

О ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕНДЕНЦИЯМИ

В. И. Шаповалов

Московский экономико-финансовый институт

В качестве фундаментальных причин системных тенденций предложены критерии изменения энтропии в открытых системах. Показано, что существенную роль в формировании глобальных тенденций играют энтропийные колебания, возникающие вблизи стационарного состояния системы. Показано, что нелинейность уравнения, описывающего рыночную деятельность частного предприятия, отражает системное преимущество последнего в экономической конкуренции с государственным предприятием.

ВВЕДЕНИЕ

С латинского слово *tendentia* переводится как направленность. В современном естествознании законы, отвечающие за направление процессов, имеют одну общую черту: их математические выражения представляют собой неравенства либо содержат знак экстремума (max или min). Эти законы определяют набор условий, выполнение которых задает тенденцию количественного изменения величин (уменьшение или увеличение). К данной группе законов относятся условия равновесия, критерии устойчивости, критерии эволюции, теорема о минимальном производстве энтропии, закон возрастания энтропии и др.

В системах тенденции наблюдаются как согласованное поведение большого числа частиц. Благодаря явлению необратимости эта согласованность проявляется на макроскопическом уровне и сопровождается феноменологическими эффектами. В результате микроскопический подход уже не может считаться эффективным для изучения тенденций, поскольку многие особенности системного поведения с его помощью не могут быть выявлены. В настоящей работе макроскопический уровень представлен энтропийными закономерностями и методами нелинейной динамики.

Понятие энтропии употреблялось в классическом смысле, введенном в статистическую физику Л. Больцманом. Напомним, что согласно этому

смыслу энтропия есть количественная мера беспорядка в системе. Математически энтропия пропорциональна среднему логарифму плотности вероятности — функции распределения по микросостояниям. Как известно, именно операция усреднения и делает энтропию макроскопической величиной. Это связано с тем, что при вычислении среднего не требуется учитывать информацию обо всех микроскопических явлениях, происходящих в системе.

Энтропия не случайно была выбрана в качестве одной из основных величин, характеризующих тенденции. Дело в том, что благодаря жесткой связи между энтропией и вероятностью действие энтропийных закономерностей на практике проявляется в увеличении вероятности событий, способствующих реализации данных закономерностей. Другими словами, эти события начинают чаще происходить. Последнее указывает на важнейшую роль энтропийных закономерностей в формировании самих тенденций.

Зависимость энтропии от функции распределения по микросостояниям позволяет увидеть связь между энтропийным подходом и методами нелинейной динамики. Микросостояние можно определить как мгновенное состояние системы — вариант взаимодействия всех элементов системы в некоторый момент времени. В фазовом пространстве микросостояние соответствует точке [1, 2]. Совокупность микросостояний, которыми может быть реализовано данное макросостояние (в даль-



нейшем — состоянии), образует конечную область фазового пространства. По известной формуле Больцмана энтропия пропорциональна логарифму числа микросостояний в этой области, т. е. логарифму числа способов, которыми данное состояние может быть реализовано во внешнем мире.

В нелинейной динамике необратимость процессов проявляется в виде сжатия (сокращения) с течением времени первоначальной области фазового пространства, занимаемого системой, до некоторого объема. Этот объем соответствует участку фазового пространства — аттрактору, в котором состояние системы стационарно. Сжатие фазового пространства означает уменьшение числа микросостояний, и, следовательно, сопровождается уменьшением энтропии. Согласно Больцману, уменьшение энтропии соответствует упорядочению в системе. Последнее же является обязательным условием самоорганизации — спонтанного образования новых структур¹. В результате приходим к выводу о том, что энтропийный подход и исследование фазовых траекторий системы методами нелинейной динамики представляют собой два способа изучения одного и того же явления — самоорганизации систем.

Эти два способа взаимно дополняют друг друга. Каждый из них по отдельности не может претендовать на то, чтобы предложить полную картину явления самоорганизации. Это очень важно понимать, поскольку и сейчас встречаются высказывания, согласно которым в рамках одной лишь нелинейной динамики можно получить полное представление о самоорганизации. В то же время, как показано в работах [4—6], без энтропийного подхода невозможно, в частности, объяснить центральную идею самоорганизации — возникновение нового качества.

Большая заслуга в развитии энтропийного подхода принадлежит одному из основоположников современной теории самоорганизации бельгийскому ученому И. Пригожину. Он первым обратил внимание на тот факт, что возникновение новых структур возможно только в диссипативных системах. В физических системах благодаря явлению диссипации (т. е. рассеянию энергии — переходу энергии движения в тепловую) процессы становятся необратимыми. В нефизических системах, в которых нельзя ввести понятие энергии, например, в социальных, необратимость является основным признаком диссипативности систем. При этом диссипативность, несмотря на этимологию самого термина, понимается в более широком смысле,

чем в физике, а именно, как свойство, отвечающее за необратимость происходящих в системе процессов (с этой точки зрения, рассеяние энергии — лишь частное проявление данного свойства в физических системах). Почему так много внимания уделяется необратимости? Потому что энтропия может изменяться только в необратимых процессах. Обратимость же характерна для консервативных систем. В таких системах энтропия всегда постоянна и самоорганизация в них невозможна.

Другим ученым, заложившим основы современных представлений о самоорганизации, является профессор Штутгартского университета (ФРГ) Г. Хакен. Еще в начале 1970-х гг. им было замечено, какую важную роль в самоорганизующихся системах играют самосогласованные, коллективные движения частиц. Тогда же им был введен в современный научный язык термин *синергетика*, которым теперь обозначается область науки, включающая в себя изучение любых кооперативных явлений природы.

