



Изв. вузов «ПНД», т.11, № 6, 2003

*Синергетика: от прошлого к будущему*

## **СИНЭРГЕТИКА И ИНФОРМАЦИЯ**

*Динамическая теория информации*

*Д.С. Чернавский*

© Д.С. Чернавский, 2001, 2004

© Послесловие: Г.Г. Малинецкий, 2004

© Едиториал УРСС, 2004

М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с.

ISBN 5-354-00241-9

В книге обсуждаются особенности синергетики как науки и ее математические и методологические аспекты. Отображены процессы возникновения информации и эволюции ее ценности. В качестве примеров рассмотрены: вопрос о происхождении жизни и генетического кода, проблема развития организма, а также процессы мышления и творчества. Широко используется метод математического моделирования. Для облегчения восприятия приведено краткое изложение основ теории динамических систем в форме, доступной для людей, не имеющих специального математического образования. Второе издание дополнено: обсуждается приложение синергетики к описанию исторических событий и включена глава «Информационная сущность денег».

Для широкого круга читателей, интересующихся новыми тенденциями в современной науке и проблемами интеграции точных, естественных и гуманитарных наук.

### **Введение**

Двадцатый век войдет в историю как время увлечений и разочарований. Это относится и к революциям, и к социальным идеям, и к науке и технике. Начался век с взрыва индустрии, в конце его мы оказались у края экологической катастрофы, порожденной той же индустрией.

В первой половине века были построены две фундаментальные теории: квантовая механика и теория относительности. Эти открытия повлияли не только на физику, но и на науку в целом. Однако они не привели к интеграции наук: физика осталась физикой, а биология - биологией. Более того, с появлением квантовой механики возникло и укрепилось мнение о том, что *единого подхода в науке вообще быть не может*.

Это мнение отражено в высказывании одного из создателей квантовой механики Нильса Бора о том, что описать процессы, протекающие в окружающем нас мире, с помощью одного языка невозможно. Необходимы разные описания, в каждом из которых яснее проявляются те или иные особенности изучаемого явления. Сейчас можно с уверенностью сказать, что великий Нильс Бор на этот раз ошибся. Жизнь показала, что *возможен и даже необходим единый подход*, в рамках которого ясно проявляются различные особенности явления. Именно на это претендует сейчас синергетика, использующая язык теории нелинейных динамических систем.

В середине века в биологии был открыт генетический код, а в физике открыт динамический хаос и осознана роль, которую играют неустойчивости в природе. В результате в конце века последовало взрывное развитие биологических и информационных технологий. Эти события тесно связаны друг с другом, чему, собственно, и посвящена книга.

Появилась потребность в описании всех явлений природы с единой точки зрения, или, иными словами, в интеграции наук. Возникло новое научное направление - синергетика, в которой точные, естественные и общественные науки рассматриваются на равных правах.

При этом выяснилась необходимость ревизии некоторых ключевых понятий, употребляемых в точных науках, таких как: причина и следствие, замкнутая система, бесконечно большое и т. п. (таково, по крайней мере, мнение автора). Цель ревизии состоит отнюдь не в отрицании основных положений точных наук. Цель в другом - сформулировать их так, чтобы они не вступали в противоречие с явлениями природы (включая живую).

У части ученых ревизия понятий вызывает чувство протеста, разочарования и дискомфорта. У других, напротив, возникает творческий подъем, поскольку появляется возможность взглянуть на мир в целом (включая информатику и биологию) по-новому и с единой точки зрения. Наука снова становится интересной.

В книге отражены и разочарования, и увлечения. В какой мере это удалось сделать - судить читателю.

Несколько слов о структуре книги.

Начинается она с определения основных для информатики понятий - информация и ценность информации, данных в первой главе. Оказывается, что и этот первый шаг отнюдь не тривиален, в том числе и в методологическом отношении.

Вторая глава посвящена явлению неустойчивости, которое играет фундаментальную роль в природе. Оно лежит в основе динамического хаоса, необратимости процессов во времени (т.е. «стрелы времени»), обеспечивает возможность свободного выбора (генерации информации) и самоорганизации развивающихся систем. Оказывается, что оно же, явление неустойчивости, заставляет задуматься над ревизией привычных понятий.

