

# ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ В ПРИРОДНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

## DINAMICAL PROCESSES, ENTROPY AND INFORMATION IN NATURAL AND SOCIAL SYSTEMS

Н. В. Катаргин,

кандидат физико-математических наук, доцент

*Сложные природные и социально-экономические системы можно моделировать как объекты, состоящие из элементов с нелинейными связями в многомерном информационно-геометрическом (фазовом) пространстве. Движение системы определяется закономерным ростом энтропии и её убыванием в результате использования внешних источников энергии и других ресурсов. Рассмотрена связь энтропии со стоимостью объектов, а также с гуманитарными понятиями: богоугодность, мораль, счастье.*

*Possible to describe complicate as natural as social systems as objects consisted of nonlinearly dependent elements at the multi-dimension (phase) space contained as real as information components. The system movement is defined by natural growth of entropy and its decrease as a result of using of external energy sources and other resources. Examined the association of entropy with the value of objects, as well as with humanitarian concepts: God's Providence, morality, and happiness.*

**Ключевые слова:** эконофизика; фазовое пространство; энтропия; диссипативные системы; природные системы; социально-экономические системы.

**Key words:** Econophysics; phase space; entropy; dissipative systems; natural systems; social and economic systems.

Учёные пытаются понять, что происходит в России и в мире, что нас ждёт и что делать. В частности, в журнале МИР много публикаций по этой тематике. Есть понимание, что безумное выкачивание топлива с вложением денег в американские финансовые пирамиды – это «топливная западня», лишаящая Россию перспектив развития [1]. Россия нуждается в модернизации, в скачке к инновационному развитию на основе нового технологического уклада [2, 3, 4], основанного не столько на материальном производстве, сколько на информационных технологиях, производстве информационных объектов, взаимодействующих с духовным миром человека [5, 6, 7]. При этом необходимо понимать, что в мире идёт борьба за ресурсы, и информационное оружие считается наиболее эффективным [5]. Закономерности развития объектов в информационном пространстве интенсивно изучаются, результаты этих исследований (бифуркационную концепцию) предлагается применить даже к траектории экономической науки [8]. Более того, ожидается новая научная революция [9]

В данной работе автор пытается связать социально-экономические проблемы, обсуждаемые в журнале МИР, с математическими моделями, позволяющими по-новому взглянуть на эти проблемы.

В науке происходит переворот, по своим масштабам и важности результатов значительно превосходящий квантовый переворот в физике XX века. Этот переворот связан с использованием в социальной сфере и экономике методов и подходов, разработанных математиками и физиками-теоретиками, что позволяет перейти от сравнительно

простых математических моделей экономических процессов к более сложным, позволяющим понять, например, поведение таких систем в кризисных ситуациях.

Рассмотрим моделирование социально-экономических систем с использованием таких понятий, как многомерное фазовое пространство и открытые системы с убывающей энтропией.

Развитие социально-экономических объектов можно рассматривать как движение точек (концов векторов) в многомерном пространстве по траекториям, которые могут быть плавными и предсказуемыми, а могут в течение короткого времени резко меняться (бифуркация, катастрофа). Оценку «мощности» и устойчивости социальной структуры (государства, предприятия, армии и их составных частей) можно проводить по большому набору показателей (координат конца вектора) в информационно-геометрическом фазовом пространстве или же свернуть до четырех показателей:

- физическая масса ( $m$ ), включающая в себя массу (количество) людей, животных, растений, продуктов питания, массу продуктов труда (машины, сооружения) и массу энергоносителей;
- объем информации, накопленной в структуре (I): научные знания, степень социальной упорядоченности (политическая культура, идеология), образование, уровень технологий (в частности – вооружения). Религию, традиции, культуру можно считать компонентами идеологии. Мы используем два подхода к пониманию сущности и роли информации: 1) технический подход,

основанный на изменении энтропии (энтропия – мера упорядоченности системы, основанная на вероятностях обнаружения элементов системы в возможных состояниях; при полном хаосе максимальна, при полном порядке равна нулю); 2) затраты на создание и обработку информации (наука, образование, дизайн, культура) и стоимость произведённой информационной продукции. Капитал  $K = m + I$ .

