случайность, которые описываются при помощи понятий информации и энтропии. Таковым, например, является термодинамически равновесное состояние жидкости в сосуде. В этом случае энергия системы равномерно распределена по степеням свободы, а энтропия максимальна. Состояние это является абсолютно устойчивым.

Однако если этот сосуд начать подогревать снизу, то при определенных условиях в жидкости может возникнуть структура конвективных ячеек Бенара.

Для прояснения сути дела позволим себе довольно длинную цитату. «В 1900 г. появилась статья Х. Бенара с фотографией возникшей структуры, которая напоминала пчелиные соты. Он наблюдал ее в ртути, налитой в широкий плоский сосуд из сапфирового стекла, подогреваемый снизу. Слой ртути (или другой вязкой жидкости) после того как градиент температуры достиг некоего критического значения, распался на одинаковые шестигранные призмы с определенным соотношением между стороной и высотой. В центральной части такой призмы жидкость поднималась вверх, а по краям - опускалась. По поверхности жидкость растекалась от центра к краям, а в придонном слое - к центру. Начиная с критического значения разницы температур, возникли устойчивые структуры, названные **ячейками Бенара**.

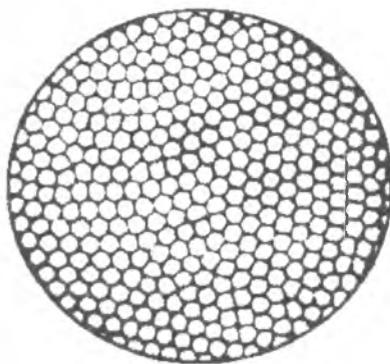


Рис. 1. Ячейка Бенара

Температурный градиент в данном случае называют инверсным, так как жидкость у нижней поверхности из-за теплового расширения имеет меньшую плотность, чем вблизи верхней. Из-за силы тяжести и выталкивающей архимедовой силы система оказывается неустойчивой, слои "хотят" поменяться местами. При меньшей разнице температур между поверхностями из-за вязкости движение жидкости не возникало, тепло распространялось лишь путем теплопроводности, но, начиная с некоторого значения T , обмен ускорился, так как возник конвекционный поток. Флуктуации сначала из-за вязкого трения затухали, в сверхкритической области вдруг резко выросли, достигая макроскопических масштабов. Для устойчивости потоков жидкости необходима регулировка подогрева, и она происходит самосогласованно. Возникает структура, обеспечивающая максимальную скорость тепловых потоков. Поскольку система обменивается с окружающей средой только теплом и в стационарных условиях (при T_1) получает тепла столько, сколько отдает (при $T_2 < T_1$),

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T_1} - \frac{\Delta Q}{T_2} < 0$$
, т. е. внутренняя структура (или самоорганизация) поддерживается за счет поглощения отрицательной энтропии или негэнтропии» [1].

Отметим, что в социально-экономических системах такой процесс самоорганизации

наблюдается с незапамятных времен. Население планеты кластеризуется в систему государств. Государства подразделяются на штаты, субъекты федерации, регионы и т.п. Внутри регионов существуют мегаполисы, города, села, поселки. В населенных пунктах располагаются дома, в которых живут семьи. То есть имеется сложнейшая социальная иерархия. Конкретный характер структур повседневности в человеческом обществе неизмеримо сложнее, чем в тяжелой вязкой жидкости в сосуде, стоящем на плите. Однако механизмы самоорганизации достаточно похожи. Да и политическая, и экономическая терминологии часто бывают заимствованы из естественных наук. Не зря же говорят о кипении политических страстей, накале борьбы, хаосе в государстве и т.п.

Заключение

Таким образом, на базе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что при построении теоретической модели информационного общества самая главная задача состоит в подборе подходящего естественно-научного аналога, поскольку общество является невероятно сложной системой, для которой в принципе невозможно корректно ввести понятие «состояние».

В принципе, приведенные выше соображения, на наш взгляд, представляют собой достаточно яркую иллюстрацию проявления теоремы Геделя. А именно, при попытке последовательного исчерпывающего математического описания социально-экономических систем мы сталкиваемся с неразрешимой задачей. В процессе построения мало-мальски разрешимых агрегированных моделей основная проблема состоит в подборе хорошо изученного естественно-научного аналога. В случае удачного подбора научный прогноз динамики социальной системы может оказаться вполне успешным (см., например, [4]).

Список литературы

1. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания. Новосибирск: ЮКЭА, 1997. 802 с.
2. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985. 327 с.
3. Хакен Г. Синергетика. М.: Наука, 1980. 404 с.
4. Швидак А.И. Качественные методы анализа нестабильной экономики / СамИИТ, РАТ. Самара, 2000. 170 с.