В третьей главе обсуждаются процессы генерации информации и эволюции ее ценности. Центральным здесь является вопрос о возникновении цели в динамических системах. Вопрос не простой, поскольку именно способность к целеполаганию отличает живые системы от неживых.

В последующих главах рассмотрены приложения динамической теории информации к развивающимся системам, преимущественно биологическим. Это не случайно, поскольку именно в живой природе процессы генерации информации проявляются наиболее ярко. Рассмотрены проблемы возникновения жизни, биологической эволюции, развития сложного организма и, наконец, процессы генерации и обработки информации в нервных сетях. Последние связаны с проблемами мышления и творчества.

В последней главе обсуждаются некоторые методологические аспекты синергетики, связанные с пересмотром фундаментальных понятий.

Казалось бы, все это можно изложить, не утруждая себя и читателей математическими выкладками. Тем не менее в книге много места уделено математическим методам. Более того, во второй главе специально изложены основы теории динамических систем. Автор старался сделать это на уровне, доступном широкому читателю, включая школьника. (Исключение представляет раздел 2.4, который предназначен для людей, владеющих квантовой механикой. Этот раздел включен, поскольку в нем идет речь об актуальной и пока еще дискуссионной проблеме, касающейся «стрелы времени» в квантовой механике.)

Считаю, что такой экскурс в математику не только полезен, но и необходим для понимания последующего, а также для того, чтобы слова «интеграция наук» не превратились в пустой звук.

Понимаю, что представители гуманитарных наук при первом чтении этот раздел пропустят - и правильно сделают.

Надеюсь на то, что некоторые из них заинтересуются, что же это за математика, которая подводит к ревизии понятий, претендует на описание процесса творчества, мышления и т. д. Тогда при втором чтении они заглянут в этот раздел - и тоже правильно сделают.

Очень надеюсь, что отдельные представители творческой интеллигенции увлекутся настолько, что будут использовать математику в своих творческих озарениях. На наш взгляд, такие поступят мудро.

Понимаю, что представители точных наук при первом чтении этот раздел пропустят - сочтут, что они это знают и для них это слишком просто. И это тоже правильно.

Надеюсь на то, что при втором чтении (если такое желание возникнет) они туда заглянут - и тоже не ошибутся. Истина всегда проста и конкретна, неожиданные и важные выводы, порою, следуют из решения простых задач простыми методами.

Наконец, считаю, что студенты и школьники должны прочитать этот раздел при первом чтении, поскольку в других руководствах по теории динамических систем этот материал изложен более строго, но менее наглядно и лаконично.

Интеграция наук - путь не легкий, нужны совместные усилия, совместные действия. Напомним, по-гречески совместные значат «син», а действия - «эркос», поэтому и наука называется - синергетикой.

В книге много места уделено оригинальным работам автора. Это естественно и об этом можно было бы и не упоминать, поскольку почти все авторы поступают так же, и это тоже, видимо, правильно.

## Оглавление

### От редакции

#### Введение

**Глава 1. Основные понятия динамической теории информации.** 1.1. Определения понятия «информация». 1.1.1. Количество информации. 1.1.2. Ценность информации. 1.2. Рецепция и генерация информации. 1.2.1. Иерархия информационных уровней. 1.2.2. Условная и безусловная информация. 1.3. Макро и микроинформация, ошибочность термодинамической трактовки информации

**Глава 2. Устойчивость динамических систем и проблема необратимости.** 2.1. Динамические уравнения и фазовые портреты нелинейных систем. 2.2. Хаотические состояния, необратимость и рост энтропии. 2.3. Проблема необратимости в квантовой механике. 2.3.1. Динамическая и параметрическая устойчивость квантово-механических систем. 2.3.2. Наблюдаемые величины в структурно неустойчивых квантово-механических системах. 2.4. Распределенные динамические

