

УДК 519.92+95:536.758

Поиск закономерностей устойчивого развития сложных систем

А. С. Харитонов

ГУП "Институт микроэкономики", Москва, Россия

Показано, что описание сложных систем не может исчерпываться поправками к известным уравнениям состояния и динамики механических систем. В частности, недостаточным оказывается описание равновесия таких систем на базе одной недостающей во времени функции — энтропии, равной мере хаоса. В рамках нового исходного постулата о статистическом равновесии, основанном на введении энтропии как характеристики беспорядка и характеристики порядка, удастся представить некоторый целостный подход к описанию закономерностей сложных систем.

Для описания сложных систем обратимся к анализу феноменологического опыта и его теоретическому осмыслению в виде предустановленной гармонии, состоящей из конечного числа еще непознанных законов природы.

К феноменологическому опыту отнесем сначала три древних эмпирических факта.

1. Все, данное нам в пространстве и времени, изменяется в этом мире. Энтропия как мера внутреннего превращения постоянно возрастает.

2. В природе существует "единственное нечто", названное в физике энергией, что остается постоянным за бесконечное время наблюдения.

3. Временно устойчивые формы природы и общества характеризуются правилом "золотой пропорции" для своих частей. (Этот термин поясняется ниже).

Эти три факта по отдельности известны человечеству давно, в частности, третий из них известен более 25 веков, как отметил С. В. Петухов [1], описывая строение животных организмов, но их совместное осмысление в виде теории еще не построено. Рассмотрим некоторые трудности, возникающие на пути их теоретического осмысления.

Первый факт математически вообще не описывается. Так, математическое описание рассматривает только повторяющиеся свойства природы [2], а описывать то, что навсегда исчезнет, или то, что еще не возникло, математика не может. Поэтому этот факт лежит за рамками непосредственного математического описания эволюционирующих событий и может быть описан только косвенными способами.

Второй факт описывается математически лишь частично, когда можно найти какой-то инвариант, которому можно придать смысл энергии системы. Это оказалось возможным только для таких физических систем, для описания которых можно пренебречь памятью о предыдущих состояниях [3], т. е. тогда, когда можно пренебречь первым обобщенным опытом. Для описания сложных физических систем, не говоря уже о биологических, экономических и социальных системах, где история событий играет определяющую роль, использовать этот второй опыт оказалось весьма проблематично.

Зато третий факт описывается современным математическим методом Фибоначчи [4]. За развитие этого метода было увековечено имя И. Ньютона. На его надгробии выписана формула бинома Ньютона. Согласно его формуле:

$$1 = (\Phi^2 + \Phi)^m = \sum_{n=0}^m C_m^n \Phi^{m+n}, \quad (1)$$

разбиение целого на части в природе происходит равновесным образом только с постоянным шагом “золотой пропорции” Φ , равным 0,618... . А эволюция и развитие системы происходят при отклонении ее определенных параметров от этой константы. Через эволюционное единство природы можно предположить, что эта константа может быть обнаружена во всех структурах организации живой и неживой природы [1–5]. Таким образом, один и тот же математический показатель служит критерием равновесия, эффективности и устойчивости природных систем, а отклонения от него указывают на возникновение эволюционных механизмов*.

Однако на пути достижения даже корректно поставленной цели возникает ряд теоретически и практически нерешенных проблем. Так, анализируя универсальность правила “золотой пропорции”, П. Флоренский [7] задался вопросом: “...почему, если это правило столь универсально, мы не всегда видим отношение между частями пропорционально Φ в соответствующей степени”? Возникает сразу два простейших ответа: мы не всегда знаем самое целое, и мы не всегда правильно вычисляем его равновесные части. Кажется, что оба эти ответа правильны, поэтому существуют и будут существовать актуальные проблемы нахождения и определения целого и его частей при анализе явлений природы. Однако дополнительно к этим двум проблемам существует и третья проблема, связанная со следующими пятью опытными фактами общего характера.

