

РОССИЙСКОЕ ФИЛОСОФСКОЕ ОБЩЕСТВО

В. В. Саночкин

**ПРИРОДА
ИНФОРМАЦИИ
И
РАЗВИТИЯ**

Сборник статей

Москва 2004

УДК 001.123+001.5+004.81(081)

Саночкин В. В.

«ПРИРОДА ИНФОРМАЦИИ И РАЗВИТИЯ». Сборник статей. — М., 2004. — 76 с.

Сборник составлен на основе статей и докладов автора, раскрывающих сущность понятий «информация» и «развитие», их взаимосвязь. Дается определение информации и доказывается его универсальность. Анализируются отношения информации со структурой и другими фундаментальными понятиями. Вводится понятие структурной обратной связи, как универсальной причины развития. На этом основании анализируется роль информации и интеллекта в развитии, предлагается количественный критерий развития, излагаются концепции моделей развития структур и понимания информации.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Рецензенты:

д.т.н. Соколов А. А.

д.т.н. Малков С. Ю.

ISBN 5-94688-002-0

© Оригинал-макет: Саночкин В. В.

© Автор, 2004.

При цитировании ссылка обязательна.

Перевод и перепечатка только с разрешения автора.

Тираж 100 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИЯ	7
<i>Введение</i>	7
<i>Как хранится и передаётся информация? Информация и структура</i> ...	8
<i>Как возникает информация? Информация и движение</i>	10
<i>Информация и материя</i>	15
<i>Определение информации</i>	16
<i>Анализ определения информации</i>	17
<i>Доказательство универсальности определения информации</i>	19
<i>Иллюстрации применения определения информации</i>	20
<i>Заключение</i>	23
ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ПОНЯТИЙ «ИНФОРМАЦИЯ» И «СТРУКТУРА»	24
ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ПРИЧИНА РАЗВИТИЯ – СТРУКТУРНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ	30
<i>Естественный отбор, как универсальный механизм накопления информации</i>	30
<i>Естественный отбор – это структурная обратная связь</i>	34
<i>Структурная обратная связь и второе начало термодинамики</i>	37
<i>Некоторые следствия</i>	40
<i>Заключение</i>	41
СТРУКТУРНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ И ИНТЕЛЛЕКТ	42
СТРУКТУРНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В ИЕРАРХИИ СИСТЕМ	47
ОСНОВЫ ПОНИМАНИЯ ИНФОРМАЦИИ	52
<i>Смысл и контекст информации</i>	52
<i>Создание индивидуального контекста путём осмысления информации</i>	54
<i>Необходимое условие взаимопонимания</i>	56
<i>Проверка контекста, появление и преодоление заблуждений</i>	59
<i>Заключение</i>	63
СТРУКТУРНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДЫ	64
<i>Модель структурной неустойчивости</i>	64
<i>Реальные проявления структурной неустойчивости</i>	66
<i>Практическое значение</i>	68
<i>Заключение</i>	69
СВОЙСТВА И ОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ	69
<i>Анализ определяющих свойств развития</i>	70
<i>Физические основания развития</i>	73
<i>Заключение</i>	75
ЛИТЕРАТУРА	75

TABLE OF CONTENTS

FOREWORD	3
WHAT IS INFORMATION.....	7
<i>Introduction</i>	7
<i>How information is stored and passed ? Information and structure</i>	8
<i>How information is appeared? Information and movement</i>	10
<i>Information and matter</i>	15
<i>The definition of information</i>	16
<i>Analysis of the definition of information</i>	17
<i>Proof of universality of the definition of information</i>	19
<i>Illustrations of application of the definition of information</i>	20
<i>Conclusion</i>	23
EQUIVALENCE of NOTIONS "INFORMATION" and "STRUCTURE"	24
UNIVERSAL REASON of EVOLUTION is the STRUCTURAL FEEDBACK.....	30
<i>Natural selection is universal method of accumulation of information</i>	30
<i>Natural selection is the structural feedback</i>	34
<i>The structural feedback and the law of degradation of energy</i>	37
<i>Some consequences</i>	40
<i>Conclusion</i>	41
STRUCTURAL FEEDBACK and INTELECT	42
STRUCTURAL FEEDBACK in HIERARCHY of SYSTEMS	47
PRINCIPLES of UNDERSTANDING of INFORMATION	52
<i>Sense and context of information</i>	52
<i>Creation of individual context by comprehension of information</i>	54
<i>The necessary condition of mutual understanding</i>	56
<i>Check of context, occurrence and overcoming of errors</i>	59
<i>Conclusion</i>	63
STRUCTURAL INSTABILITY of NATURE.....	64
<i>Model of structural instability</i>	64
<i>Real displays of structural instability</i>	66
<i>Practical importance</i>	68
<i>Conclusion</i>	69
PROPERTIES AND BASES OF EVOLUTION	69
<i>The analysis of determining properties of evolution</i>	70
<i>Physical bases of evolution</i>	73
<i>Conclusion</i>	75
REFERENCE LIST.....	75

«Разыскание истины посредством естественного света, который сам по себе, не прибегая к содействию религии или философии, определяет мнения, кои должен иметь добродетельный человек относительно всех предметов, могущих занимать его мысли, и проникает в тайны самых любопытных наук».

*Название одной из работ Рене Декарта (1596-1650 г.).
<http://philosophy.ru/library/descartes/veritas.html>*

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние десятилетия в научной среде происходит глубокое переосмысление отношения к природе. Она всё более понимается не как нечто статичное, мертвое, противоположное жизни, а как развивающаяся система [1, 2, 3]. Вместе с этим, всё необходимое становится знание общих законов развития [4], ибо только на этой основе можно строить успешную стратегию во всё быстрее развивающемся мире. В это же время, в науке, технике и вообще в миропонимании всё большее значение приобретает феномен информации. Развитие науки и практики всё более связано с информационными технологиями, с углублением наших знаний о природе информации. Область, обозначаемая ключевыми словами «информация» и «развитие», является одной из активных точек роста современной науки и поэтому привлекает внимание различных специалистов. Косвенным признанием её важности является результат проведённого среди российских ученых в 2003 году телевизионного конкурса на лучшее объяснение устройства мира. Путём голосования участников конкурса приз – миллион евро – был присужден Д. С. Чернавскому, развивающему именно эту область знаний.

Исследования в обозначенной области находятся ещё только в стадии становления. В широкой научной общественности ещё не сложилась общепризнанная система взглядов ни на сущность информации, ни на сущность развития.

По традиции, многие продолжают считать, что информация является принадлежностью только развитых биологических и социальных систем. В то же время в литературе всерьёз обсуждаются квантовые компьютеры, которые не были бы возможны, если бы квантовые объекты не могли быть носителями информации. Споры о том, где ин-

формация имеется, а где – нет, будут продолжаться до тех пор, пока не появится чёткий и общепринятый критерий – определение информации.

Общий критерий и механизм развития до сих пор также не ясен. В одних работах обсуждается универсальность открытого Дарвином принципа естественного отбора. В других, наоборот, доказывается, что естественный отбор не мог обеспечить наблюдаемое разнообразие, обсуждаются альтернативные, по мнению авторов, механизмы. Одни связывают развитие с научно-техническим прогрессом, другие наоборот, сосредотачиваясь на его издержках, утверждают, что дальнейшее развитие человечества связано с ограничением этого процесса, пытаются найти другие пути.

Во многих публикациях последних десятилетий ощущается внутренняя потребность науки и практики в интеграции и унификации знания. Это выражается в попытках создания всеобъемлющих теорий «всего», универсальных картин мира и баз знаний [5, 6]. Это действительно насущная проблема. Можно пытаться решать её на уровне отдельных наук или сфер деятельности, но так получаются лишь частные решения. Общей основой для интеграции, скорее всего, может стать единый и чётко обоснованный взгляд на природу *информации и развития*. В свое время, такую же интегрирующую роль сыграли определение понятия «энергия» и осознание его универсальности. В результате были найдены общие подходы и закономерности в различных областях науки и практики. Именно такое *междисциплинарное* понимание значимости теории развития высказывается в [4].