- скорость производства и перемещения компонент физической массы ( $dm/dt$ ), скорость и адекватность обработки информации ( $dI/dt$ ). Обратные активы  $L = dm/dt + dI/dt$ .

Все указанные показатели целесообразно оценивать в унифицированных единицах – деньгах. Таким образом, денежная единица является единицей измерения в многомерном пространстве с осями координат  $m, I, dm/dt, dI/dt$ . Изменение параметров системы можно представить как движение по траектории в этом пространстве (рис. 1).

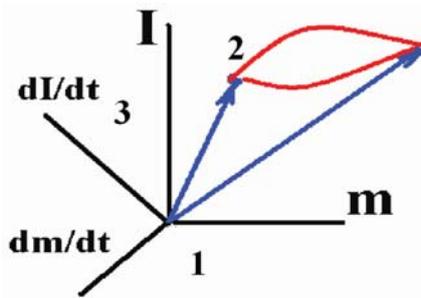


Рис. 1. Многомерное пространство с осями координат  $m, I, dm/dt, dI/dt$

«Мощность» системы можно оценить по формуле, аналогичной известной формуле Кобба-Дугласа

$$Y = m^{\alpha_1} I^{\alpha_2} (dm/dt)^{\alpha_3} (dI/dt)^{\alpha_4} \quad (1)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  характеризуют значимость факторов (эластичности), и если их сумма равна единице, то  $Y$  также имеет размерность денег. Если  $dm/dt = 0$  или  $dI/dt = 0$ , т.е. предприятие ничего не производит и не совершенствуется, то оно ничего не стоит или скоро обесценится.

Такой подход позволяет более наглядно, в сжатом виде представлять информацию о социальных структурах и, соответственно, быстро принимать адекватные решения. Например, поражение СССР в холодной войне и его развал можно интерпретировать следующим образом: стремление централизованно контролировать все информационное пространство страны (планирование производства и потребления, идеологию, искусство, науку) привело к малой скорости информационных потоков, неадекватности принимаемых

решений и распаду идеологии, то есть уменьшению фазового объема  $dI/dt$  и, соответственно,  $Y$ . Государство развалилось, несмотря на высокие  $m, I$  и  $dm/dt$

Постиндустриальное общество характеризуется тем, что 80% работающих не производят материальные ценности своими руками, а создают и обрабатывают информацию, и фазовый объем  $I, dI/dt$  можно оценить в 80%. Соответственно, экономика, борьба между государствами, а также преступность перемещаются из материальной сферы в информационное пространство. Считается, что государства низшей категории торгуют сырьем и металлами (Зона 1 на рис. 1; они всегда будут бедны из-за малого фазового объема), более высокой – развивают наукоемкую промышленность (Зона 2), а страны высшей категории (точнее – их элита) создают символы, образы и финансово-экономические модели, воздействующие на другие народы и позволяющие безнаказанно их грабить (Зона 3). Пример такого символа – доллар США, сохраняющий свою устойчивость и привлекательность несмотря на огромный долг США и вливание необеспеченных триллионов долларов. В классической равновесной экономике такое невозможно. Для этого США необходимо поддерживать нестабильность в мире, а нестабильность гораздо проще создавать в информационном пространстве, где нет инерции и аддитивности. В США Santa Fe Institute изучает поведение различных неравновесных систем для теоретического обоснования информационных и обычных войн и революций. Далее рассмотрен один из аспектов эконофизики.

Социально-экономические объекты следует рассматривать как самоорганизующиеся многокомпонентные системы с убывающей энтропией, т.е. стремящиеся уменьшить внутренний хаос за счет увеличения энтропии окружения, например, сжигания топлива (открытые диссипативные системы) [10]. Мировая финансово-экономическая система также является многокомпонентной системой с нелинейными связями в многомерном пространстве. В таких системах горизонт прогноза ограничен, неожиданно может возникать динамический хаос и энергонасыщенные (богатые) структуры (финансовые группы, олигархи, преступные, террористические и вооруженные организации); даже в простейшей системе такого типа её единственная переменная  $x(t)$  может очень долго совершать периодические колебания, а затем уйти в бесконечность [11]; небольшие воздействия в критических точках могут приводить к бифуркациям, т.е. резким изменениям: революциям, дефолтам и т.п. Анализ одного из уравнений нелинейной динамики – Гинзбурга-Ландау предсказывает появление гигантских амплитуд. В приложении к термоядерному реактору это неоднородности в плазме, в соци-

альной среде – появление огромных богатств при неравновесной диффузии денег в неоднородной среде с нелинейными связями элементов.

