

УДК 536.1:53

ДРАГАНОВ Б.Х.

Национальный аграрный университет

ИЕРАРХИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Наведено аналіз процесу еволюції з позиції динаміки ієрархічних систем та нерівноважної термодинаміки.

Приведен анализ процесса эволюции с позиции динамики иерархических систем и неравновесной термодинамики.

We analyze the evolution process from a position of the dynamics of hierarchical systems and nonequilibrium thermodynamics.

K, h — энтропия Колмогорова;
 S — энтропия;
 Z — ценность генетической информации.

ген — генетический;
сам — самоорганизация;
сел — селекция.

Индексы:

к — компонент;

В динамике сложных систем, в том числе и в процессе эволюции, переход на более высокий уровень обычно сопровождается значительным уменьшением числа степеней свободы. Более высокий уровень получает “снизу” селективную информацию и, в свою очередь, управляет динамикой на более низком уровне с помощью упреждающей связи.

Системы со многими степенями свободы — стохастические. В свою очередь, стохастические системы являются иерархическими в том отношении, что их можно рассматривать на двух уровнях: на микроскопическом уровне, на котором большое число частиц (элементов) вступают во взаимодействие друг с другом на уровне гамильтоновой (обратимой) динамики; на макроскопическом, феноменологическом уровне, на котором система может быть описана рядом макропеременных; эти макропеременные выступают как коллективные свойства системы или как моменты функции плотности вероятности рассматриваемой системы на микроскопическом уровне.

Характерной особенностью динамической системы является ее чувствительность к малым флуктуациям, обусловленным некоторой неопределенностью начальных условий. Информация о начальном состоянии системы утрачивается за конечное время, и она становится неопределенной, практически непредсказуемой. Неравновес-

ность системы приводит к возникновению структур нового типа — диссипативных структур, которым в последнее время уделяется значительное внимание при анализе когерентности и организации в неравновесном мире. Как показал М. Фейгенбаум [1], эти явления имеют универсальный характер и справедливы для большого числа физических, химических и биологических систем. После того, как один из путей развития системы выбран и на смену неустойчивости устанавливается новый порядок, в силу снова вступает детерминизм, действующий до тех пор, пока вследствие усиления флуктуации не возникнет новая форма бифуркации [2]. Действие стохастических и детерминированных преобразований переводит систему из исходных состояний в новые, при этом определяется, какие именно новые конфигурации реализуются. Модели “порядок через флуктуации” позволяют [2, 3] раскрыть перед нами неустойчивый мир, в котором малые причины порождают большие следствия. Накопленные факты свидетельствуют о возникновении порядка из хаоса, об образовании новых структур и самоорганизации приемлемых процессов как в живых, так и в неорганических системах. Именно необратимые, неповторимые процессы являются источником порядка.

С другой стороны, если бы в результате возникновения неустойчивости интенсивность дис-

сипации снижалась, то система по своим свойствам приближалась бы к некоторой равновесной замкнутой системе, т. е. к состоянию, в котором затухают флуктуации. Такой механизм эволюции, связанный с реализацией последовательных переходов, называют механизмом обратной связи [4]. Можно сделать вывод, что в качестве движущей силы эволюции следует рассматривать энергетическую диссипацию. Несмотря на повышение уровня организации и сложности живых систем, с течением времени происходит ускорение биологической эволюции [5] — каждая новая ступень функциональной организации несет в себе зародыш дальнейшей эволюции.

Рассматриваемые системы являются сложно-организованными, к тому же обладающими иерархической структурой [6]. Это характерно также для случайных изменений, в том числе и эволюции, которые следует рассматривать как каскад дискретных эпизодов — бифуркаций, каждый из которых приводит к появлению более сложного или более абстрактного иерархического уровня в данной динамической системе.

Информация порождается не только каскадом бифуркаций, приводящих к нарушению симметрии, но и последовательными итерациями, приводящими ко все более тонкому разрешению. Именно такие флуктуации по существу и ответственны за новую информацию, порождаемую эволюционирующей иерархической системой.

Собственно синтез информации реализуется тогда, когда индивидуальным взаимодействиям элементов системы между собой и случайности их поведения можно сопоставить детерминированную однозначную величину — энтропию.