Сама жизнь, само развитие, в конце концов, даёт ответы на все возникающие вопросы. Как следует из эпиграфа, ещё Декарт заметил, что свет, сам по себе, независимо от наших желаний, наших научных и религиозных предубеждений, доставляет нам информацию о реальности и помогает составить о ней верное представление. Точно так же, независимо от наших предпочтений, жизнь разрешит упомянутые противоречия в понимании сущностей *информации и развития*.

Вкладом в разрешение указанных противоречий являются и работы автора, опубликованные в последние годы и ставшие основой для данного сборника. Как представляется, эти работы помогают понять природу информации и развития, помогают продвинуться в смежных областях. В них рассмотрены отношения информации с такими фундаментальными категориями, как структура, движение и материя.

Проведён тщательный анализ концепции информации, предложенной в 60-х годах XX века Г. Кастлером [7] и в настоящее время развиваемой, в частности, работами упомянутого Д. С. Чернавского [8, 9]. Показано, что в концепции Кастлера и основанных на ней работах имеются существенные неточности. Предложено определение информации, устраняющее эти неточности, *доказана универсальность этого определения*. Рассмотрены основы понимания информации. Предлагаемая концепция ясно показывает, что информация теснейшим образом связана со структурой материи и принадлежит не только её высоко-развитым формам, что информация – это такая же фундаментальная категория, как вещество или энергия. Более того, оказывается, что с информацией тесно связаны механизм и критерий развития.

Поскольку материал носит, скорее, постановочный характер, а также потому, что проблематика, связанная с понятиями «информация» и «развитие», может интересовать специалистов самого разного, в том числе, и гуманитарного профиля, изложение ведётся с минимальным использованием математики, но с упором на чёткое выявление смысловых и логических связей между различными понятиями и явлениями. Главное место отводится обоснованию предлагаемой концепции и выявлению её общих логических следствий. Если в качестве таких следствий оказываются явления или закономерности уже известные в какой-то области знаний, то это только укрепляет излагаемую концепцию, подтверждая её общий характер и достоверность. Полезность концепции состоит в том, что наблюдаемое в самых разных областях, можно представить, как проявление одних и тех же общих причин, рассматривать на общей основе и более компактно. Появляясь новые основания применять наработанное в одной области, для решения проблем в других областях. В частности, на этой основе удалось показать универсальность принципа естественного отбора и представить его в виде положительной обратной связи. Дальнейшее развитие предлагаемой концепции и ее внедрение в практику будет способствовать появлению самообучающихся машин и искусственных саморазвивающихся систем, а также более глубокому пониманию развития, а значит, и более удачному его прогнозированию.

Необходимо иметь в виду, что описания материальной и информационной сторон реальности не сводятся одно к другому, а дополняют друг друга, требуя, каждое своего языка или своей системы терминов, примерно так же, как корпускулярное и волновое описания в физике.

Поэтому, многие формулировки в тексте дублируются в терминах обоих языков. Пренебрежение одним из них, как и их некорректное смешение, не раз заводило автора в тупик. Второй из языков по причине новизны подхода нарабатывается вместе с ним, что создаёт некоторые трудности в изложении и понимании. Тем не менее, использование этого языка помогает находить или упрощать ответы на некоторые стоящие перед наукой вопросы, что и является главным стимулом для его дальнейшего освоения и развития.

Статьи, послужившие основой для сборника, частично переработаны: из них исключены дублирующие части, некоторые фрагменты изложены более ясно, дополнены примерами и появившимися со времени первой публикации новыми соображениями. Используемая литература сведена в общий список. Ссылки на статьи внутри сборника содержат только номер страницы и выделяются курсивом. Внешние ссылки даются, как обычно, номером в списке литературы, дополненным, если нужно, следующим через пробел номером страницы, и отделяются от внутренних ссылок точкой с запятой. Например, в ссылке [с.33; 4, 5 с.344] «с.33» – это ссылка на 33-ю страницу данного сборника, а «4, 5 с.344» – ссылки на внешние публикации. Нумерация рисунков в каждой статье независима.

В заключение автор выражает самую искреннюю признательность всем, кто в той или иной мере участвовал в обсуждении приведённой концепции, и, особо, В. И. Бодякину и А. П. Руденкову за плодотворное обсуждение и критику, А. Г. Ганже за интерес, моральную поддержку и помощь в издании сборника.

ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИЯ

Проанализированы отношения информации с материей, движением и структурой. Показано, что информация возникает при сравнении свойств объектов в ходе их взаимодействия. Дано определение информации и доказана его универсальность. Приводится анализ и ряд иллюстраций применения определения. Статья является исправленным и дополненным вариантом работы [10].

Введение

Термин «информация» происходит от латинского «informatio» – ознакомление, разъяснение, представление, понятие [11, 12]. Первоначальное понимание информации, как сведений передаваемых между людьми, сохранялось до середины XX века. К этому времени появились и широко распространились технические средства передачи и обработки информации: арифмометр, телеграф, телефон, радио; появились системы радиолокационного обнаружения и наведения, электронные вычислительные и управляющие устройства; начала оформляться кибернетика – наука о связях и управлении в живых и неживых системах. Всё это заставило по-новому посмотреть на феномен информации и породило неутихающие до сих пор дискуссии об её природе и принадлежности. В наше время понятно, что информация используется во всех сферах жизни: в быту, в технических системах, в искусстве. Все отрасли науки заняты добычей информации о закономерностях в природе и обществе. Значение информации для общества и его развития со временем возрастает, появляются всё новые информационные технологии, информационная индустрия.

Несмотря на столь широкое использование информации, осознание смысла понятия «информация» ещё далеко не завершилось. До сих пор предпринимаются многочисленные, но не достаточно успешные попытки дать определение информации [8, 9, 12, 13]. Некоторые ученые полагают, что дать такое определение вообще нереально [3]. Однако, пока этот феномен не определен, невозможно делать точные и однозначные заключения по многочисленным связанным с ним вопросам, в том числе и о том, где информация присутствует, а где – нет. Это касается многих областей, использующих или изучающих информацию, и приводит в них к появлению всяких парадоксов и других трудностей в понимании, к субъективности выводов, связанных с понятием «информация». Для естественных наук, строго относящихся к определенности используемых понятий, необходимость оперировать неопределенной категорией – это достаточно парадоксальная ситуа-

ция. В частности, информатика вообще не может претендовать на звание точной науки, пока не определён объект её исследований. Решая проблемы, так или иначе связанные с информацией, наука вынуждена довольствоваться паллиативами или топтаться на месте, пока сущность этой важной категории не определена. Поэтому, актуальность определения информации несомненна, что отмечается и в [12].

Кратко обсуждая известные попытки дать определение информации, многие из которых проанализированы в [8, 9, 12, 13], приходится заключить, что достаточно общего и строгого определения нет. Большинство попыток являются, по сути, тавтологией типа «информация – это сведения», где понятие определяется через столь же неопределённый синоним. В ряде случаев продвижение в понимании достигается без общей формулировки, а определением лишь существенных для некоторой сферы знаний специальных свойств информации [14], в частности, количества [15, 16]. В других случаях, используются интуитивные представления о ней [17, 18], в третьих, информацией называются созданные в рамках частных подходов абстрактные конструкции, непригодные вне этих рамок и несовпадающие между собой [13, 19].

Суммируя непротиворечивые части упомянутых источников и собственный опыт, отметим, что информация ассоциируется с сообщением, словом, мыслью, знанием. Её можно хранить, передавать, принимать, копировать, понимать. Наиболее общепринятыми её характеристиками являются количество, содержание и смысл. Прирост количества информации приравнивается к убыли энтропии и выражается через уменьшение неопределённости в системе [16].

Попробуем дать универсальное определение информации, удовлетворяющее перечисленным свойствам и инвариантное относительно различных областей деятельности и знаний. Для этого рассмотрим информацию с самых общих позиций и проанализируем её не всегда очевидные отношения с другими фундаментальными понятиями.

