

А.Л. КОРОВИН

НАУКИ О СЛОЖНОМ КАК СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ ПАРАДИГМА

В статье проводится анализ особенностей современного научного познания. Рассматриваются такие категории как «сложность», «сложные системы». На основе научного материала сделан вывод о необходимости выделения нового класса наук о сложном, в основе которого лежат принципы сложносистемности, необходимые для решения актуальных проблем науки и техники.

Ключевые слова: система, сложность, нелинейность, междисциплинарность, науки о сложном

Коровин Александр Леонидович – старший преподаватель кафедры информационных технологий и методики преподавания информатики, Вологодский государственный университет. E-mail: alexthunders@yandex.ru

A.L. KOROVIN

COMPLEXITY SCIENCES AS A MODERN SCIENTIFIC PARADIGM

The article analyzes the characteristics of modern scientific cognition. Such categories as «complexity» and «complex systems» are considered. On the basis of scientific material, it is concluded that there is a need to allocate a new class of complexity sciences, which is based on the principles of system complexity, which are essential for solving actual problems of science and technology.

Keywords: system, complexity, nonlinearity, interdisciplinarity, complexity sciences

Alexander L. Korovin – senior lecturer at the Department of Information Technology and Methodology of Computer Science Teaching, Vologda State University. E-mail: alexthunders@yandex.ru

Классический и неклассический периоды развития науки характеризовались использованием в основном редукционистского и механистического подходов, которые показали свою неспособность решить многие проблемы биологических, социальных и в дальнейшем многих других научных направлений. Причина этого состоит в редукции внутри научных подходов и разделении науки на множество независимых направлений, слабо взаимодействующих друг с другом. Трудности классической науки связаны с полной невозможностью «построения моделей методом редукции, то есть сведением исследуемой системы к более простым системам... при упрощении исчезали главные свойства таких систем» [1, с. 17]. Отход от редукции можно рассматривать как основное отличие постнеклассического этапа развития науки. В настоящее время необходимы новые подходы к решению актуальных проблем современной науки и техники, основаниями которых могут выступить идеи сложности, системности, хаоса и выделение новой группы наук о сложном, объединяющих достижения системно-структурного, синергетического и эволюционного направлений научного познания.

Понятие сложности становится актуальным во второй половине XX в. в свя-

зи с появлением множества проблем, с которыми начинает сталкиваться наука, неразрешимых в рамках классического и неклассического этапов развития. Понятие «сложность» можно рассматривать как «сложенное из частей» или как «ложное, или «со-ложное», непонятное субъекту познания, то есть человеку» [1, с. 17]. Если взять какую либо систему, то мы не сможем сразу определить, простая она или сложная, поскольку «одна и та же система в разных условиях может выглядеть совершенно по-разному, что поочередно вызывает у нас впечатления «простоты» и «сложности»» [4, с. 12]. И. Пригожин приводит наглядный пример системы, состоящей из 1 см³ воды, и показывает как эта термодинамическая система ведёт себя в различных условиях. При комнатной температуре молекулы воды движутся беспорядочно и хаотично, а при температуре ниже 0°С этот 1 см³ воды кристаллизуется и превращается в снежинку правильной, дендритной формы, в которой молекулы воды неподвижны, строго структурированы и симметрично расположены. Поэтому под понятием «сложность», «сложная система» необходимо понимать именно особый характер поведения объекта при определённых условиях.

В настоящее время понятия «сложность» и «система» неразрывно связаны

между собой. Сложность, с точки зрения системного подхода, подразумевает под собой большое количество элементов внутри системы, связанных большим количеством степеней свободы, причём её поведение «не может быть ни предсказано, ни прослежено в прошлом... детерминистическое описание отдельных элементов может быть заменено эволюцией распределений вероятности» [3, с. 59].

С понятием сложности неразрывно связано явление неустойчивости (неустойчивости), суть которого состоит в том, что небольшие возмущения, действующие на систему извне, способны непредсказуемо повлиять на её будущее состояние и поведение. В области исследования неравновесных структур изучение траекторий показало, что они для многих систем «нестабильны, а это значит, что мы можем делать достоверные предсказания лишь на коротких временных интервалах» [5, с. 51]. Процессы, возникающие в сложной системе, характерны своей нелинейностью, которая с математической точки зрения определяется тем, что её можно описать нелинейными дифференциальными уравнениями, при этом подразумевается, что её параметры, характеристики и свойства меняются в зависимости от состояния самой системы под действием внешнего или внутреннего фактора – энергии, вещества или информации.

Исследование динамических систем выявило ряд новых явлений в неравновесной термодинамике и статистической механике необратимых процессов. Одним из достижений этих исследований является доказательство существования диссипативных структур, т.е. неравновесных термодинамических систем, способных совершать скачок к усложнению при поглощении энергии и вещества из окружающего пространства, который не может быть предсказан на основании положений классических законов статистики. Заслуга в этой области принадлежит И. Пригожину, который выявил феномены самоорганизации в физико-химических системах, ввёл понятие диссипативной системы или диссипативной структуры, неравновесности и необратимости процессов, как один из основных критериев сложных систем. Для описания подобных систем были введены такие специальные термодинамические величины, как параметры порядка, определяющие направления и пути самоорганизации системы.