В концептуальной основе синергетики лежит так называемая “идея нововведения”. Согласно И. Пригожину, эту идею можно сформулировать следующим образом. При объединении частиц в систему у последней появляются новые (системные) свойства, которые отсутствуют у каждой из частиц, взятой в отдельности [7, 8]. При этом также имеется в виду, что если мы знаем свойства каждой частицы, то исходя только из этого знания, нам не удастся предсказать всех свойств системы, образованной этими частицами.

На первый взгляд, данная идея может показаться достаточно очевидной. Действительно, любому старшекласснику хорошо известно, что все окружающие нас предметы состоят из одних и тех же элементарных частиц: электронов, протонов и нейтронов. На уровне элементарных частиц нет никакой разницы между людьми, животными, растениями и любыми неживыми объектами как искусственного, так и естественного происхождения. Причина же наблюдаемого вокруг великого разнообразия систем заключается в том, что одни и те же элементарные частицы в разных системах по-разному организованы. Следовательно, чтобы создать новый объект, не нужно искать какие-то новые частицы. Достаточно взять те же частицы, что составляют уже существующие объекты, и по-новому их соединить, т. е. по-новому заставить их взаимодействовать между собой. При этом в системе возникнет новая структура, порождающее новое свойство. В результате внешний мир, который различает объекты по их свойствам, увидит появление новой системы.

¹ Данное определение самоорганизации наиболее распространенное (см., например, работу [3]).

Итак, суть проблемы самоорганизации заключается в том, чтобы объяснить, почему при объединении частиц в систему у последней возникают свойства, *новые* по отношению к свойствам составляющих ее частиц. Как это происходит? Почему, наблюдая за поведением каждой частицы системы и зная все свойства этих частиц, мы не можем предвидеть их коллективное поведение, т. е. поведение самой системы? Как получается, что система обладает определенной самостоятельностью по отношению к элементам, ее образующим? Собственно, синергетика и выделилась в отдельную область естествознания специально для того, чтобы найти ответы на указанные вопросы.

Характерная черта современных теоретических исследований в области синергетики — упор на изучение нелинейного поведения системы (напомним, что под нелинейным поведением понимается неоднозначная реакция системы на внешнее воздействие) [3, 9–14]. Энтропийные же закономерности не входят в число приоритетных областей этой науки. В настоящее время им посвящено весьма небольшое число публикаций (среди них отметим работы [15, 16]). Однако, как будет показано ниже, энтропийные закономерности позволяют осознать ряд важнейших тенденций в природе и обществе, которые иными методами не идентифицируются. Эти же закономерности подсказывают и способ управления указанными тенденциями. Остановимся на этом подробнее.

1. КРИТЕРИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ В ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЕ

В данном параграфе рассмотрены критерии, определяющие знак изменения энтропии в открытой системе; полученные результаты относятся к квазистатическим процессам.

В открытой системе взаимодействие с внешней средой налагает определенные условия на распределение величин, характеризующих систему. В этом случае энтропия должна быть выражена через условную функцию распределения. Известно неравенство [1]:

$$S(X) \geq S(X|Y), \quad (1)$$

где X и Y — переменные, определяющие состояние системы; $S(X|Y)$ — условная энтропия, характеризующая неопределенность задания переменной X при условии, что задана переменная Y . В работе [15] приведена следующая трактовка данного неравенства: “Задание дополнительных условий может либо уменьшить неопределенность статистического описания, либо оставить ее неизменной”.

Если рассматривать $S(X)$ как энтропию равновесного состояния замкнутой (изолированной) системы, то размыкание соответствует заданию дополнительных условий. Тогда $S(X|Y)$ — энтропия стационарного состояния после замыкания, в результате которого в системе возникли изменения, описываемые дополнительной переменной Y . Согласно неравенству (1), энтропия системы после размыкания не может быть больше энтропии замкнутой системы.

Однако неравенство (1) не позволяет сравнивать между собой энтропии стационарных состояний открытой системы, а его применение к известной задаче о тепловом контакте двух тел, образующих изолированную систему, приводит к противоречию, поскольку из него следует, что энтропия каждого из двух тел после контакта не может возрасти.

В работах [4–6, 17] было показано, что эти ограничения снимаются, если ввести понятие *энтропистата* согласно условию:

$$\frac{|\Delta S|}{S} \gg \frac{|\Delta S_e|}{S_e},$$

где ΔS и ΔS_e — изменение энтропии, соответственно, системы и внешней среды, вызванное их взаимодействием. Другими словами, в роли энтропистата выступает среда, изменением энтропии которой можно пренебречь по сравнению с изменением энтропии исследуемой системы. Например, в задачах на теплопроводность энтропистатом служит среда, поддерживающая постоянную температуру на границах системы. Сильный ветер навстречу идущему человеку вынуждает его наклоняться вперед, т. е. совершать определенные действия, но так как эти действия не оказывают влияния на происходящее в атмосфере, последняя является энтропистатом по отношению к человеку. Большой шум за открытым окном, созданный потоком транспорта, скорее всего, заставит нас закрыть окно, при этом транспортный поток — энтропистат — даже “не заметит нашего поступка”.