Как хранится и передаётся информация? Информация и структура

Способность сохраняться и передаваться является одним из определяющих свойств информации. Выясним, как она реализуется.

Что мы делаем, записывая информацию, например, на бумагу? Создаем структуру штрихов (букв). На магнитной ленте создаём структуру из магнитных доменов. На старой граммофонной пластинке со-

здана структура изгибов канавки. На лазерном диске – структура лазерных меток. В микросхеме памяти – структура распределения электрического заряда. Природа записывает генетическую информацию в хромосоме путём создания структуры нуклеотидов.

Как мы передаём информацию? Перемещаем упомянутые носители вместе с зафиксированной в них структурой, например, посылаем по почте, или создаём переносящие информацию «самодвижущиеся» структуры из волн, модулируя звук, радиоволны, свет. Так же поступает и природа, чтобы доставить нам информацию об окружающих объектах.

Что делают учёные и разведчики для получения информации о различных процессах в природе или обществе? Исследуют структуры, остающиеся после этих процессов или сопровождающие их: всякие записи, отпечатки, следы, снимки, излучения и прочее, – ибо эти структуры содержат искомую информацию. Яркие примеры: археология, палеонтология – исследователи считают историю по оставленным ею структурам-отложениям.

Чем мы интересуемся, когда хотим что-нибудь знать о любом предмете или веществе? На микроуровне – это микроструктуры, например: атомы и молекулы, несущие информацию, в частности, о химических свойствах. На макроуровне – это состав, плотность, температура, скорость и другие параметры, пространственное и временное изменение которых также образует структуры. Информация о текущем макросостоянии вещества или предмета связана с пространственным распределением упомянутых свойств, то есть с его макроструктурой.

Итак, информация тесно связана со структурой объектов. Рассмотренные примеры относятся и к живой, и к неживой природе, к естественным и к искусственным структурам – суть взаимосвязи между информацией и структурой от этих нюансов не зависит. Обобщая, можно сказать, что информация передаётся и сохраняется структурой материи и без материи существовать не может. А материя всегда имеет структуру и является носителем информации, по крайней мере, о себе, о своем состоянии.

Понятия информация и структура связаны и таким важным свойством, как новизна. Будем называть новой информацией такую, которую нельзя получить копированием, переписыванием уже имеющейся. Одна и та же информация может содержаться во многих однотип-

ных объектах – экземплярах структуры. Появление нового экземпляра существующей структуры не означает появления новой информации. А его уничтожение не означает уничтожение информации, пока остается хотя бы один экземпляр, содержащий эту же информацию. Значит, информация принадлежит не конкретному экземпляру структуры, а соответствует абстрактной структуре, виду объектов, а конкретные объекты – экземпляры вида – соответствуют конкретным сообщениям, содержащим одинаковую информацию.

Взаимосвязь информации и несущей её структуры позволяет предположить, что любые их изменения взаимно скоррелированы. То есть изменение информации невозможно без изменения несущей структуры, а изменение структуры сопровождается изменением зафиксированной в ней информации. Например, изменение информации на этой странице потребует изменения несущей структуры из букв, и наоборот, любое изменение этой структуры изменит информацию, хотя бы о количестве или расположении букв. Если любая структура несёт информацию, то информация должна появляться при создании структур. Причём при воспроизведении структуры, например, этой страницы, информация воспроизводится, а при создании новой структуры вместе с ней появляется новая информация.

Основной вывод. Информация неразрывно связана со структурой материи, сохраняется и переносится материальными структурами. Материя всегда является носителем информации.

Примем сделанные утверждения, пока, в качестве гипотезы и убедимся в их справедливости, рассматривая информацию с других точек зрения.

Как возникает информация? Информация и движение

Понятие информации подразумевает её доставку от источника к приемнику и, таким образом, связано с движением. Иначе было бы невозможно что-либо узнать. Но откуда информация берется в источнике, как она там возникает? Попробуем разобраться в этом.

Общеизвестная поговорка гласит: "Всё познается в сравнении". В энциклопедии [12] сравнение также определено, как познавательная операция. Согласимся, что информация возникает в результате сравнения. Любой из нас умеет получать её, сравнивая различные объекты. Но может ли информация возникать тем же путём в природе? Может ли сравнение происходить вне живого?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим результаты ряда естественных процессов и найдем общую объективную причину, определившую эти результаты, например: «дерево плавёт, потому что его плотность *меньше*, чем плотность воды»; «объект разрушился, потому что воздействие *превысило* предел его прочности»; «человек занимает доминирующее положение в природе, потому что он *умнее* животных». Общей причиной достигнутого состояния в каждом из приведённых примеров является объективное различие свойств взаимодействующих объектов. Эта же причина, в конечном счёте, прослеживается и для результата любого взаимодействия. То есть, каждое следствие взаимодействия – текущее состояние – возникает по универсальной причине – из-за различий в свойствах взаимодействующих объектов, и это различие в ходе взаимодействия становится определённым. В противном случае разрывается причинно-следственная связь – определённый результат не может быть следствием неопределённого различия. А процесс выявления различий – это и есть сравнение. В приведённых примерах на него указывают подчёркнутые слова, в частности, сравнительная степень прилагательных. И происходит это сравнение объективно, а не в чьей-то голове, поскольку упомянутые различия свойств выявляются при взаимодействии самих объектов, они объективно определяют результат взаимодействия. К тому же, многие состояния и их причины возникли до появления мозгов, которым, в таком случае, остается воспринять лишь объективный результат сравнения – информацию.

К сходным выводам приходят и другие исследователи. В книге «Динамика и информация» [20], самим названием указывающей на связь информации и движения, делается даже более радикальный вывод об объективности «измерения» при физических взаимодействиях [20 с.137]. Значительная часть этой книги посвящена уже поиску подходов к теоретическому описанию этого измерения. Сравнение – это всего лишь элементарная составляющая измерения.

Таким образом, мы пришли к выводу, что сравнение объективно происходит при любом взаимодействии. Вообще, с точки зрения причинности, любое состояние, любая текущая реальность появляется в результате предшествующего взаимодействия некоторых объектов, которое и является *единственной* причиной этого состояния. Поэтому, все частные процессы, влияющие на это состояние, в том числе и

упомянутое сравнение, логически содержится во взаимодействии, являются его составляющими. Этот вывод нам ещё пригодится.

Чтобы окончательно убедиться в реальности объективного сравнения, выясним, где же размещается информация, возникающая при естественных взаимодействиях. Объективность сравнения означает, что его результат – произведённая информация – появляется независимо от наличия каких-либо сторонних приемников или наблюдателей. Значит, эта информация должна быть связана с самим результатом взаимодействия – с текущим состоянием взаимодействующих объектов. Этот вывод подтверждается тем, что часто под термином «состояние» понимается набор параметров, описывающих систему, то есть именно информация о системе. Это же следует и из только что выявленной логики отношений между взаимодействием и сравнением. Взаимодействие имеет своим результатом состояние взаимодействующих объектов и содержит в себе сравнение, дающее в том же результате информацию. Первоначально, для существования этой информации просто нет другого места, кроме текущего состояния составленной из взаимодействующих объектов системы. В другие места: к приемникам или наблюдателям – её ещё нужно доставить.

Завершая эту часть рассуждений, расставим затронутые понятия в соответствии с выявленными отношениями: *взаимодействие объектов содержит в себе сравнение их свойств и, поэтому, является объективной причиной возникновения в системе, составленной этими объектами, не только текущего реального состояния, но и соответствующего ему текущего содержания информации.*

Однако существует довольно распространенное мнение, что информация возникает в результате выбора [7, 8, 9, 14, 21]. Впервые эту гипотезу выдвинул Г. Кастлер [7] в 60-х годах XX века на основании факта появления генетической информации в процессе естественного отбора. В [21] эта гипотеза рассматривается на примере путника, стоящего на развилке без указателя и не знающего, по какой из двух дорог можно попасть в пункт «А», притом, что другая дорога ведёт в пункт «Б». Утверждается, что информация возникает в момент выбора путником одной из дорог, а в качестве критерия возникновения информации берется то, что путник, побывав в любом из этих пунктов, может на обратном пути установить на развилке указатель.