Представление об объектах в многомерном информационном пространстве, связанных со структурами в наблюдаемом пространстве-времени, коррелирует с традиционными представлениями о сверхъестественных силах и их роли в мироздании. Попробуем сформулировать определения Бога и Дьявола:

Бог – совокупность информационных объектов (данных и алгоритмов, software), хранящихся в природных объектах и способствующих возникновению и существованию объектов с высоким содержанием энергии и информации.

Дьявол – совокупность информационных объектов, хранящихся в природных объектах и способствующих разрушению объектов с высоким содержанием энергии и информации.

В соответствии со вторым началом термодинамики, энтропия замкнутой системы может только возрастать (торжество Дьявола), но в природе и обществе возникают и некоторое время существуют объекты с высоким содержанием энергии и/или высокой упорядоченностью: смерчи, тайфуны, молнии, самородки золота, живые организмы и биоценозы, человек и продукты его труда, в том числе информационные (проявление Бога).

Биосферные системы устойчивы, если стремятся к максимальной биомассе [12] и насыщенности информацией (разнообразие видов) [13], т.е. к Богу, пренебрежение людей этим принципом ведет к неустойчивости искусственных культурных растений и ландшафтов с монокультурами. Устойчива также безжизненная пустыня (торжество Дьявола).

Указанные представления позволяют увязать термодинамику и эконофизику с гуманитарными понятиями, такими как мораль, нравственность, счастье, религия.

Чтобы избежать религиозных дискуссий, вместо определений Бога и Дьявола введём концепцию G-объекта и G-процесса, D-объекта и D-процесса. Процессы, способствующие возникновению и развитию объектов с высоким содержанием энергии и/или информации, а в неживой природе – с низкой энтропией назовём G-процессами, в противном случае – D-процессами. Назовём совокупность всех программ и данных (software), хранящихся на всех природных и технических носителях и поддерживающих G-процессы в биосфере и социальной сфере, G-объектом, в противном случае – D-объектом.

На рис. 2 показано соотношение энтропии и информации в неживых, биосферных и социальных системах.



Рис. 2. Энтропия, информация и стоимость объектов в неживых, биологических и социальных системах. Стрелки показывают направление G-процессов и возрастания стоимости объектов M

В правой части рисунка показано соотношение энтропии и информации в биосферных и социальных системах.

Зона 1: при абсолютном хаосе энтропия максимальна, информация равна нулю. Пример: разбитая и разбежавшаяся армия. Оценка такой системы обществом – нулевая или отрицательная. Социальную значимость или полезность Y можно оценивать в деньгах (M). В зоне 1 убыванию энтропии соответствует рост информации и стоимости системы.

Зона 2 соответствует максимуму информации в системе, но энтропия не равна нулю, значит, идеального порядка нет, остаётся частичный хаос, то есть свобода выбора. Зона 2 соответствует диким экосистемам, которые стремятся к максимальной биомассе и разнообразию, в социальных системах – свободному рынку и динамической эффективности [14], которую реализуют свободные, но упорядоченные законом и моралью предприниматели (см. формулу 1). Они стремятся к росту материальных ресурсов и информации, проявляя деловую и интеллектуальную активность в рамках общественных и ресурсных ограничений, и исчезают как предприниматели, если действуют иначе. Психика живых существ за миллиарды лет сформировалась так, чтобы испытывать удовольствие и счастье при стремлении в зону 2, что стимулирует G-процессы (рождение и воспитание потомства, у людей – ещё и творчество). Религии формируются для обеспечения G-процессов: обеспечение упорядоченности и структурной сложности общества.