Главное преимущество введения понятия энтропистата заключается в том, что оно позволяет исключить внешнюю среду при изучении поведения открытой системы. В частности, все изменения, которые происходят при взаимодействии системы с энтропистатом, относятся к ней самой. Поэтому и новые переменные, необходимые для описания этих изменений, будут относиться к самой системе. Данное положение было учтено в работах [5, 6], где на основе анализа свойств условной энтропии было доказано соотношение:

$$S(X) > S(X|Y_1) > S(X|Y_1 Y_2) > \dots \\ \dots > S(X|Y_1 Y_2 \dots Y_j) > \dots, \quad (2)$$



где $S(X|Y_1 Y_2 \dots Y_i)$ — условная энтропия, соответствующая значению энтропии системы в стационарном состоянии, которое отличается от замкнутого изменениями в структуре, появившимися благодаря внешнему воздействию и описываемыми переменными Y_1, Y_2, \dots, Y_i .

В этом выражении переход от одного неравенства к другому происходит при изменении величины взаимодействия с энтропостатом. Последняя была обобщена в виде феноменологического параметра, названного *степенью открытости системы* α [4].

Как видно из неравенств (2), каждому значению α однозначно соответствует определенное стационарное значение энтропии. Крайние позиции ряда (2) занимают предельные состояния системы. Для крайней левой позиции выполняется $\alpha = 0$, что означает замкнутое состояние, для крайней правой $\alpha = \alpha_{\max}$, что по логике ряда должно означать максимально разомкнутое состояние.

Согласно соотношению (2), сравнение открытых состояний системы корректно, если речь идет о взаимодействии системы с энтропостатом. Пренебрежение указанным обстоятельством приводит к противоречию, которое, в частности, и было отмечено выше на примере задачи о тепловом контакте двух тел, образующих изолированную систему. Поскольку в данной задаче ни одно из тел нельзя считать энтропостатом, то неравенство (1), являющееся частью выражения (2), не может быть применено.

Если значение энтропии в стационарном состоянии, имеющем степень открытости α_i , обозначить как S_{α_i} , то ряд (2) можно представить в виде [4]

$$S_{\alpha=0} > S_{\alpha_1} > S_{\alpha_2} > \dots > S_{\alpha_i} > \dots \quad (3)$$

Данное выражение содержит, как минимум, две закономерности, которые назовем *критериями изменения энтропии в открытой системе*:

1) при увеличении открытости системы от α_1 до α_2 ее энтропия должна уменьшиться от S_{α_1} до S_{α_2} , т. е. в системе должно произойти упорядочение до уровня, соответствующего новой степени открытости; наоборот, при уменьшении открытости системы от α_2 до α_1 ее энтропия должна увеличиться от S_{α_2} до S_{α_1} , т. е. должно произойти увеличение беспорядка до уровня, соответствующего новой степени открытости;

2) каждой степени открытости α однозначно соответствует свое стационарное значение S_{α} ; при этом, если в системе $S > S_{\alpha}$, то в ней будут преоб-

ладать процессы, уменьшающие энтропию, если $S < S_{\alpha}$, то будут преобладать процессы, увеличивающие энтропию; если $S = S_{\alpha}$, то действия процессов, уменьшающих и увеличивающих энтропию, будут компенсировать друг друга и состояние системы окажется стационарным.

Примеров проявления указанных критериев в окружающем мире можно найти множество и некоторые из них приведены в работах [4–6, 16]. Далее мы остановимся на фундаментальных причинах формирования глобальных тенденций и покажем, какую при этом роль играют описанные здесь энтропийные закономерности.

2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ И ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Графически выражение (3) можно представить в виде энтропийного ряда, изображенного на рис. 1, где S_0 — начальное значение энтропии; $S_{a.3}$ — значение энтропии системы по окончании некоторого процесса в абсолютно замкнутом состоянии ($\alpha = 0$); S_{α_i} — значение энтропии по окончании этого же процесса в стационарном состоянии, имеющем степень открытости α_i . Затемненная часть столбика показывает уровень энтропии системы в стационарном состоянии.

Всегда отрицательное приращение энтропии, на которое уменьшается стационарное значение S_{α}

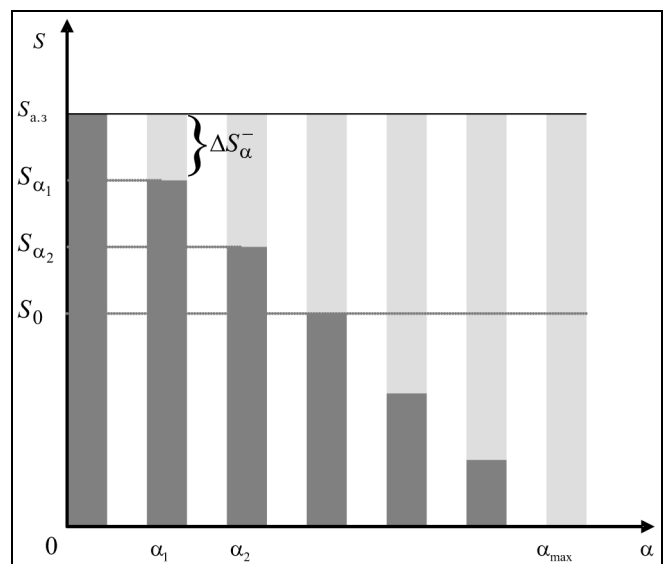


Рис. 1. Энтропийный ряд

по мере увеличения α , обозначим через ΔS_{α}^{-} (см. рис. 1):

$$\Delta S_{\alpha}^{-} = S_{\alpha} - S_{\alpha.3} < 0. \quad (4)$$

В работах [4–6] было показано, что величина (4) является количественной мерой порядка в стационарном состоянии, степень открытости которого равна α .