Соглашаясь с критерием, покажем, что основное утверждение ошибочно. Для этого, во-первых, уточним, что приведённому крите-

рию соответствует информация о том, на какой дороге расположен пункт «А». И, во-вторых, для определённости условимся, что единственная информация, которой путник обладает о пункте назначения – это его название. Пусть путник начал движение по выбранному пути, но с полдороги вернулся к развилке. Может он установить указатель? Нет. Значит, в момент выбора указанная информация не появилась! Искомая информация не возникла, даже тогда, когда путник уже дошел до какого-то пункта, но ещё не знает до какого из них. Путник должен узнать у местных жителей или по входной вывеске, как называется этот пункт, и сравнить ответ с известным ему названием пункта назначения. Только после сравнения путник сможет, наконец, сказать, на какой дороге расположен пункт «А», и на обратном пути установить указатель. Таким образом, искомая информация появилась при сравнении, а не при выборе. Этот вывод не зависит от вида имевшейся у путника исходной информации о пункте назначения. Искомая информация появляется при сравнении предварительно имевшихся данных с полученными на месте, и, подчеркнём ещё раз, не является непосредственным результатом какого-либо выбора.

Заблуждение Г. Кастлера не случайно и объясняется следующими соображениями. Семантика понятия «выбор» связывает с ним основание выбора, которым обычно и является информация, а так же результат выбора – реализованное состояние некоторой системы. Являясь причиной возникновения состояния, выбор, так же как и сравнение, содержится во взаимодействии. Отсюда, учитывая, что информация для сравнения выступает результатом, а для выбора – основанием, можно заключить, что смысл взаимодействия состоит в сравнении текущих свойств объектов, и выборе их нового состояния из множества потенциально возможных на основании полученной при сравнении информации. То есть, в соответствии со смыслом понятий функции разделены: сравнение *создаёт* информацию, а выбор *реализует* её. Раньше, выясняя общую причину возникновения определённого состояния, мы нашли, что состояние определяется предшествующим сравнением. Теперь, анализируя гипотезу Кастлера, мы можем уточнить, что это происходит посредством выбора. В силу функциональной замкнутости причинно-следственных связей, выбор косвенно, через сравнение, имеет отношение к появлению информации. Поэтому, если не замечать во взаимодействии наличие и роль сравнения, а видеть в нем только выбор, то, объясняя возникновение информации при взаимодействии (пусть даже только биологических объектов, как это

делал Кастлер), за неимением другого варианта, придётся ссылаться именно на выбор. Так и появилась гипотеза Кастлера. Верно указывая косвенную причину появления информации, она не лишена конструктивности. Но использование заблуждения приводит к новым заблуждениям [с.59], поэтому определение информации, данное на основании этой гипотезы в [8, 9], имеет существенные недостатки и приводит к ряду неверных выводов, что обсудим в следующих разделах.

В рассмотренном ранее примере с путником на развилке, сравнение выполнял разумный субъект, и это не вызывает удивления. Интересно проследить, как проявляются сделанные выводы, при взаимодействии естественных объектов, например, при падении куска дерева в воду. Взаимодействие между ними, а логически – сравнение их свойств и выбор их состояния, происходит объективно. Есть наблюдатель или нет – плотность дерева всё равно меньше, чем у воды. Это различие, эта информация, эта причина выявляется каждый раз, когда дерево погружается в воду, то есть при их взаимодействии, и отражается в следствии выбором состояния «тело плавёт». Если бы сравнение выявило обратное соотношение плотностей, как, скажем, при падении в воду камня, то реализовалось бы и другое состояние. В данном примере легко показать, что следствием зафиксирована не только качественная, но и количественная информация о причине реализованного состояния, то есть о соотношении плотностей данного куска дерева и воды. Эта информация зафиксирована аналоговым способом, что характерно для неживой природы. Как впервые заметил Архимед, это соотношение воспроизведено в результирующем состоянии в виде отношения объёма вытесненной воды к объёму плывущего тела. Никакой внешний субъект не участвовал в этом. Эта информация появилась в результате взаимодействия объектов и зафиксирована в их состоянии, в структуре системы, в которой произведена. Достаточно оснащенный наблюдатель (тот же Архимед) может извлечь эту информацию и зафиксировать её у себя в памяти, но это будет лишь копия информации, содержащейся в оригинале – самих взаимодействующих объектах. То, что информация там объективно есть, подтверждается тем, что любой другой достаточно оснащенный субъект может скопировать её независимо от первого и иметь собственную копию этой информации. Если в ходе взаимодействия объектов их состояние изменяется, то соответственно изменяется и содержание зафиксированной в них информации. То есть какое-то конкретное содержание информации может существовать там сколь угодно малое

время, и это ничему не противоречит. В таком случае извлечь одинаковую информацию разным субъектам можно только одновременно, а извлечённая информация станет устаревать, так как после завершения копирования состояние копии уже не зависит от состояния оригинала. Аналогичные рассуждения справедливы в отношении любых взаимодействий материальных объектов.

Таким образом, и в природе, и в любой голове, которая, кстати, тоже является частью природы, информация появляется и изменяется в результате сравнения свойств объектов в процессе их взаимодействия и фиксируется следствием взаимодействия. Можно сказать, что причина отражается в следствии в виде информации о причине. Разница между природой и «головой» состоит в том, что в природе это, изначально и главным образом, случайные взаимодействия реальных материальных объектов, а в голове главную роль играют целенаправленные и опосредованные взаимодействия их символов: слов, понятий – информационных объектов.

Поскольку материя находится в постоянном движении: столкновении, взаимодействии различных объектов – можно говорить, что Природа ведёт постоянное исследование, непрерывно и повсеместно ставит эксперименты, в ходе которых происходят сравнения свойств объектов и, как их результат, появляется и изменяется информация.

Основной вывод. Информация возникает и изменяется вместе с несущей её материальной структурой в едином движении, как результат сравнения свойств объектов в процессе их взаимодействия. Это происходит везде и постоянно, и в живом, и в неживом.

Информация и материя

Как уже отмечено, информация ассоциируется с такими понятиями как слово, сообщение, знание, мысль. Все они относятся к области идеального. Вместе с ними резонно отнести к идеальному и информацию. Нематериальность информации, так или иначе, признается многими авторами [17, 18, 22].

Покажем, что информация не является даже свойством материи. Ведь свойства непосредственно принадлежат объектам и проявляются в их взаимодействиях. Например, от массы зависит траектория движения любого тела и его вес – сила притяжения к Земле. Но если масса описана в учебнике по физике, то непосредственно на движение космических тел это совершенно не влияет, и на притяжение к Земле то-

же. Информация может существовать отдельно от породившего её источника, не имея с ним непосредственных отношений. Именно это её свойство и даёт нам возможность мыслить абстрактно, мечтать, отдаваться свободному полёту нашей фантазии. Как показано в этой работе, информация связана с материей лишь опосредовано, через её свойства и, следовательно, сама не является свойством материи, которое должно быть связано со своим объектом непосредственно.

Таким образом, информация – не материя и даже не её свойство, однако, не может существовать без материи, и неразрывно связана с её структурой и движением. В соответствии с законом единства и борьбы противоположностей, у материи тоже должна быть неразрывно с ней связанная диалектическая противоположность – нечто нематериальное, что традиционно обозначают словом «идея». Более на эту роль подходит термин «информация», так как идея – это тоже информация.

В некотором смысле, материя и информация дополнительны друг другу, что выражается известным парадоксом: "Узнать об объекте всё, можно только полностью его разрушив". Действительно, для этого придётся вместе с разнообразными измерительными инструментами добраться в нем до каждого атома, до каждого кварка и определить все свойства каждой его структуры. Что при этом останется от объекта легко представить – одна информация. Значит, ни об одном существующем материальном объекте нельзя узнать всё.