Зона 3: При идеальном порядке энтропия равна нулю, но информация при этом равна 1 бит, то есть почти ноль. Пример: тюрьма, которая действует только в интересах собственного порядка, требует ресурсы, но ничего не создаёт. В зоне 3 убыванию энтропии соответствует убывание информации и стоимости системы. В соответствии со вторым законом термодинамики, для обеспечения

убывания энтропии требуются затраты энергии и/или других ресурсов из внешней среды, то есть это невыгодно вдвойне. Зона 3 в социальной сфере – это зона монополий, преступных сговоров, бюрократии, коррупции, интервенционизма и плановой экономики. В микроэкономике зона 3 соответствует жёсткой иерархической системе управления, что признано невыгодным.

Зона 4: неживая природа, в которой информация отсутствует, но можно использовать понятия энтропии и стоимости. Объекты с низкой энтропией и высокой свободной энергией, возникающие за счёт диссипации большого количества энергии, поступающей от Солнца или из глубин Земли, обеспечивают биосферу и людей ресурсами энергии (ветер, падающая вода, дрова, уголь, нефть, газ) и чистыми веществами: пресная вода, руды, золото. Социальная значимость этих объектов, оцениваемая в деньгах ( $M$ ), растёт по мере убывания энтропии,  $G$ -процессы направлены сверху вниз,  $D$ -процессы направлены снизу вверх: создание свалок, уничтожение лесов, животных, рыбы. Стоимость особо чистых редких металлов с нулевой энтропией особенно велика, и они являются эталонами стоимости объектов неживой и живой природы, в том числе овеянных и информационных продуктов труда людей.

Рост  $Y$  у животных и растений ограничен доступными им ресурсами, добываемыми в борьбе за выживание ( $dm/dt$ ). Сумма ресурсов, как правило, ограничена и определяет биологическую продуктивность территории. Накопление и передача потомству информации осуществляется в основном на генетическом уровне, и скорость  $dl/dt$  невелика. Люди отличаются от животных тем, что могут добывать и использовать различные виды неживых и биологических ресурсов, то есть увеличивать их доступное количество, а также создавать новые материальные и информационные ценности. Существенную роль играет и кооперация: материальные ценности и информация, приходящие к субъекту экономической деятельности, инициируют производство новых материальных и информационных ценностей на основе имеющихся орудий труда и знаний. Человек, получая материальные и информационные ресурсы, увеличивает их стоимость и передаёт продукты другим. Поэтому производство нарастает экспоненциально и похоже на взрыв или горение. Взрыв и горение начинаются в одной точке, за счёт уничтожения ресурса выделяется энергия, которая инициирует выделение энергии в соседних точках, и лавинообразный процесс продолжается, пока есть ресурсы. При этом внутри взрыва могут образовываться структуры с высоким содержанием энергии (гигантские амплитуды в уравнении Гинзбурга-Ландау), существенно влияющие на ход процесса и уменьшающие

его прогнозируемость. В социально-экономических системах благодаря взаимодействию людей формируются структуры с высоким содержанием денежных и информационных ресурсов: правительство, полиция, банки, монополии, преступные сообщества, влияющие на экономическую деятельность. При этом есть риск сползания в Зону 3, поэтому экономическая политика должна быть направлена на выявление и уничтожение искусственных препятствий для свободной торговли и предпринимательского процесса.

Попробуем применить указанные представления к объекту под названием Россия. Россия – система, состоящая из многих подсистем: люди, природные ресурсы, техника, информация. Система должна обеспечить их взаимодействие с целью максимизации объёма материальных и информационных объектов, скорости их изменения, и на этой основе – выживание (гомеостаз). Подсистемы могут развиваться, отбирая ресурсы у других подсистем (нефть, газ, лес, рыбу у природы), и это оправдано, если ценность системы в целом возрастает. Подсистемы и элементы, которые только расходуют ресурсы, подобны раковой опухоли и убивают систему. Если подсистемы работают сообща, возникает синергетический эффект, и потенциал системы многократно возрастает: СССР во время и после войны, Япония и Южная Корея в 1950-е. Если подсистемы разобщены, их потенциалы суммируются. Если подсистемы враждуют, потенциал системы равен разности потенциалов подсистем [10]. Сейчас Россия – между разобщённостью и враждой.