4. Целое не сводится к совокупности своих частей. Этот опыт отражен в известном принципе эмерджентности. Суть принципа эмерджентности состоит в следующем. По одним свойствам целое больше своих частей, по другим — целое меньше своих частей, а по третьим свойствам — целое равно и соизмеримо со свойствами своих частей [8]. Поэтому нахождение тех свойств целого и части, по которым они сопоставимы по формуле (1), является нетривиальной общей теоретической задачей, нерешенной в XX веке. Вариант решения этой задачи, рассмотренный в работах [9–11], будет использован ниже.

5. Следующий опытный факт состоит в том, что круговорот энергии в природе всегда содержит процесс разбиения чего-то целого на части. Этот универсальный процесс можно описывать статистической мерой хаоса, а результат этого процесса принято описывать мерой неопределенности состояния системы, статистической энтропией или количеством информации. Этот факт часто определяют как статистическое выражение второго закона термодинамики.

6. Другой универсальный процесс, который можно наблюдать в круговороте энергии, есть возникновение чего-то нового из своих частей. Процесс, противоположный рассеянию энергии, есть процесс концентрации энергии. Его можно описывать с помощью статистической меры порядка [9].

Сумма мер хаоса и порядка представляет собой следующее математическое тождество:

$$I = - \sum_{i=1}^K f_i \log_k f_i + \sum_{i=1}^K f_i \log_k (Kf_i) = I + G. \quad (2)$$

* Заметим, что с использованием правила “золотой пропорции” получено простое решение большой теоремы Ферма [8].

Тогда в качестве исходного постулата о равновесии круговорота энергии служит постулат о равенстве мер хаоса и порядка [9—11]:

$$I(p, q, l) = G(p, q, l), \quad (3)$$

где p, q, l — импульсы, координаты и набор типов степеней свободы, характеризующие классы параметров в расширенном фазовом пространстве микросостояний.

Постулат (3) включает в себя постулат Больцмана о равновероятности микросостояний как частный случай, а термодинамическое и статистическое равновесия являются частными случаями равновесия этих мер хаоса и порядка [11—13].

Равенство (3) приводит к тому, что меры хаоса или порядка для отдельных классов параметров p, q, l как части целого могут изменяться по уравнению статистической симметрии так, что насколько растет хаос по одним параметрам системы, настолько же растет порядок по другим ее параметрам:

$$\Delta I(q) + \Delta I(p) + \Delta I(l) = 0. \quad (4)$$

Уравнение (4) статистической симметрии удовлетворяет методу Фибоначчи и может описывать необратимость явлений природы во времени. Устойчивые изменения организации по этому уравнению происходят так, что порядок или хаос перераспределяется в соответствии с методом Фибоначчи и имеет асимптотику в виде правила “золотой пропорции”.

В работе [9] показано, что равновесие системы в целом по формуле (3) есть неравенство ее частей мер хаоса по “золотой пропорции”. При этом приращение мер хаоса или порядка означает постоянное изменение конкретных свойств системы. Другими словами, равновесие системы по формулам (1) и (3) реализуется за счет неравновесности ее частей. В некоторых простых случаях мера хаоса по конфигурационному пространству совпадает с нашим представлением об объеме системы, по импульсному пространству мера хаоса совпадает с понятием температуры системы. Основная идея сводится к тому, что тождество (2) и постулат (3) дают возможность объединить метод Фибоначчи с положениями равновесной статистической физики для описания сложных систем за рамками эргодической гипотезы и марковости процессов [2] и определить закономерности их самодвижения.

7. Седьмым опытным фактом мы считаем следующее. Любая неравновесная система в отсутствии внешних “сил” стремится к гармоническому равновесию по формулам (1) и (3) для своих мер хаоса или порядка, а при усредненном ее рассмотрении, если это возможно, она стремится к термодинамическому равновесию. Поэтому никакого противоречия в рамках второго начала термодинамики между живой и неживой природой не существует, как это вошло в физику и биологию XX века.