Определение информации

Как уже отмечено во введении, большинство из многочисленных попыток определения информации, в частности, разобранных в [8, 9, 12, 13], выражают её через столь же неопределённый синоним, часто сужая смысл понятия. В [13 с.70] информация определяется, как некоторое специальное преобразование сообщений, что также сужает, если не искажает, смысл понятия – обычно информация понимается не как процесс. Наиболее близкое к излагаемой концепции интуитивное понимание информации обнаруживается в [17], но и здесь нет её чёткого и обоснованного определения.

В работах [8, 9] на основании проанализированной выше гипотезы Г. Кастлера информация определяется, как результат выбора – «запомненный выбор». Проведённый анализ показывает, что из представленных – это наиболее содержательное определение. Но, во-первых, оно носит косвенный характер и вместо раскрытия сути определяемо-

го объекта лишь указывает на порождающий его процесс – выбор, а, во-вторых, как показано выше, и этот процесс указывает неточно, что не способствует верному пониманию сути. Кроме того, нет объективного критерия для срока, после которого выбор надо считать запомненным, и неясно, почему тот же выбор до истечения этого времени, а также неверный или промежуточный и, поэтому, забытый выбор, – информацией не являются. То есть обсуждаемое определение информации неточно, не раскрывает сути понятия и сужает его смысл.

Что касается классической теории информации, а точнее, теории связи, основанной на работах К. Э. Шеннона, то в ней через изменение неопределённости определяется не сама информация, а её мера или количество [15, 16]. Для удобства изложения слово «количество» часто опускается, что искажает смысл и дезориентирует читателя.

Чтобы дать исчерпывающее определение информации, вспомним, что согласно народной мудрости, подкреплённой результатами сделанного выше анализа, информация – это то, что появляется в результате сравнения. А что же, собственно, появляется? При сравнении определяется имеющееся на момент сравнения соотношение свойств участвующих в нем объектов. Отсюда следует определение*:

ИНФОРМАЦИЯ – это существующие на материальном носителе соотношения свойств объектов, определённые в момент сравнения свойств (взаимодействия) этих объектов.

Совокупность конкретных значений, принимаемых упомянутыми соотношениями, называется *содержанием* информации.

Анализ определения информации

Проанализируем, насколько данное определение соответствует известным свойствам и выявленным связям понятия «информация».

Фиксация на материальном носителе – это существенный признак. Он отражает диалектическую связь информации и материи, их влияние друг на друга, возможность создавать, сохранять и копировать информацию путём взаимодействия материальных объектов. Взаимодействие или сравнение может быть любым, как непосредственным, так и опосредованным. Объекты сравнения также могут быть любые: простые и сложные, материальные и абстрактные. В частности, это

* Данное определение впервые было представлено в редакцию журнала «Вопросы философии» 27.06.2000 г. в составе отклоненного варианта статьи и опубликовано в [10].

могут быть информационные объекты – сообщения, символы и так далее. Упоминание момента времени подчёркивает то, что объекты могут изменяться и информация о них, скопированная на другой носитель, со временем перестаёт соответствовать текущему их состоянию, но отражает прошлое. Именно это позволяет получать информацию об изменениях, сравнивая текущее состояние с информацией о прошлом. Чтобы информация постоянно отражала текущее состояние объектов, сравнение и фиксация должны производиться непрерывно. Это, естественным образом, происходит в системе самих взаимодействующих объектов. Согласно определению, информация о такой системе возникает и изменяется вместе с ней в виде соотношений свойств составляющих её объектов. Когда возникают новые соотношения свойств, когда взаимодействие объектов происходит впервые, тогда создаётся новая информация. Путём копирования или независимого воспроизведения указанных в определении соотношений в структурах различных носителей, информация воспроизводится или тиражируется. В результате этого, одна и та же информация может существовать во многих экземплярах на многих носителях. В частности, в мозге полученная и созданная информация представлена в виде соотношений свойств нейронных систем.

Простейший, элементарный случай получения информации – это сравнение двух объектов по одному свойству – *элементарное сравнение*. Получаемый при этом 1 бит информации определяет альтернативу: больше или нет интенсивность свойства у одного объекта по сравнению с другим объектом. Каждое *новое* элементарное сравнение добавляет 1 бит информации. Минимальное число элементарных сравнений, необходимых для получения некоторой информации, определяет *количество* этой информации в битах. Сочетая элементарные сравнения и, например, метод дихотомии*, можно уточнять соотношения свойств и выражать их в числах. Чем больше разных сравнений, тем больше информации, тем точнее известно соотношение. К этому сводится любое измерение. Более наглядно измерение представляется, как сравнение свойства объекта с некой естественной или искусственной шкалой этого свойства. Путём последовательных сравнений свойств объекта со свойствами ряда пробных объектов производят

* Сначала сравнивают сами величины, затем меньшую с половиной большей, затем делят пополам ту половину большей величины, в которую попадает конец меньшей, и сравнивают меньшую величину, соответственно, с $\frac{1}{4}$ или $\frac{3}{4}$ большей и так далее.

классификацию, то есть получают информацию о принадлежности этого объекта к некоторому классу объектов.

Фиксируя в своем мозгу соотношения различных свойств самых разнообразных объектов, обрабатывая эту информацию, то есть, находя и фиксируя соотношения между свойствами разных частей полученной информации и извлекая с помощью сложной иерархии сравнений всё более обобщенную информацию, мы узнаем окружающий мир. Иерархическая организация информации заложена в самой её природе, ибо для появления одного соотношения нужно не менее двух объектов.

Таким образом, предложенное определение вписывается в традиционный контекст понятия «информация» и соответствует выявленным выше связям, оно раскрывает суть отмеченной взаимосвязи между информацией и структурой, а также, известного в философии свойства материи, называемого отражением [12]. Согласно определению, информация действительно нематериальна и является не свойством материи, а соотношением свойств, причём не только материальных объектов, как, например, информация о том, что одна мысль точнее или интереснее, чем другая. Информация, возникающая при естественных взаимодействиях, объективна, ибо, по крайней мере, в источнике является реальным соотношением свойств его объектов. Это составляет необходимую основу возможности познания реальности. Классическая теория информации описывает накопление в ней ошибок в процессе копирования и распространения. Субъективность проявляется при установлении смысла информации [с.20, с.52; 23].

Доказательство универсальности определения информации

Во-первых, *данное определение не противоречит здравому смыслу*. Действительно, если субъект узнаёт соотношение свойств некоторых объектов, то, несомненно, он получает информацию.

Во-вторых, *данное определение не противоречит известной теории*, утверждающей, что количество информации связано с изменением неопределённости. Сравнение уменьшает неопределённость соотношений свойств объектов и, таким образом, увеличивает количество информации.

Наконец, докажем, что *под данное определение подпадает информация о существовании и изменении любого объекта*. Об изменении, в частности появлении, объекта, узнают путём сравнения текущего со-

стояния с прошлым. Но непосредственно сравнить эти состояния нельзя, так как прошлого состояния уже нет. Можно либо сравнить изменившийся объект с аналогичным неизменным, либо сравнить текущее состояние с информацией о прошлом. В обоих случаях, в согласии с определением, будет получено зафиксированное соотношение свойств объектов сравнения, среди которых могут быть и сообщения. Существование объекта можно установить, фиксируя его появление и изменение, как только что описано, или путём сравнения аналогичных объектов, один из которых содержит это нечто, а другой нет. В результате этого сравнения информация также появляется в виде существующего на материальном носителе соотношения свойств объектов сравнения.

Итак, информация о существовании и изменении любого объекта соответствует данному определению. А поскольку всё в природе, не исключая жизнь, общество и психику, в конечном счёте, сводится к наличию, отсутствию и изменению некоторых объектов, то данное определение охватывает все возможные разновидности информации. Из доказательства также следует, что сравнение – это достаточный способ для получения любой информации.