Кризисная ситуация в России связана с отсутствием четко сформулированных целей и концепции развития страны и народа, а также обобщенных показателей, позволяющих моделировать социально-экономическую и экологическую ситуацию. Не сформированы идеологические символы, позволяющие управлять массовым сознанием. Старые идеологии – христианство, коммунизм – неэффективны в новых российских условиях.

Представляется возможной и целесообразной разработка принципиально новой национальной идеологии, основанной на рассмотрении биологических и социальных систем, в том числе и государства, в едином геометрическом и информационном пространстве, используя результаты глобалистики. Такой подход позволяет сформулировать представление о государстве как едином социальном, экономическом, экологическом и информационном пространстве, разработать на этой основе концепцию устойчивого развития России и систему научно обоснованных лозунгов и символов для обеспечения структурной и идеологической устойчивости государства.

Примерный план НИР:

1. Научные представления об основных законах природы и общества и их отражение в основных религиях.
2. Научные представления об основных законах развития общества и методах управления обществом, их отражение в основных религиях.
3. Современные представления о развитии самоорганизующихся систем: гидродинамика, геология, физика и химия кристаллов, геохимия углерода, биология; математические модели (синергетика).
4. Модели развития человечества на ближайшие 30 лет (модель Медоуза, доклады Римского клуба и т.п.).
5. Прогнозные модели развития России.
6. Оптимальная модель развития России как эколого-социальной системы.
7. Конкретные действия, необходимые для обеспечения и оптимизации устойчивого развития России (формулировка целей государства, идеологии и лозунгов; распределение полномочий между центральной властью, регионами, местным самоуправлением и коммерческими структурами; реформы в экономике и природопользовании, образовании и армии).

Представленные принципы могут быть использованы для выработки парадигмы развития России и на этой основе – национальной идеологии и политических программ.

#### Библиографический список

1. Глазьев С.Ю. Перспективы становления в мире нового VI технологического уклада // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2010. – № 2. – С. 4–10.
2. Шитов А.П., Рубцова Л.В. Модернизация современной России: институциональный аспект (принцип «обмена») // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2012. – № 10. – С. 16–21.
3. Комков Н.И. Возможности и условия перехода к инновационной экономике // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2010. – № 1. – С. 27–38.
4. Жуков Е.А., Минькин В.И. Концептуальные основы организационно-экономического механизма модернизации транспортного комплекса России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2012. – № 9. – С. 4–12.
5. Руденский А.В. О необходимости развития научных исследований в области действия законов духовного мира // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2010. – № 4. – С. 4–8.
6. Бондаренко В.М. Модернизация России: две парадигмы развития // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2011. – № 5. – С. 4–12.
7. Жуков Е.А. Концептуальные основы формирования транспортного комплекса России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2010. – № 1. – С. 44–53.
8. Карамова О.В. Эволюционно-бифуркационная концепция развития экономической науки // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2010. – № 4. – С. 24–28.
9. Яковец Ю.В. Россия должна стать лидером новой Великой научной революции // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2010. – № 2. – С. 11–14.
10. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности. М.: Наука, 2003.
11. Катаргин Н.В. Исследование системы с экспоненциальной реакцией на воздействие. Сборник «Актуальные проблемы математического моделирования в финансово-экономической области». № 11. М.: Финуниверситет, 2012. – С. 47–49.
12. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987.
13. Левич А.П. Экстремальный принцип в теории систем и видовая структура сообществ. В сб. «Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем». Т. 1. Ленинград: Гидрометеоздат, 1978. – С. 164–183.
14. J. Huerta de Soto. Социально-экономическая теория динамической эффективности. М.: Социум, 2011. – 408 с.

Катаргин Николай Викторович – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры «Моделирование экономических и информационных систем», Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Katargin Nikolai – Candidate of Physics and Mathematical Sciences, Assistant Professor, Finance University under the Government of Russian Federation

e-mail: nnnkkk@yandex.ru