Величина ΔS_{α}^{-} была названа *критическим уровнем организации* (упорядочения) системы. Смысл этого названия указывает на критериальный характер ΔS_{α}^{-} . Действительно, ΔS_{α}^{-} так же, как и S_{α} , однозначно соответствует степени открытости α . При этом из второго критерия (см. § 1) следует, что если система организована выше своего критического уровня, то в ней преобладают процессы, увеличивающие энтропию, если ниже — процессы, уменьшающие энтропию. На самом критическом уровне действия указанных процессов компенсируют друг друга, и состояние системы становится стационарным.

Отсюда мы получаем два *основных правила управления порядком* в системе (в работе [18] эти правила были названы как “первый способ управления энтропийными закономерностями”; см. также работу [5]).

- Если мы хотим увеличить порядок в системе, то нам необходимо увеличить ее степень открытости, новому значению которой будет соответствовать новый более высокий критический уровень организации. В результате в системе будут преобладать процессы упорядочения и самоорганизации, повышающие ее организацию до нового критического уровня.
- Если требуется уменьшить порядок в системе (дезорганизовать ее), то необходимо уменьшить степень открытости. При этом понизится и критический уровень, что вызовет преобладание процессов, дезорганизующих систему до нового его значения.

В частности, не углубляясь в историю развития различных государств, можно заметить, что государства, на границах которых ужесточается пропускной режим (уменьшается степень открытости), испытывают внутри себя усиление деструктивных процессов и в области экономики, и в области культуры, и в других областях человеческой деятельности, попавших под таможенный пресс. Наоборот, ослабление пропускного режима на границах (увеличение степени открытости) приводит к усилению прогрессивных процессов [4].

При изменении степени открытости системы последняя покидает свое прежнее стационарное состояние и стремится к новому. Далее мы покажем, что при достижении системой нового ста-

онарного состояния в ней могут возникнуть энтропийные колебания. Для этого воспользуемся теоремой И. Пригожина о минимальном производстве энтропии. В соответствии с ней вблизи стационарного состояния увеличение энтропии системы происходит согласно условию [7]

$$\frac{\partial P}{\partial t} \leq 0, \quad (5)$$

где $P = \partial S / \partial t$ — производство энтропии в системе; равенство нулю соответствует стационарному состоянию. Данное условие отражает тот факт, что в процессах, происходящих с увеличением энтропии ($dS > 0$), экстремум функции P соответствует минимуму (см. также работы [19, 20]).

Теперь обратим внимание на важное обстоятельство: в системах, взаимодействующих с энтропостатом, возможна ситуация, когда производство энтропии в системе становится отрицательным, т. е. экстремум функции P может соответствовать максимуму. Действительно, из приведенных в § 1 критериев следует, что увеличение степени открытости системы переводит ее в новое стационарное состояние с меньшей энтропией: $S_{\alpha_2} < S_{\alpha_1}$ при $\alpha_2 > \alpha_1$. Поэтому такой переход сопровождается уменьшением энтропии системы ($dS < 0$). В этом случае производство энтропии P становится отрицательным и в условии (5) изменяется знак. Разумеется, возможна и противоположная ситуация: уменьшение степени открытости приводит к увеличению энтропии нового стационарного состояния: $S_{\alpha_2} > S_{\alpha_1}$ при $\alpha_2 < \alpha_1$; при этом $dS > 0$, P — положительная величина и в условии (5) знак сохраняется.

Неравенство (5) запишем в виде уравнения, добавив некоторую функцию $F(P, S)$:

$$\frac{\partial P}{\partial t} + F(P, S) = 0. \quad (6)$$

На это уравнение распространяются те же ограничения, что и на теорему Пригожина. В частности, оно выполняется в области линейных процессов. Последнее позволило пренебречь всеми слагаемыми, кроме линейных, в разложении функции F в окрестности стационарного состояния. В результате уравнение (6) приняло вид:

$$\frac{\partial^2 S}{\partial t^2} + \beta \frac{\partial S}{\partial t} + \mu S = \mu S_{\alpha}, \quad (7)$$

где $\beta = (\partial F / \partial P)_{P_{\alpha}}$; $\mu = (\partial F / \partial S)_{S_{\alpha}}$; индекс α указывает, что значение функции берется в стационарном состоянии, степень открытости которого α .

При $\mu < 0$ уравнение (7) имеет только неустойчивые стационарные решения. При $0 < \mu \leq \beta^2 / 4$

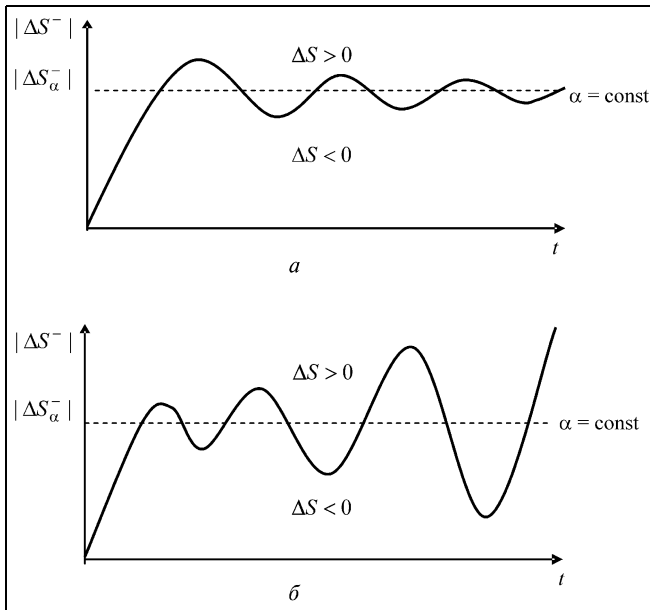


Рис. 2. Энтропийные колебания вокруг стационарного состояния, имеющего степень открытости α :
 а — при $\beta > 0$; б — при $\beta < 0$