Иллюстрации применения определения информации

Кратко проиллюстрируем, как полученное определение согласуется с представлениями об информации в различных областях деятельности и помогает прояснять некоторые вопросы.

Из определения следует, что для существования информации нужны, как минимум, два объекта. Однако, на первый взгляд, информацию часто связывают только с одним объектом, например, употребляя выражение: «Информация об объекте». При более внимательном рассмотрении в таких случаях обнаруживается, что под «информацией об объекте» подразумевается либо соотношение свойств *частей* упомянутого объекта, либо результат неявного сравнения упоминаемого объекта с другими. Эти неупоминаемые объекты обычно бывают общепринятыми определениями, образцами или символами, широко известны и, как правило, входят в контекст общения. Например, информация о том, что объект горячий, подразумевает неявное сравнение с температурой человека. Информация о цвете объекта предполагает сравнение с общепринятой цветовой шкалой или цветом известного объекта. Так, коричневый цвет предполагает сравнение с цветом корицы. Информация, что предмет является одеждой, мебелью, домом,

городом и так далее – подразумевает сравнение с общепринятым понятием, определением или образом. Название объекта обозначает информацию о найденных с помощью сравнений отличиях данного объекта. Именно по этим отличиям путём сравнений названный объект и узнается среди остальных.

Полученное определение проливает ясность на представления об информации в естественных науках и технике. В частности, оно даёт рациональный ответ, каким образом одна и та же информация может существовать на носителях самой различной природы и передаваться между ними. Дело в том, что на разных носителях одни и те же соотношения могут воспроизводиться с помощью свойств различных объектов: зарядов, молекул, нейронов, фрагментов поля или вещества. При многих взаимодействиях носителей, как в естественных, так и в искусственных условиях, происходит перенос этих соотношений с одного носителя на другой. Именно это происходит, например, когда камень оставляет отпечаток в глине или при передаче изображения по телевидению. В последнем процессе информация об объекте сначала переносится отраженным от него светом, затем отображается распределением заряда в иконоскопе, далее токами в элементах электронной аппаратуры, затем с помощью антенны переносится на электромагнитные волны, а на приемном конце снова на токи. Потом в электронно-лучевой трубке та же информация отображается электронным пучком, люминофором и излученным светом, который, наконец, попадает на сетчатку глаза. Там информация воспроизводится распределением светочувствительного вещества, и, в конце концов, преобразуется в структуру возбуждения нейронов в нашем мозге. Что, собственно, передаётся по этой длинной цепочке столь разнообразных носителей? Ни что иное, как воспроизведённые в пространственной или временной структуре каждого из перечисленных носителей соотношения свойств некоторых элементов поверхности изображаемого объекта, то есть информация об изображаемом объекте.

В принципе, оригинальные соотношения могут либо прямо *воспроизводиться* на вторичном носителе в виде аналогичных соотношений в его структуре, либо *обозначаться* некими символами – другими соотношениями или их комбинациями. В первом случае мы имеем дело с аналоговым представлением информации, с аналоговым сигналом, а во втором – с символьным представлением, с кодовым сигналом. Символьное представление сложнее аналогового, поскольку тре-

бует создания и использования дополнительной информации: во-первых, таблиц или функций соответствия между символами и тем, что они обозначают, и, во-вторых, правил операций над символами. Поэтому символьное представление стало использоваться природой не сразу и не так широко, как аналоговое.

Примером символьного представления информации является человеческая речь. В ней информация об оригиналах – соотношения свойств их частей – передаётся словами и их отношениями, обозначающими или имитирующими оригинальные соотношения. Речь является примером воспроизведения информации о материальных объектах с помощью информационных, нематериальных объектов, каковыми являются слова и другие объекты языка. Обратными примерами, когда информация о нематериальных объектах: размышлениях, чувствах, переживаниях, состояниях души – воспроизводится в виде соотношений свойств материальных объектов, являются мимика, жестикуляция и многие предметы искусства.

Данное определение показывает, что пространственные и временные ограничения, установленные для информации в концепции [8, 9], искусственны. Соотношения свойств существуют не только на макроуровне, а и на субатомном, и на субъядерном уровнях. Поэтому возможны квантовые компьютеры и получение информации о строении атомного ядра. Конкретное содержание информации может существовать как угодно малое время. Промежуточные результаты вычислений в современных компьютерах могут присутствовать всего лишь 10^{-10} с, а в квантовых – на порядки меньше, и они не запоминаются в результате, но это не мешает им быть информацией.

Определение информации помогает понять, почему, несмотря на исходную объективность информации, необходима её дополнительная характеристика – смысл. Всё дело в том, что при копировании переносится не вся информация об оригинале, соотношения свойств объектов оригинала воспроизводятся на другом носителе другими объектами, часто, с другими свойствами, скопированная информация оказывается в другом окружении, теряется её привязка ко времени. Иначе говоря, скопированная информация теряет контекст оригинала и оказывается в отличном от него контексте вторичного носителя или воспринимающего субъекта. Установление исходного смысла информации связано с реконструкцией контекста оригинала, то есть с определением при сравнении каких свойств, каких объектов, в каких услови-

ях, в каком окружении появилась данная информация. Заметьте, что, когда такой контекст воспроизводится достаточно полно, трудностей с определением смысла не возникает. Например, привычные для нас, устройства записи-воспроизведения звука не требуют специальных усилий для установления смысла звуков, ибо воспроизводят и материальный носитель – звуковое поле, и содержащуюся в нем информацию, то есть все основные части контекста слуховых ощущений при прослушивании оригинала. Поэтому, прослушивая старый граммофон, мы сразу понимаем, когда говорит человек, а когда играет скрипка. Однако эта же информация, наблюдаемая в виде изгибов канавки на граммофонной пластинке, непонятна, ибо воспринимается в несвойственном оригиналу контексте. Более подробно понимание информации рассмотрено в статье [с.52].

Итак, найденное определение соответствует представлениям об информации в затронутых областях и конструктивно, то есть, помогает прояснению связанных с информацией вопросов.

Заключение

По сути, в приведённом исследовании предпринята попытка раскрытия механизма того, что в философии известно как свойство материи, называемое отражением, и показано, что отражение происходит посредством информации. Дано и обосновано исчерпывающее определение информации, проиллюстрирована его конструктивность. В отличие от предшественников, автору удалось доказать универсальность предложенного определения.

Показано, что информация теснейшим образом связана со структурой объектов, что в каждом материальном объекте содержится объективная информация о нем самом в виде соотношений свойств его элементов. Эта информация изменяется вместе с объектом при естественных взаимодействиях, а в результате взаимодействий с другими объектами может переноситься на них, путём воспроизведения упомянутых соотношений в их структурах. Так информация обрабатывается в природе и распространяется от носителя к носителю без участия человека или других разумных субъектов. Посредством достаточно длинной цепочки носителей информация о внешних объектах поступает в наш мозг и может воспроизводиться в нем в виде структуры возбуждения нейронов. Так природа отражается в нашем мозгу. Исходная объективность информации служит необходимым основа-

нием для возможности познания истинных свойств природы и составляющих её объектов.

ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ ПОНЯТИЙ «ИНФОРМАЦИЯ» И «СТРУКТУРА»

На основании определений доказываемся эквивалентность между понятиями «информация» и «структура». Формулируется ряд общих следствий этой эквивалентности. Статья является развитием работы [24].

Итак, *информация* – это соотношения свойств объектов, существующие на материальном носителе и определённые в момент сравнения свойств (взаимодействия) этих объектов. В предыдущей статье доказана универсальность этого определения. Конкретная совокупность значений, которую могут принимать упомянутые соотношения свойств, называется *содержанием* информации.

Для ясности дальнейших рассуждений уточним понятие структуры и перечислим её свойства. Согласно словарям [11, 12], *структура* – это совокупность связей между объектами. В [12] акцентируется устойчивость связей, но, принимая в рассмотрение также и *неустойчивые* структуры, требование устойчивости связей надо снять.