8. По “закону” инерции система проскакивает точку гармонического равновесия по всем переменным, и поэтому целостная система всегда находится в аperiodическом колебании около положения гармонического равновесия. В упрощенных способах описания эти колебания имеют место около положений термодинамического, механического или динамического равновесия, известных как представление о циклах в природе.

Эти восемь эмпирических фактов нами выбраны как самые простые и общие, а поэтому и самые главные для дальнейшего развития науки об организации сложных систем. Они имеют одно старинное, но незаконченное теоретическое обобщение. Природа подчиняется предусмотренной гармонии. Если это действительно так, то все части природы, молекула, солнечная сис-

тема, человек в той мере, в которой они могут, повторяют свойства целого и стремятся к гармоническому равновесию. А отсюда следуют совершенно новые технологии прогноза и управления сложными системами, в том числе экономикой и обществом.

Теоретическое содержание предустановленной гармонии не представляется нам полностью известным, хотя по крупицам про него написано за 25 веков много. Есть и менее общие, на наш взгляд, теоретические обобщения в виде трех законов или принципов сохранения и превращения энергии и взаимосвязи всех явлений между собой.

Предустановленная гармония содержит не менее 21 общего закона природы. Такое же число новых системных законов природы предварительно у нас получилось при исследовании решений известных уравнений состояния физики с учетом формул (1)–(3). Однако исследование этих законов выходит за рамки одной статьи. Поэтому приведем лишь самый главный теоретический элемент предустановленной гармонии. В ее основе лежит тройственность или равноправная триада взаимосвязанных несоизмеримых различных характеристик любого объекта.

Формулы (1)–(3) — один из вариантов выбора триады для описания закономерностей сложных систем. Поэтому любое описание целесообразно начинать с нахождения трех взаимосвязанных, различных и несоизмеримых частей в рассматриваемой системе. Нахождение триад является непростой, но необходимой задачей. Очевидно, что нелюбые три показателя системы есть ее триада, описываемая предлагаемым методом в соответствии с принципом предустановленной гармонии.

Рассмотрим некоторые простейшие примеры, где без тройственных показателей обойтись нельзя. В таблице приведены примеры тройственных показателей.

Целое	Часть 1	Часть 2	Часть 3	Примечание
$I = A + B$	A	B	+	Три несоизмеримые сущности
$I = \sum_{i=f}^K f_i$	K — число частей	f — вероятность каждой части	i — последовательность	Разбиение целого предполагает возникновение трех различных подмножеств
Параметры	Координата x	Скорость dx	Ускорение $2dx$	Три изменяемые величины
Способ описания	Параметрический x	Вероятностный $f(x)$	Гармонический $I\{f(x)\}$	Типы симметрии и баланса — механический, квантовый и гармонический
Пространство параметров	Координатное $V(q)$	Структурное $L(l)$	Импульсное $P(p)$	Три способа движения материи
	Мера хаоса $I = -\sum_{i=1}^K f_i \log f_i$	Мера порядка $G = \sum_{i=1}^K f_i \log(Kf_i)$	Гармония-Н $I = (\varphi^2 + \varphi)^m$	Три универсальных процесса в круговороте энергии

Таблицу можно и нужно продолжать в каждой научной дисциплине. Здесь же мы выделяем тот факт, что любое явление необходимо описывать не менее чем тремя различными математическими способами, только в этом случае мы исключаем системные ошибки его описания.

Построение более общей теории в первую очередь указывает на традиционные ошибки и заблуждения, а потом уже дает путь к новым понятиям.

Поэтому поиск стандартных заблуждений и есть первая часть наших исследований. В связи с этим обратимся к основам современного мировоззрения.

В основе современного мировоззрения приняты понятия и категории, которые имеют научный смысл только в рамках известных динамических теорий или механистического подхода к описанию природы, когда законами предустановленной гармонии природы, ее триадами, правилом "золотой пропорции" и феноменом самодвижения по уравнению статистической симметрии (4) можно пренебречь. К ним можно отнести такие ходовые понятия, как время, пространство, силу, массу, движение, косную и живую материю и т. д.