решение этого уравнения является устойчивым и аperiodическим. При $\mu > \beta^2/4$ стационарные решения уравнения (7) представляют собой устойчивые колебания вокруг S_α (или, что то же самое, вокруг ΔS_α^-).

При $\beta > 0$ энтропийные колебания являются затухающими (рис. 2, а). При $\beta < 0$ амплитуда колебаний увеличивается с течением времени (рис. 2, б).

Положение о возникновении энтропийных колебаний вокруг критического уровня организации лежит в основе объяснения ряда неблагоприятных тенденций в окружающем нас мире.

Наша планета — это тоже система. Поэтому к ней применимы все закономерности, описанные в настоящей работе для произвольной системы. Так как Земля не является абсолютно замкнутой, то у нее имеется определенная степень открытости, которой соответствует определенный критический уровень организации. Человек преобразует окружающую его среду. При этом его деятельность сопровождается как уменьшением, так и увеличением энтропии среды. Возникает вопрос, каково итоговое изменение энтропии, производимое всем человечеством: больше или меньше нуля? Благодаря введенному выше представлению о критическом уровне организации мы теперь можем ответить на этот вопрос.

Согласно описанным закономерностям, ниже критического уровня на Земле должны преобладать процессы упорядочения и самоорганизации

($\Delta S < 0$), выше — процессы дезорганизации ($\Delta S > 0$). В первом случае человечество, преобразуя окружающий мир, в целом увеличивает в нем порядок больше, чем беспорядок. До каких пор это может продолжаться? До тех пор, пока, создавая, оно не превысит критический уровень организации планеты ΔS_α^- . В этом случае окажутся преобладающими уже процессы дезорганизации (см. рис. 2). В результате вероятность разрушительных событий повысится, и излишек, который человечество построило, выйдя за критический уровень, будет уничтожен (или будет скомпенсирован разрушениями в окружающей среде). По инерции разрушено будет немного больше, чем нужно, чтобы опуститься до критического уровня. Ниже критического уровня будут преобладать процессы самоорганизации, и человечество опять будет строить дома, перегораживать плотинами реки и т. д., т. е. уменьшать энтропию Земли. Спустя некоторое время оно опять превысит критический уровень. Затем все повторяется — возникают энтропийные колебания [4].

В период превышения критического уровня энтропийные закономерности формируют разрушительные тенденции, т. е. повышается вероятность любых событий, способствующих увеличению беспорядка на планете. При этом должны наблюдаться усиление и учащение стихийных бедствий, разрушение экосистем, повышение частоты несчастных случаев, техногенных катастроф, военных и социальных конфликтов и т. д.²

Следует ли отсюда, что нам нужно оставить технический прогресс и перейти к укладу первобытного общества? Не обязательно. Во-первых, не получится. Дело в том, что ниже критического уровня преобладают процессы самоорганизации, ответственные в том числе и за технический прогресс. Это означает, что события, способствующие этому прогрессу, будут иметь большую вероятность, благодаря чему цивилизация все равно будет двигаться к критическому уровню и через некоторое время превысит его. А во-вторых, осознание описанной тенденции не только позволяет предвидеть грядущие тяжкие испытания, но и подсказывает способ их обойти.

Напомним, что значение критического уровня организации зависит от степени открытости сис-

² Заметим, что данные рассуждения переводят статус известного “парникового эффекта” из причины в следствие. Действительно, считаясь ответственным лишь за стихийные явления, этот эффект не обуславливает острых социальных конфликтов, но в то же время наряду с ними (и экологическим кризисом) делает одно общее дело — увеличивает энтропию на Земле — и, следовательно, подчиняется описанным здесь закономерностям.

темы. Следовательно, систему “Земля — человечество” надо еще более открыть, заселив, например, Луну. Фантастично? Но ведь размыкание системы должно быть соразмерно, иначе изменения не будут заметны. Система “Земля — человечество — Луна” получится менее замкнутой, чем прежняя, поэтому критический уровень у нее будет выше и энтропию можно будет уменьшить на большую величину, прежде чем возникнет угроза общего уничтожения. А за это время можно успеть освоить Марс, тем самым разомкнув систему еще больше, и т. д.

Необходимо признать, что до тех пор, пока человечество не научится управлять законами убывания и возрастания энтропии, мир, в котором мы живем, придется постоянно размыкать [4, 17, 21].

Разумеется, вместо освоения Луны можно попробовать отправлять наши отходы в космос, как предлагается авторами некоторых публикаций (см., например, работу [22]). Однако удаление энтропийного мусора с Земли — это, по нашему мнению, удаление частичек её самой. Ну и как долго мы сможем уменьшать нашу планету? Пока она не исчезнет? А ведь интенсивность указанного процесса должна быть отнюдь не маленькой, чтобы, повторим, размыкание для планеты оказалось заметным. Соразмерность размыкания — очень важное условие. Только в этом случае процессы самоорганизации окажутся преобладающими, и вероятность разрушительных событий понизится. Как это может проявиться на практике? Освоение Луны — ближайшего соразмерного с Землей объекта — может быть осуществлено только благодаря объединенным усилиям многих государств. Следовательно, вместо войны придется объединяться [17, 21].