Вместе с объединяемыми объектами структура составляет *систему*. Одна и та же структура может быть воспроизведена в разных системах, то есть одна и та же совокупность связей может быть установлена между разными объектами. Так, количественные соотношения могут связывать числа, массы, температуры, длины и так далее.

Общую часть структур некоторого количества систем будем называть *общей структурой*. Структуры можно различать по уровню общности. Менее общие структуры содержат дополнительные связи, по сравнению с более общими. Соответственно, более общие структуры воспроизводятся в менее общих, как их часть. Например, структура стола в виде горизонтальной поверхности и удерживающей её подставки, воспроизводится в менее общих структурах: стол на ножках, стол с тумбами, в виде доски на пеньке и так далее.

Структура имеет состояние, которое характеризуется конкретным количеством её связей и конкретными значениями, определяющими эти связи. Например, представим себе структуру из трёх связей $\{a;b;c\}$. Пусть это будут количественные соотношения. Такую структуру можно воспроизвести, как отношение трёх чисел к единице, как отношение масс трёх тел к эталонной массе, как соотношение коорди-

нат точки в трёхмерном пространстве, и так далее. Перечень можно продолжать сколько угодно. Состояние структуры можно копировать из одной системы в другую, например, изображая температуры или массы тел отрезками соответствующей длины на бумаге. При этом состояние размножается. Как результат копирования или как независимое проявление общих свойств, одно и то же состояние структуры может быть воспроизведено во многих системах одновременно. Так, все свободные атомы водорода независимо имеют одинаковую структуру энергетических уровней.

Итак, *свойства структуры совпадают с широко известными свойствами информации* – обе могут распространяться, копироваться, размножаться, существовать во многих экземплярах. *Оба понятия определяются, как совокупность связей между объектами.* Имеется только одно различие – в определении структуры вид связей не ограничен, а в определении информации в качестве связей указаны соотношения свойств объектов.

Докажем от противного, что *связи в любой существующей системе, если не являются соотношениями свойств объектов, то сводятся к ним.* Для этого используем стандартное доказательство от противного и, согласно ему, допустим, что имеются связи, которые принципиально не сводятся к соотношениям свойств. Тогда объекты, объединенные такими связями, не могут ни различаться, ни быть одинаковыми, поскольку и то, и другое выражается соотношением свойств. Мы пришли к явному абсурду, и, следовательно, наше исходное предположение ложно.

Итак, мы доказали, что любые связи сводятся к соотношениям свойств, и, следовательно, понятия «информация» и «структура» эквивалентны или сводятся одно к другому, согласно определением. Содержание информации эквивалентно состоянию соответствующей структуры.

Эта эквивалентность является ещё одним подтверждением универсальности определения информации. Ведь, по сути, мы доказали, что информация, определённая через соотношение свойств, может отражать состояние любой структуры. Неэквивалентность означала бы либо существование непознаваемых связей между объектами, либо несоответствие информации о некоторых связях определению.

При этом подчеркнём, что понятия «информация» и «структура» возникли и обычно используются в разных контекстах, что не дает

возможности проявиться их эквивалентности. «Структура» чаще понимается как внутреннее устройство конкретной системы и, поэтому, иногда даже замещает слово «система». Понятие «информация», наоборот, применяется в контексте связи между системами, когда одна система несет информацию о другой. Эквивалентность понятий проявляется только в общем контексте. Так, понятия совпадают, когда связь замкнута на одну систему и информация становится атрибутом системы, как и структура, например, *любая система несёт информацию о себе в виде своей структуры*. Понятия совпадают также и при рассмотрении передачи структур между системами – *в результате взаимодействия систем часть структуры одной из них может стать информацией о другой, то есть структуры распространяются в виде информации о них*. Так, по отпечатку оставленному камнем в глине можно получить информацию о форме камня, не имея самого камня. То есть, информация – в данном случае структура поверхности – с камня передалась в глину при их взаимодействии, а с глины – к нам. Продемонстрированное совпадение смысла понятий при совпадении их контекстов и есть проявление эквивалентности.

Отметим самые общие следствия эквивалентности между информацией и структурой.

- Становится несомненным, что информация, как структура материальных объектов, существует, передается и преобразуется в *неживой природе*.
- Подтверждается «негэнтропийный принцип», сформулированный Л. Бриллюэном, согласно которому изменение количества информации равно изменению негэнтропии (физической энтропии с обратным знаком). Другими словами, это означает, что нет различий между энтропией, определённой в физике Больцманом и в теории связи Шенноном.
- Во всех приемниках информации воспроизводится некоторая часть структуры её источника, то есть приемники структурируются источником, в них воспроизводится состояние связей между некоторыми объектами источника, причём объекты в каждом из приемников могут быть иного вида, по сравнению с объектами источника.
- Обмен информацией – это обмен структурами, это взаимное структурирование, в ходе которого возникает особая *структурная обратная связь* [с.34; 25] – часть структуры передается из одной си-

стемы в другую, преобразуется в ней и возвращается обратно в первую, в результате чего структуры обеих систем изменяются.

Важным общим свойством информации и структуры является то, что они могут быть *реальными* и *абстрактными*, образуя реальные и абстрактные системы.

Реальная структура – это совокупность объективных связей между взаимодействующими объектами, это соотношения их неотъемлемых свойств. Изменение реальной структуры происходит в соответствии с объективными причинно-следственными связями (законами). Например, это соотношения таких неотъемлемых свойств тел как массы, скорости, ускорения.

Абстрактная или идеальная структура – это совокупность связей, установленных субъектом путём произвольного приписывания свойств объектам, объединяемым в абстрактную систему. Поэтому отдельно от субъекта абстрактные структуры не существуют – их связи не могут функционировать самостоятельно и приводятся в действие исключительно субъектом. Так, приписанные шахматным фигурам правила взаимодействия и движения не выполняются без участия субъекта. Субъект по своему произволу может поменять эти правила и играть теми же фигурами в шашки. То есть, в абстрактной системе действуют не объективные причинно-следственные связи и свойства, а правила взаимодействия и свойства, произвольно установленные субъектом. Как показано в работах [с.42, с.52; 23, 26], благодаря структурной обратной связи [с.34; 25], субъективные мнения и правила, используемые в практической деятельности, приводятся в соответствие с реальностью, хотя прямой причинно-следственной связи между ними и реальностью нет. Таковы: системы счисления, теории, науки, языки, здравый смысл и многие другие абстрактные системы, созданные и развиваемые субъектами.

Между реальными и абстрактными системами возможен обмен информацией или структурами. Такой обмен обеспечивается исключительно действиями субъектов, поскольку абстрактные системы не функционируют вне субъектов.

Так, состояние структуры реальной системы можно воспроизвести в абстрактной системе. Это происходит, например, в результате оценки или измерения, когда состояние некоторой части структуры реальной системы воспроизводится в абстрактной системе чисел. Отсутствие при этом жёсткой причинной связи между реальной и абстракт-

ной системой выражается возможностью, как произвольных ошибок, так и произвольного искажения данных.

Возможны и обратные операции, при которых состояние структуры абстрактной системы реализуется в реальной системе. Это происходит при воплощении любого замысла или проекта в изделии или постройке. Например, состояние абстрактной структуры из трёх цифр {1;4;3} можно реализовать, поместив тело в точку с координатами, соответственно, 1, 4 и 3 метра или изготовив три тела с массами 1, 4 и 3 грамма и многими другими способами.

Передача состояния структуры в этих процессах эквивалентна передаче соответствующего содержания информации.

Из этих рассуждений следуют выводы относительно сущности восприятия и обработки информации субъектами. Здесь эти выводы кратко перечислены, а более подробно рассмотрены и подкреплены в статьях [с.30, с.42, с.47, с.52, с.64].

1. Восприятие любым субъектом информации о реальности – это воспроизведение части структуры реальности средствами данного субъекта, в частности, нейронами мозга. Отсюда, познание мира – это накопление, объединение и организация полученных структур в аналоговые и символичные модели, позволяющие воспроизводить структуру мира [с.52; 26]. Причём, поскольку общая структура может существовать во многих системах, то все такие системы можно по очереди исследовать и прогнозировать с помощью одной модели. Это одна из причин возможности познания бесконечной и разнообразной природы с помощью относительно небольшого мозга.