Известные динамические теории построены на основании аксиом и постулатов, отражающих свойства одинаковых и даже тождественных частиц, т. е. гипотетических объектов природы. Молчаливо принимая постулаты о постоянстве свойств частей природы в виде частиц или пространства, приходят к представлению о мире как об открытой неравновесной системе, исключая ее целостность и познаваемость. Такое мировоззрение научно несостоятельно, потому что оно не дает способа отличить живую природу от неживой природы и не может предложить объективные законы устойчивого развития природы.

Для гипотетических одинаковых частиц формула (1) упрощается в известное биномиальное распределение:

$$1 = (1/2 + 1/2)^m = \sum_{n=0}^m C_m^n 2^{-m} \quad (4)$$

На основе формулы (4) построена статистика независимых и равновероятных в равновесии событий. Эти статистики справедливы в тех случаях, когда причинно следственными связями между событиями или целостностью рассматриваемой системы можно пренебречь.

Такие упрощения очень полезны и необходимы для решения определенных классов статистических задач, но они приводят к совершенно неадекватным представлениям о важнейших законах природы. Для пояснения этого научного факта ниже приведены два разных подхода к описанию важнейших законов природы.

МЕХАНИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Энергию в адиабатическом приближении можно задать функцией гамильтона от двух классов параметров в виде суммы кинетической и потенциальной энергии:

$$H(p, q) = \sum p^2 2m + V(q)$$

Энтропия равна мере хаоса

$$S = \sum f \log f = \text{Ln} W$$

Внешняя сила диссипирует в системе, поэтому ее энтропия растет.

Статистика независимых событий по формуле (4).

Флуктуации энергии пропорциональны корню квадратному из размеров системы, и их роль убывает с размером системы

ГАРМОНИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Энергия молекулы состоит из трех частей:

$$E = E(a) + E(\alpha) + U(vz),$$

где $E(a)$ — энергия центра атома;

$E(\alpha)$ — энергия электрона;

$U(vz)$ — энергия их взаимодействия между собой.

Энтропия равна сумме мер хаоса и порядка

$$S = -\sum f \log f + \sum f \log(Kf) = \text{Ln} K$$

Рост энтропии не противоречит феномену развития системы.

Статистика рекурсивно связанных событий по формуле (1).

Пульсации энергии пропорциональны размеру системы (И. М. Лифшиц [16]) и поэтому они являются причиной катастроф больших сложных систем

МЕХАНИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД**ГАРМОНИЧЕСКИЙ ПОДХОД****Объект исследования**

Движение частиц под внешним действием силы.

Свойства пространства, частиц и взаимодействия приняты постоянными.

Природа есть открытая неравновесная система.

Причина движения всегда внешняя.

Парадоксы "тепловой смерти Вселенной", "возникновения порядка из хаоса", обратимости самодвижения во времени

Условия существования круговорота энергии.

Свойства пространства, частиц и взаимодействия переменны.

Природа находится в покое, гармоническом равновесии за счет изменения своих частей.

Самодвижение является главным способом существования круговорота энергии.

Развитие является одним из способов самодвижения круговорота энергии в определенных условиях.

Эталоном для анализа развития сложных систем служит физическая специфичность живой природы [11—13]

Цель описания

Получить максимальный выигрыш энергии при совершении работы

Найти условия существования и развития системы

Типовой логический элемент**Диада**

Равновесие диад рассматривается поровну и на постулате равновероятности независимых событий.

Рассматривается один или суперпозиция многих процессов под действием внешней причины.

Развитие идет от простого к сложному.

Природа непознаваема, но состоит из неделимых частиц с постоянными свойствами

Триада

Равновесие триад принимается по "золотой пропорции" и ее биному Ньютона или на постулате о равенстве мер хаоса и порядка.

Рассматриваются одновременно не менее трех процессов с разными константами взаимодействия.

Развитие идет путем усложнения одних свойств системы и упрощения других ее свойств, как это заметил еще А. Пуанкаре на примере развития науки [2].