Энтропийные колебания ответственны не только за формирование глобальных тенденций. Их проявление ощутимо и на региональном уровне. Любая структурно организованная географическая местность (регион) представляет собой систему, взаимодействующую с окружающим миром. Следовательно, этот регион имеет определенную степень открытости, которой соответствует определенный уровень порядка — критический уровень организации. Если в данном регионе этот уровень будет превышен, то районы с природным уменьшением энтропии (горные и прилегающие к ним области), а также крупные искусственные постройки будут представлять собой места с повышенной вероятностью возникновения процессов увеличения энтропии. Поэтому в таких районах каждое значительное строительство следует рассматривать как дополнительное уменьшение энтропии с повышенным риском возникновением различных

бедствий. Подробнее о региональных энтропийных тенденциях, а также о мерах по снижению и предотвращению их опасных последствий см., например, в работах [5, 16, 23].

Как уже было сказано во Введении, макроскопический подход не ограничивается энтропийными закономерностями. Важнейшие аспекты формирования тенденций могут быть описаны методами нелинейной динамики. Ниже на примере экономической системы мы покажем, как нелинейность при определенных условиях дает преимущество в конкурентной борьбе.

3. УСТОЙЧИВОСТЬ РЫНКА СМЕШАННОГО КАПИТАЛА

Фазовое пространство диссипативных систем, к которым относится и большинство экономических систем, заполнено совокупностью устойчивых и неустойчивых стационарных состояний. Выбор во времени той или иной последовательности этих состояний определяется интервалом значений так называемых *управляющих параметров* — постоянных величин, с помощью которых внешний мир закрепляет свои отношения с системой. Поскольку речь идет о фазовом пространстве, то все необратимые процессы должны происходить с изменением энтропии. Последнее же регулируется закономерностями, описанными в § 2. В частности, управляя внешним воздействием на систему (степенью ее открытости), мы управляем тенденциями увеличения или уменьшения порядка в ней. В рамках нелинейной динамики изменение интервала управляющих параметров соответствует изменению внешнего воздействия на систему [24]. Следовательно, выбирая те или иные значения управляющих параметров, мы также можем управлять тенденциями, т. е. изменять вероятность событий в нужную для нас сторону. В частности, мы можем текущее устойчивое состояние системы сделать неустойчивым и наоборот.

Далее мы определим, какие величины являются управляющими параметрами для системы “рынок субъектов с частной и государственной формами собственности”. Кроме того, мы попробуем ответить на вопрос: может ли быть устойчивой экономика, базирующаяся на смешанном капитале? И если да, то при каких обязательных условиях?

Управляющие параметры выступают в качестве постоянных величин, входящих в эволюционное уравнение для непрерывных процессов или в его аналог — точечное отображение — для дискретных процессов (здесь и далее мы следуем терминологии, принятой в работе [8]). Применение точечного отображения наиболее удобно, если изучаемые процессы — марковские. Для системы “рынок”



ожидаемый объем очередной продажи, как правило, можно оценить по результатам предыдущей, что характерно для марковских процессов. Поэтому анализ устойчивости проведем методом точечных отображений, математическое выражение которых, как известно, дается уравнением вида $X_{n+1} = F(X_n)$.

Пусть X и Y — одинаковые или взаимозаменяемые товары. Товар X реализуется частным предпринятием; Y — государственным. Введем обозначения: X_{n+1} (или Y_{n+1}) — ожидаемый объем очередной продажи; X_n (или Y_n) — объем предыдущей продажи. Единицы измерения принципиального значения не имеют. Конкретные выражения для точечных отображений определим путем составления главных пропорций [25], т. е. таких соотношений, которые являются характерными для действительной изучаемой системы, в данном случае — для операций на рынке.

В случае частного продавца идея составления главной пропорции формулируется следующим образом: ожидаемый объем очередной продажи пропорционален объему, предъявленному к продаже, и спросу на товар X . Как правило, частный предприниматель, решая, сколько товара предъявить к продаже, ориентируется на то, сколько его было продано в предыдущий раз. Кроме того, полагая, что главным фактором, определяющим средний (в рассматриваемом регионе) спрос на тот или иной товар, является доход среднего (в том же регионе) покупателя, получаем: спрос на товар X пропорционален доходу среднего покупателя за вычетом той части этого спроса, которая была удовлетворена покупкой товара Y вместо товара X .

В случае государственного продавца отличие состоит в том, что объем, предъявленный к продаже, определяется, в первую очередь, государственными нуждами, а не конъюнктурой рынка, и является постоянной величиной A в том смысле, что слабо зависит от номера итераций точечного отображения в принятых нами обозначениях. Остальные пропорции не изменяются.

Сформулированная таким образом задача была решена в работе [26], где получены следующие результаты.

Точечные отображения, характеризующие процесс торговли, имеют вид:

$$X_{n+1} = X_n(\alpha C_0 - \mu \beta_x X_n Y_n) \quad (8)$$

— для частного продавца;

$$Y_{n+1} = A(\alpha C_0 - \mu \beta_y X_n Y_n) \quad (9)$$

— для государственного продавца. В этих формулах β_x — цена товара X ; β_y — цена товара Y ;

C_0 — доход среднего (в данном регионе) покупателя; α и μ — коэффициенты пропорциональности.