системы. 2.4.1. Образование фронта. 2.4.2. Диссипативные структуры. 2.5. Что такое самоорганизация, синергетика и кибернетика

**Глава 3. Модели генерации ценной информации.** 3.1. Перемешивающий слой и его свойства. 3.2. Информационные системы. 3.3. Модели генерации ценной информации, проблема целеполагания. 3.4. Эволюция ценности информации, прогностическая и конъюнктурная ценности. 3.4.1. Асимптотическая ценность. 3.4.2. Конъюнктурная и прогностическая ценности

**Глава 4. Информационные процессы в биологии.** 4.1. Проблема возникновения жизни. 4.2. Ранние стадии биологической эволюции. 4.2.1. Молекулярные аспекты механизма авторепродукции. 4.2.2. Гиперцикл и генетический код. 4.3. Возникновение биологической асимметрии. 4.4. Возникновение биологического разнообразия и проблема темпов биологической эволюции

**Глава 5. Информационные аспекты процесса развития организма.** 5.1. Принципы онтогенеза. 5.2. Математические модели онтогенеза (синергетический подход). 5.3. Математическая модель коллективного поведения социальных амеб *Dictyostellium discoideum* (Dd)

**Глава 6. Обработка информации в нейросетях и проблемы мышления.** 6.1. Основные свойства процесса мышления. 6.2. Экскурс в теорию распознавания. 6.3. Экскурс в теорию нейросетей. 6.4. Мысление и распознавание образа

**Глава 7. Методологические аспекты синергетики.** 7.1. Методология интеграции наук, «всединство», «универсальный эволюционизм» и «физический редукционизм». 7.2. Синергетика и логика. 7.3. Порядок и хаос, логика и диалектика. 7.4. Порядок и хаос в обществе (проблемы этики)

**Глава 8. Информационная сущность денег.** 8.1. Особенности денег как информации. 8.2. Взаимодействие валют. 8.3. Базовая модель динамики денежных масс. 8.3.1. Модели динамики «финансовых пузырей». 8.3.2. Модель взаимодействия валют

#### **Заключение**

**Синергетика, информация, судьба**(Послесловие редактора) Г. Г. Малинецкий

#### **Литература**

## **Последний процент**

### *Из послесловия редактора*

Один из выдающихся исследователей XX века, занимавшихся химической кинетикой и квантовой механикой, теорией взрыва и астрофизикой, элементарными частицами и космологией, примерно так говорил об освоении новых областей и работе в них: «Труднее всего даются первые 10% в любой дисциплине. Следующие 80% - одно удовольствие. Следующие 9% - тяжелы. А когда дошел до последнего процента, то лучше переходить в другую область».

На самом деле и уровень научной дисциплины, и ее зрелость определяются тем, сколько исследователей и насколько успешно трудятся над этим самым оставшимся процентом. И в этом смысле тридцать лет активного развития синергетики привели к значимым результатам.

Если в семидесятые годы в первых «синергетических книжках» Герман Хакен писал о том, что развитый подход позволяет взглянуть на многое с единой точки зрения, осмыслить и упорядочить, то сейчас ситуация иная. Сейчас, опираясь на идеи и представления синергетики, исследователи все чаще берутся за тяжелые открытые проблемы науки, относящиеся к этому самому 1%.

Примером может служить концепция И. Пригожина, связанная с новым подходом к объяснению «стрелы времени». Это выяснение, на каком уровне и почему возникает необратимость. По мнению недавно ушедшего от нас Ильи Романовича, одного из отцов-основателей синергетики, необратимость лежит уже на микроуровне, на уровне фундаментальных процессов<sup>1</sup>.

Другая принципиальная проблема, в решении которой, возможно, синергетике суждено сыграть принципиальную роль, - теория возникновения

<sup>1</sup> Пригожин И., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени. М.: УРСС, 2003.