Необходимо отметить, что самоорганизация выступает ключевым свойством

сложных систем и структур. Она присуща не только биологическим, живым системам, но и объектам изучения разных направлений физики, химическим, информационным и многим другим системам. В жидкостях, газах и других схожих состояниях примером явления самоорганизации является тепловая конвекция, которая сопровождается образованием так называемых ячеек Бенара. Если взять систему в виде слоя жидкости, «при определённых условиях могут возникать макроскопические явления самоорганизации в виде ритмически изменяющихся во времени пространственных картин» [4, с. 12]. Ячейки Бенара представляют собой конвективные структуры, упорядоченные в виде однообразных (как правило, шестигранных или цилиндрических) структур. Эта модель получила развитие в рамках множества других научных направлений, в том числе и междисциплинарных исследований.

Ещё одним классическим примером самоорганизации является реакция Белоусова-Жаботинского. Особенность этой реакции состоит в том, что в ней были обнаружены автоколебания, которые считались невозможными в химических системах в то время. Ряд некоторых параметров, а именно, концентрация вещества, цвет, температура, менялись периодически и в некоторых случаях даже хаотически. Реакция выявила сложность многих процессов.

При исследовании квантовых оптических генераторов (лазеров) также было открыто явление самоорганизации, кооперативных эффектов. Работа лазера основана на накачке так называемой активной неравновесной среды, которая может находиться в различных агрегатных состояниях. При увеличении накачки в определённый момент времени появляются кооперативные эффекты, и можно говорить о том, что «лазер переходит в новое, высокоорганизованное на макроскопическом уровне состояние» [6, с. 265].

Все вышеперечисленные исследования подтолкнули к развитию такого направления современной науки, как синергетика, а также теорий динамических систем, динамического и детерминированного хаоса. Синергетика представляет собой междисциплинарное направление науки, объектом исследования которого являются неравновесные сложные системы различной природы и процессы самоорганизации в них. Методология синергетики применяется к исследованию физических, химических, биохимических, информационных и других систем. Всё это

говорит о широкой предметной области данного направления науки.

Одним из ключевых свойств сложных систем является эмерджентность, которая подразумевает наличие или появление новых у какой-либо системы свойств, не присущих её подсистемам, составным частям или элементам. Физические системы микромира образуют системы макромира, обладающие уже новыми свойствами; те, в свою очередь, образуют системы мегамира, обладающие другими свойствами, не сводящимися к сумме свойств подсистем. В биологии свойства клетки не сводятся к свойствам живых организмов и тем более к свойствам популяций животных. Психика так же является эмерджентным свойством целостной сложной структуры – нервной системы человека. В социологии поведение общества также не сводится к качествам и свойствам отдельных людей его образующих. Именно «представление об обществе как о саморазвивающейся системе позволит анализировать социальные объекты как целостные, многоуровневые и динамичные, проследить взаимное влияние различных элементов и уровней системы» [2, с. 1901].

Наука требует целостного подхода, взгляда на мир во всей его сложности, взаимосвязанности и взаимозависимости. В настоящее время налицо возрастные сложности исследуемых процессов и явлений во всех направлениях современной науки, в связи с чем особую актуальность приобретает моделирование изучаемых объектов в виде сложных систем с вложенными подсистемами, нелинейными взаимосвязями элементов, высокой степенью обратной связи, обмена информации с окружающей средой. Именно нестабильность, нелинейность и хаос определяют развитие этих объектов. Наряду с этим тенденция к объединению усилий учёных различных направлений (физиков, социологов, биологов, учёных в области искусственного интеллекта и компьютерных наук) в междисциплинарных исследованиях могут являться основанием для выделения класса наук о сложном: дисциплин, которые изучают объекты исследования в виде моделей сложных систем разных типов.

К наукам о сложном можно отнести следующие направления: науки об искусственном (область искусственного интеллекта, роботехника, нейроинформатика и др.), нанотехнологии, нейронаука, системные исследования (теория

хаоса, теория сложности, кибернетика, криптография), разделы физики (неравновесная термодинамика, квантовая физика), высокие гуманитарные и социальные технологии.

Отличительными особенностями этих наук является специальная методология, фокусом которой будут такие свойства сложных систем как неравновесность состояний, нелинейность, синергетический характер, эмерджентность систем и подсистем, нестабильность (неустойчивость), необратимость процессов, которые в них протекают, индетерминированность, неопределённость будущих состояний систем, стохастическое вероятностное описание, явления диссипации, а также междисциплинарность. Использование данного подхода во многих сферах деятельности учёных даёт существенные результаты, а многие узкоспециализированные отрасли науки способны подтолкнуть к дальнейшему развитию.

Таким образом, выделение данного класса наук в особую группу необходимо на современном этапе развития, т.к. это позволит наиболее полноценно и адекватно рассматривать объекты исследования со всеми как внутренними, так и внешними взаимосвязями и взаимозависимостями, более точно определять и характеризовать причинно-следственные связи в изучаемых моделях и, как результат, эффективно решать актуальные проблемы науки и техники. Науки о сложном должны определить будущее направление развития современной науки и техники.

Список литературы

1. Войцехович В.Э. Проблема сложности в постнеклассической науке // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 4. – С. 17-19.
2. Лысак И.В., Басина Н.И. Общество как саморазвивающаяся система: возможности применения системного и синергетического подходов к исследованию социальной реальности // Вестник Донского Государственного Технического Университета. – 2011. – № 10. – С. 1896-1903.
3. Майнцер К. Сложность и самоорганизация. Возникновение новой науки и культуры на рубеже века // Синергетическая парадигма. – М., 2000. – С. 56-79.
4. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 344 с.
5. Пригожин И. Философия нестабильности // Вопросы философии. – 1991. – № 6. – С. 46-57.
6. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 406 с.