Стационарный объем продаж частного предпринимателя будет устойчивым при условии

$$1 < \alpha C_0 < 3, \quad (10)$$

а государственного — при условии

$$0 < \alpha C_0 < \frac{1}{1 - 0,5\beta_x/\beta_y}. \quad (11)$$

Кроме того, обе формы собственности устойчиво сосуществуют на одном рынке, не вытесняя одна другую (цивилизованная конкуренция), если установленные ими цены удовлетворяют неравенству:

$$\beta_x \leq 4\beta_y/3. \quad (12)$$

Итак, стационарное сосуществование субъектов рынка с частной и государственной формами собственности возможно. Из условий устойчивости (10)—(12) следует, что в качестве главных управляющих параметров системы “рынок” выступают доход среднего покупателя C_0 и отношение цен, устанавливаемых участниками рынка.

Предположив, что государственные цены менее подвижны, чем частные, из неравенства (12) получаем, что устойчивость рынка не нарушится даже в том случае, если частный предприниматель станет продавать свой товар немного дороже государственного в указанном пределе: средняя цена β_x может быть больше средней цены β_y , но не более чем на 1/3.

Данный вывод имеет важное следствие. Системные свойства представителей частного капитала (в математическом отношении — более высокая *нелинейность* отображения (8) по сравнению с отображением (9)) дают им принципиальную возможность получать большую прибыль по сравнению с государственными субъектами при прочих равных условиях. Разница в прибыли может составить около 30 % в условиях устойчивого сосуществования, т. е. когда ни одна из конкурирующих форм собственности не вытесняет другую. В настоящем исследовании прочие равные условия были учтены введением в уравнения (8) и (9) одних и тех же коэффициентов α и μ .

Этот вывод подтверждается и анализом условий устойчивости (10) и (11). В частности, из левой части неравенства (10) следует, что для устойчивого положения участника рынка с частной формой собственности минимальный объем очередной продажи не может быть меньше предыдущего. Действительно, в соответствии с уравнением (8) при отсутствии конкуренции (т. е. при отсутствии

отрицательного слагаемого) нижняя граница условия устойчивости (10) означает, что объем продажи X_{n+1} должен быть не меньше объема X_n . Другими словами, частный предприниматель имеет устойчивое положение на рынке только в том случае, если каждый очередной раз продает не меньше, чем в предыдущий. Напротив, для государственного участника рынка условие устойчивости (11) требует всего лишь, чтобы объем очередной продажи был чуть больше нуля.

Таким образом, в отличие от государственного, системные особенности частного предпринимателя вынуждают его работать экономически эффективно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные критерии изменения энтропии образуют фундаментальную основу причин системных тенденций в природе и обществе.

Универсальность данных критериев заключается в том, что они обязательны для любого объекта, если этот объект — система, в которой происходят необратимые процессы. Специфика системы проявляется лишь на уровне механизмов, которые она задействует с целью выполнения установок этих критериев. Например, замыкание (уменьшение степени открытости) должно привести к дезорганизации. Замыкание на биологическом или физическом системном уровне порождает разрушительные процессы биологической или физической специфики, замыкание общественной системы неизбежно порождает процессы социальной напряженности и т. д.

С помощью критериев изменения энтропии можно управлять основными тенденциями в системе. Изменяя степень её открытости, мы повышаем или понижаем значение стационарного уровня порядка в системе — критический уровень организации. Тем самым мы изменяем вероятность происходящих в системе событий, т. е. порождаем тенденцию. Например, эмбарго для какой-либо страны означает уменьшение ее степени открытости. В результате в этой стране неизбежно увеличится вероятность разрушительных событий, имеющих экономическую и социальную специфику. Причем лидерам страны бесполезно взывать к разуму своих сограждан или принимать репрессивные меры. Все равно вероятность событий изменится таким образом, чтобы беспорядок возрос до уровня, соответствующего оставшейся степени открытости внешнему миру. Снятие эмбарго — увеличение степени открытости — неизбежно порождает прогрессивные процессы.

Применение энтропийных критериев к системе “Земля”, позволяет прогнозировать глобальные тенденции и управлять ими. Сравнительно постоянная степень открытости Земли задает определенный критический уровень упорядочения на планете. Человечество же, созидая в мирное время, неизбежно стремится превысить этот уровень. И когда это происходит, то, несмотря ни на какие мирные инициативы и экологические программы, на Земле обязательно должны преобладать процессы дезорганизации. В то же время увеличение открытости планеты (например, в результате целенаправленного и масштабного освоения космоса) повысило бы и значение ее критического уровня, что привело бы к преобладанию процессов самоорганизации, и только тогда реализация экологических программ смогла бы эффективно восстанавливать природную среду, а человечество пришло бы к состоянию устойчивого мирного сосуществования.

Управляющие параметры в нелинейной динамике — это аналог внешнего воздействия энтропата на систему. Управление тенденциями в этом случае осуществляется посредством изменения значений управляющих параметров. Для системы “рынок” в качестве основных управляющих параметров выступают доход среднего покупателя и отношение цен, устанавливаемых участниками рынка. Изменяя указанные управляющие параметры, мы можем нарушить любое из условий (10)—(12). В результате система “рынок” сразу же дестабилизируется. Важно обратить внимание на то, что одним из этих параметров является доход среднего покупателя, а не средний доход на душу населения. Последний, как известно, наиболее часто фигурирует в официальных отчетах, т. е. получается, что основной управляющий параметр остается вне контроля. А ведь именно этот параметр (наряду с отношением цен) и задает направление главных тенденций системы “рынок” — к устойчивому состоянию или наоборот.