сознания. По мнению выдающегося математика Р. Пенроуза, существующих физических представлений для объяснения этого феномена недостаточно. Р. Пенроуз взглянул на сознание с позиций теории вычислений и пришел к выводу, что «разум, наделенный сознанием, просто не может работать подобно компьютеру, несмотря на алгоритмическую природу многих составляющих нашей умственной деятельности». Он выдвинул гипотезу о новом квантовом эффекте - объективной редукции, играющем, по его мысли, ключевую роль в работе мозга и приводящем к кардинальным различиям между мозгом и компьютером<sup>2</sup>.

Эта книга Дмитрия Сергеевича, как и две упомянутые работы, относится к тому самому 1%. В начале девяностых годов Никита Николаевич Моисеев пригласил меня на свою школу, которую он проводил под Ижевском. Там было много интересного, но один разговор меня удивил и запомнился. Я спросил Никиту Николаевича, какие проблемы он считает наиболее интересными и важными в нашей науке. Он отвечал примерно так: «Если бы я был молодым и чувствовал большие силы, сосредоточил бы усилия на двух задачах. Первая - проблема турбулентности. Между колмогоровской статистикой и простейшей динамикой с одномерными отображениями и системой Лоренца должно быть что-то еще. Более конструктивное, но тоже достаточно простое. Вторая проблема - это возникновение информации. В начале все можно описывать в терминах концентраций и скоростей. А на более высоком уровне видно, что без информации уже не обойтись. Но ведь где-то появляются системы достаточно простые, но уже «информационные». Думаю, что эта проблема как-то связана с несимметрией правовращающих и левовращающих молекул в живом».

На мой взгляд, эта книга в определенной степени отвечает на второй вопрос, поставленный Н. Н. Моисеевым.

Эта книга является очень многим. Поэтому, наверное, проще вначале сказать, чем она *не является*.

Во-первых, она не является учебником. Несмотря, на простоту и ясность многих глав, это научная работа, а не изложение бесспорных истин, устоявшихся взглядов, классических результатов, каковые обычно излагают студентам. Тем она и интересна. И поэтому ждет ее, вероятно, тоже судьба научной работы. Что-то будет со временем отброшено, как неверное или не оправдавшее надежд. Что-то даст ростки и всходы в будущем. А что-то действительно войдет в учебники, а может быть (чем черт не шутит) и в то, что «стыдно не знать». На днях мне довелось слышать разговор студентов факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ и биофака. «Вычислители» толковали, что только олухи могут не знать тезиса Тьюринга и его машины, а биологи настаивали, что только невежды не знают модели Тьюринга. Примирило их замечание одного из присутствовавших, что «в каждой науке есть свой Тьюринг» (не иначе это был студент философского факультета).

Во-вторых, это не работа, создающая «информационную синергетику». Само создание «информационной синергетики», «медицинской синергетики», «социосинергетики», «синергетики материаловедения» и прочих, и прочих было бы очень грустно. Вспомним, что с похожих вещей начинался кризис кибернетики. Единство, широкий взгляд, общий подход дались очень нелегко. Поэтому не стоит целое разбивать на осколки, даже если на первый взгляд игра стоит свеч. Синергетика ведь и занимается тем «цельм», которое имеет свойства, отсутствующие у частей. Естественно предположить, что это относится и к ней самой.

В-третьих, эта книга не итог, не монумент, не тому подобные вещи. Прежде

---

<sup>2</sup> Пенроуз Р. Новый ум короля. М.: УРСС, 2003.

всего, это постановка вопросов. Много в ней острого. Оригинального и поэтому небесспорного. Читателей же я могу ободрить и успокоить. Зная энергию, молодость и оптимизм Дмитрия Сергеевича, а также уровень оплаты профессоров и научных сотрудников, могу сказать, что впереди у него (а соответственно, и у нас с вами) еще очень много идей, работ, конференций. Как-то на одной из них коллега объяснял нам, что великого Баха мы знаем в основном из-за мизерности оплаты композиторского труда в те времена и жестких условий его контракта (он должен был каждую неделю сочинять новое произведение), его ответственного отношения к родным и близким и отсутствия пенсий. И ведь как-то не задумываясь, что многие шедевры написаны классиками «по хоздоговору» в период безденежья.

*Г.Г. Малинецкий*