Жизнь принципиально связана с иерархическим синтезом случайностей, причем для каждой последующей ступени иерархии синтезируются свои условия, отличные от условий на предыдущих ступенях. В результате к энтропии, описывающей число возможных состояний системы на предыдущем уровне иерархии, добавляется энтропия, создаваемая новыми состояниями, которые регулируют новые условия. Поэтому возникновение жизни и ее эволюция в сторону более высоко организованных форм есть процесс иерархического увеличения суммарной энтропии. Иерархия синтеза информации и есть эволюция жизни [7, 8].

Для динамических явлений А.Н. Колмогоров, используя идеи теории информации, ввел понятие динамической энтропии, называемой также K -энтропией и обозначаемой через h [9]. K -системы определены Колмогоровым как квазирегулярные, чем подчеркивается аналогия с регулярными случайными процессами. K -энтропия как мера степени неопределенности случайной величины в динамических системах, может служить основой для более глубокого анализа процесса эволюции.

Энтропия эволюции k -го вида существа записывается следующим образом:

$$S_k = S_{k, \text{ген}} + S_{k, \text{сам}},$$

где $S_{k, \text{ген}}$ — сумма меры генетической информации; $S_{k, \text{сам}}$ — мера информации о процессах самоорганизации, для которых свойство элементов системы создает величина $S_{k, \text{ген}}$.

Для живых существ, развитие которых было обусловлено селекцией, в правой части уравнения следует добавить $S_{k, \text{сел}}$ — меру информации вследствие селекционной деятельности.

Для эволюции жизни важно отношение количества генетической информации для двух последовательных ступеней иерархии синтеза информации. Назовем ценностью генетической информации число Z_k , показывающее, во сколько раз уменьшается количество информации при переходе к следующей ступени иерархии синтеза информации:

$$Z_k = S_{(k+1), \text{ген}} / S_{k, \text{ген}}.$$

Превышение диссипации над производством энергии, если и возможно, то как единичная случайность. Однако на этапах возникновения жизни появляется принцип развития, обеспечивающий избыточность производства энергии по сравнению с потребностями в ней. Происходящая при этом концентрация энергии используется в качестве основы для синтеза генетической информации.

Процессы эволюции наблюдаются в самых разнообразных диссипативных структурах. Одним из примеров может служить процесс биологической популяции. Задача динамики популя-

ции решается методом предельных циклов [5, 10]. Примером эволюции может служить также динамика процессов, характерных для любых экосистем, в том числе для окружающей среды. Заслуживают внимания закономерности эволюции самоорганизации любого языка [11, 12]. Подобные примеры можно привести и из областей деятельности социальной и экосистем.

С развитием учения о биологической эволюции, неравновесной термодинамики и синергетики в 60-70-е годы XX столетия стало возможным возникновение принципа глобального эволюционизма [6], характеризующего экстраполяцию идей, получивших обоснование в биологии и химии, на все сферы деятельности и рассмотрение неживой, живой и социальной материи как единого универсального процесса.

Вывод

В решении указанных проблем трудно переоценить роль, место и суть современной науки. В частности, речь может идти о коэволюции человека и биосферы, не о подчинении одного другому, а о совместном их развитии [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Feigenbaum M.J.* Quantitative Universality for a Class Nonlinear Transformations // *J. Stat. Phys.* – 1978. – V. 19, № 25.

2. *Пригожин И.* От существующего к возникающему: время и сложность физических наук. – М.: Наука, 1985. – 327 с.

3. *Шустер Г.* Детерминированный хаос: Введение. – М.: Мир, 1988. – 240 с.

4. *Николис Дж., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512 с.

5. *May R.* Model Ecosystems. – Princeton U. P. – 1973.

6. *Николис Дж.* Динамика иерархических систем: эволюционное представление. – М.: Мир, 1989. – 488 с.

7. *Хазен А.М.* Происхождение и эволюция жизни и разума с точки зрения синтеза информации // *Биофизика.* – 1992. – Т. 37, вып. 1. – С. 105–121.

8. *Драганов Б.Х., Мельничук М.Д.* Термодинамика фотосинтеза. – К.: Фирма “ІНКОС”, 2006. – 64 с.

9. *Колмогоров А.Н.* // *ДАН СССР.* – 1958. – Т. 119. – С. 861.

10. *Мойсеев Н.Н.* Асимптотические методы нелинейной механики. – М.: Наука, 1981.

11. *Grebogi C. Ott E., Yorle J.* // *Phys. Rev. Lett.* – 1983. – V. 50. – P. 935.

12. *Мойсеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 352 с.

Получено 07.02.2008 г.