Рыночная деятельность предприятия с частной собственностью, благодаря его системным особенностям, приносит ему большую прибыль по сравнению с государственным предприятием при прочих равных условиях. В процентном отношении это преимущество в расчете на одного субъекта рынка может достигать примерно 30 % (речь идет о цивилизованной экономической конкуренции, когда ни одна форма собственности не вытесняет другую). Поэтому налог с доходов частных предприятий по сравнению с государственными даст значительно большие поступления в общественный бюджет. Отсюда: главная задача общества с бедным государственным бюджетом заключается в



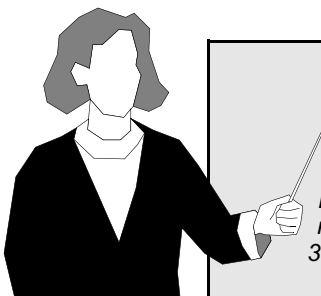
формировании тенденций, ведущих к увеличению доли частного капитала. Сначала налоги с частного капитала должны наполнить государственный бюджет, а уж затем, по мере наполнения последнего, общество сможет его тратить на создание государственных предприятий с целью оказания каких-либо услуг населению.

У вывода об экономическом преимуществе частного капитала над государственным существует ограничение, действие которого следует ожидать, возможно, только в будущем. Например, в обществе с полной общей автоматизацией производства положение о зависимости спроса среднего покупателя от его дохода становится необязательным. В этом случае ключевые уравнения (8) и (9), составление которых опирается на это положение, перестают правильно описывать ситуацию. Следовательно, и выводы, сделанные в предыдущем абзаце теряют свою жесткость. На практике данное ограничение может быть заметным в тех странах, в которых общество имеет богатый бюджет и через социальную помощь может удовлетворить многие потребности граждан независимо от их личного дохода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климонтович Ю. Л. Статистическая физика. — М.: Наука, 1982.
2. Терлецкий Я. П. Статистическая физика. — М.: Высшая школа, 1994.
3. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Введение в синергетику. — М.: Наука, 1990.
4. Шаповалов В. И. Энтропийный мир. — Волгоград: Перемена, 1995.
5. Шаповалов В. И. Основы синергетики: макроскопический подход. — М.: Испо-Сервис, 2000.
6. Шаповалов В. И. Формирование системных свойств и статистический подход // Автоматика и телемеханика. — 2001. — № 6. — С. 57—68.
7. Пригожин И. От существующего к возникающему. — М.: Наука, 1985.
8. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. — М.: Мир, 1990.
9. Хакен Г. Синергетика: иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. — М.: Мир, 1985.
10. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. — М.: Мир, 1991.
11. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Законы эволюции и самоорганизация сложных систем. — М.: Наука, 1994.
12. Колесников А. А. Основы теории синергетического управления. — М.: Испо-Сервис, 2000.
13. Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Современные проблемы нелинейной динамики. — М.: Едиториал УРСС, 2002.
14. Синергетика и проблемы теории управления / Под ред. А. А. Колесникова. — М.: Наука, 2004.
15. Климонтович Ю. Л. Статистическая теория открытых систем. — М.: Янус, 1995.
16. Прангишвили И. В., Пащенко Ф. Ф., Бусыгин Б. П. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе. — М.: Наука, 2001.
17. Шаповалов В. И., Казаков Н. В. Законы синергетики и глобальные тенденции // Общественные науки и современность. — 2002. — № 3. — С. 141—148.
18. Прангишвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности: вопросы управления сложными системами. — М.: Наука, 2003.
19. Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П. Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. — М.: МГУ, 1989.
20. Хайтун С. Д. Механика и необратимость. — М.: Янус, 1996.
21. Шаповалов В. И., Казаков Н. В. Энтропийные закономерности и формирование глобальных тенденций // Стратегия динамического развития России: единство самоорганизации и управления: Материалы Первой междунар. научн.-практ. конф. — М.: 2004. — Т. III, ч. II. — С. 180—184.
22. Лийв Э. Х. Инфодинамика, обобщенная энтропия и негэнтропия. — Таллинн, 1998.
23. Шаповалов В. И., Казаков Н. В., Гончаров Н. В. Энтропия и экологические проблемы регионов // Сб. тр. IV традиц. научн.-техн. конф. стран СНГ "Процессы и оборудование экологических производств". — Волгоград, 1998. — С. 242, 243.
24. Хакен Г. Самоорганизующееся общество // Стратегия динамического развития России: единство самоорганизации и управления: Материалы Первой междунар. научн.-практ. конф. — М.: 2004. — Т. III, ч. I. — С. 6—28.
25. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980.
26. Шаповалов В. И. Модель устойчивости экономической системы смешанного типа // Синергетика и проблемы теории управления. — М., 2004. — С. 447—453.

E-mail: vish@cnt.ru



Вниманию подписчиков!

В каталоге "Роспечати" на I полугодие 2005 г. ошибочно указана периодичность журнала "Проблемы управления" — 4 номера в год. Однако с 2005 г. мы выходим 6 раз в год. Если Вы подписались по каталогу "Роспечати", то для получения № 3/2005 Вам необходимо на него подписаться по объединенному каталогу "Пресса России" (индекс 38006) или через Редакцию.