Природа познаваема и подчиняется установленной гармонии, некоторые элементы которой, например правило "золотой пропорции", давно известны, а симметрия между хаосом и порядком обнаружена совсем недавно

Из приведенных данных видно, что эти подходы по-разному отвечают на важнейшие вопросы о самодвижении материи, ее равновесии, устойчивости и законе развития.

Эти подходы описания различаются целями, поэтому они построены на разных аксиомах и исходных постулатах. Они имеют разные условия применимости и используют разные типы симметрии. На их основе устанавливаются разные законы и способы описания природы, получаются различные рекомендации к действию, которые могут противоречить друг другу, и возникают различные технологии управления обществом, начиная со сбора и обработки текущей информации. Каждый подход формирует свое мировоззрение и свои пути решения поставленных проблем.

Между этими подходами существует предельный переход. За счет усреднения гармонического подхода получаются основы механического подхода, хотя решение проблемы (что первично, вариационные принципы квантовой механики или метод Фибоначчи) является темой будущих исследований.

Механистический подход создал современный набор естественно научных понятий, которым мы пользуемся в вопросах познания природы и которого явно недостаточно для решения многих наших проблем.

Гармонический подход расширяет набор естественно научных понятий о природе, но он находится в стадии зарождения, мало еще проработан.

В механистическом подходе насчитывается 14 системных законов природы, как показано в [13], а в гармоническом подходе, — их 21 и другие по своему содержанию.

Для достижения эффективности, устойчивости и развития сложной системы направляйте ее состояние, определяемое ее триадой, в сторону равновесия по правилу “золотой пропорции” с учетом специфичности этого правила для данной системы.

Л и т е р а т у р а

1. Петухов С. В. Биомеханика, бионика и симметрия. — М.: Наука, 1981. С. 239.
2. Пуусаре А. О науке. — М.: Наука, 1983.
3. Азорянц Э. А., Харитонов А. С., Шеленин Л. А. Немарковские процессы как новая парадигма//ВФ. 1999. № 7. С. 94—104.
4. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. — М.: Мир, 1998.
5. Лефевр В. Космический субъект. — М.: Ин-квартио, 1996.
6. Харитонов А. С. К проблеме доказательства большой теоремы Ферма//Полигнозис. Изд-во Института микроэкономики, 1998. № 1. С. 132—133.
7. Флоренский П. Избранное. 1999. Т. 2.
8. Рыбаков Н. С. О методологии целочастных отношений//Полигнозис. — М.: Изд-во Новый век. С. 129—138.
9. Харитонов А. С. К холистической модели мира, основанной на идее гармонии хаоса и порядка// Проблемы окружающей среды. — М.: ВНИИТИ. 2000. № 2. С. 18—32.
10. Харитонов А. С. Физические начала теории устойчивого развития природы и общества. — М.: Изд-во “Аванта+”. 1999. С. 333—342.
11. Харитонов А. С., Шеленин Л. А. Равновесные распределения в теории немарковских процессов//Краткие сообщения о физике. 1996. № 7, 8. С. 79—83. — Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН.
12. Лифшиц И. М. Некоторые вопросы статистической теории биополимеров//ЖЭТФ. 1968. Т. 55. С. 2408.
13. Непочатых Д. М., Шеленин Л. А. На развалинах идеологии и здравого смысла. — М.: Изд-во Стройматериалов, 1992.

*Выражаю благодарность д-ру физ.-мат. наук,
академику Академии естественных наук России А. А. Рухадзе
за обсуждение работы.*

Search of steady development regularities of composite systems

A. S. Kharitonov

Institute of Microeconomics, Moscow, Russia

It is shown that description of composite systems can not be depleted by the corrections to known equations of state and dynamics of mechanical systems. In particular, poor there is description equilibrium of such systems on the basis one function, increasing in time — entropy, and equal measure of chaos. Within the framework of a new initial postulate about statistical equilibrium, founded on introduction of entropy, characteristic of clutter, and characteristic of the order, it is possible to present some integrated approach to the description of regularities of composite systems.