2. Размышления субъекта – это преобразования структуры абстрактной системы (структуры понятий, образов, данных и так далее), путём преобразования структуры материального носителя этой информации. Соответствие между этими структурами определяется различием между объективным и субъективным смыслом информации [с.52].

3. В результате своих действий, субъект реализует имеющиеся у него абстрактные структуры, и, таким образом, информация, созданная или преобразованная субъектом, становится структурой внешнего мира. Причём, реализоваться может не любая абстрактная структура. Практика, как известно, критерий истины. Она выявляет заблуждения, фантазии и другие неадекватные действительности абстрактные структуры [с.42, с.52; 23].

4. Перечисленные выше действия: восприятие, изменение и реализация структур – имеют своим началом и результатом объективную реальность, то есть образуют замкнутый цикл, в котором действует *структурная обратная связь*, сущность и свойства которой подробно обоснуются в работах [с.30, с.42, с.47, с.64].

Подводя итог, следует сделать вывод, что информация – это столь же фундаментальное понятие, как структура, движение или энергия. Она присутствует во всех объектах живой и неживой природы, является необходимым компонентом в процессах взаимодействия, развития, мышления, деятельности. Доказана эквивалентность понятий «информация» и «структура» и на этом основании сформулированы основные положения концепции «информация-структура»:

- понятия «информация» и «структура» эквивалентны;
- обмен информацией – это взаимное структурирование систем;
- в результате этого обмена возникает структурная обратная связь;
- структуры и информация бывают реальными и абстрактными, образуя реальные и абстрактные системы;
- между системами в любом сочетании этих разновидностей возможен обмен информацией.

Эти представления являются новой рациональной основой для изучения различных процессов и, в частности, мышления. Общенаучное и практическое значение выявленной эквивалентности между понятиями «информация» и «структура» определяется тем, что за каждым из них стоит обширный, но различный контекст, сформированный в соответствующих областях знаний и деятельности. Найденная точка соприкосновения этих областей должна привести к их взаимному обогащению и развитию. Это шаг в направлении столь желанной всеми интеграции науки. Изложенная концепция позволяет указать общие причины для многих явлений, которые вне её воспринимаются изолированно [с.30, с.64; 27]. Она позволяет внести ясность, например, в рассмотрение процессов понимания информации [с.52] и процессов развития [с.30], позволяет найти в них общую рациональную основу. Прогресс, который достигается с помощью предложенной концепции в понимании перечисленных и ряда других проблем прямо подтверждает её эффективность, а косвенно и её верность.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ПРИЧИНА РАЗВИТИЯ – СТРУКТУРНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Обосновывается расширенное толкование естественного отбора, как универсального механизма производства и накопления новой информации в ходе эволюции любых структур, показывается возможность его представления в виде положительной обратной связи, которая придаёт природе информационную неустойчивость и является фундаментальной причиной развития. Показывается, что тенденция к повышению устойчивости открытых систем может вести к их структуризации и накоплению информации. Статья является развитием работы [25].

Естественный отбор, как универсальный механизм накопления информации

Согласно определению информации, любой материальный объект является носителем информации в виде соотношений свойств своих частей.

Когда изменяется объект, то изменяются и соотношения свойств этих частей, то есть содержащаяся в нем информация. Поэтому, когда материальные объекты и вся природа изменяются в ходе естественных взаимодействий, одновременно происходит изменение этой информации. Таким образом, природа обрабатывает информацию постоянно и везде. Если какая-то ситуация: текущее сочетание взаимодействующих объектов и соотношений их свойств – возникает впервые, то возникает и новая информация. Если появляется новый объект, то информацию о себе он несёт тоже новую. Значит, вместе с новыми объектами природа умеет создавать и новую информацию.

Если новый объект устойчив по отношению к своему окружению, он сохраняется, появляется много таких объектов и формируется устойчивый вид. Так, природа надежно сохраняет созданную информацию путём тиражирования. Структуры устойчивых видов сохраняются и воспроизводятся природой, они служат основой для создания новых ещё более устойчивых видов – наследуются. Неустойчивые структуры не могут наследоваться, так как быстро разрушаются, но они необходимы при преобразованиях в качестве переходных. В биологии аналогичный процесс называется естественным отбором. Однако отбор по критерию устойчивости универсален и идёт среди любых, а не только биологических объектов.

Постоянно и везде производя самые различные эксперименты над всё, что в ней имеется, природа, пусть и случайно, создаёт все новые и новые виды объектов и с помощью отбора оставляет в себе наиболее устойчивые из них. Развиваясь описанным образом, природа состав-

ляла из элементарных частиц различные комбинации и отбирала из них устойчивые. Некоторые из них мы теперь называем атомами. Из атомов она составляла всевозможные молекулы и снова отбирала стабильные для разных условий. Затем, комбинируя с помощью химических реакций простые молекулы, получала более сложные и опять сохраняла устойчивые. Из молекул и атомов она строила различные тела, а из них системы и проводила турниры на устойчивость между ними. Все изобретения природы, прошедшие этот длительный экзамен на устойчивость и жизнеспособность, мы наблюдаем теперь вокруг и внутри себя. Так она построила и отобрала во Вселенной звезды и планеты, на планетах горы и вулканы, на Земле моря, реки и другие устойчивые виды объектов. Так она изобрела и испытала на устойчивость циклические процессы типа автокаталитических циклов ядерных и химических реакций или круговорота воды на Земле. Именно таким путём она создала всё, что мы видим, и нас самих, и продолжает развиваться, используя теперь и человечество.

Открытый Ч. Дарвином принцип естественного отбора первоначально связывался только с развитием жизни. Однако в работах нобелевского лауреата М. Эйгена и соавторов убедительно показано [28], что этот принцип действует уже на уровне макромолекул, которые трудно причислить к живым объектам. В продолжение этой тенденции, здесь естественный отбор распространён на неживую природу с самого начала её эволюции, расширен до *универсального отбора по критерию устойчивости*. По сути, к этой мысли был близок Н. Винер, рассматривая радиоактивный распад [22 с.310]: «Устойчивость – характеристика мира» – озаглавил он эту часть своей книги.

Отбор по критерию устойчивости – это универсальная форма эволюции материи и накопления информации. Универсальность обеспечивается наличием у всех объектов ключевых свойств: *структуры* и *устойчивости*. Общим в развитии на любом уровне является постоянное взаимодействие объектов, приводящее к возникновению новых объектов, к их конкуренции, разрушению, а в итоге, на статистическом уровне, к созданию всё новых структур, к конкуренции и совершенствованию этих структур, отбору из них более устойчивых и сохранению в них произведённой в ходе взаимодействий объектов информации. Эти устойчивые структуры – виды объектов – часто обозначены в нашем языке множественным числом существительных: планеты, горы, дома, растения...

По сути, как только мы признаем, что есть объекты и взаимодействия, из этого сразу же вытекает принцип отбора по критерию устойчивости, который автоматически обеспечивает накопление полезной информации. Его неизбежность ещё очевиднее в условиях ограниченности ресурсов. Остановимся на этом подробнее.

Взаимодействие – это взаимное воздействие, влияние объектов друг на друга. Результат этого влияния различен для каждого из участников взаимодействия. Естественным образом при взаимодействии происходит выявление отличий объектов, то есть сравнение, и на этом основании их неслучайный отбор: менее устойчивое, более податливое вытесняется, трансформируется, заменяется более устойчивым. Другими словами, *изменения, повышающие устойчивость своих носителей, именно из-за большей устойчивости результата, обеспечивают себе в ходе последующих взаимодействий большие шансов на сохранение по сравнению с противоположными изменениями, понижающими устойчивость*. Эта независящая от чего-либо асимметрия составляет суть отбора и показывает автоматизм его проявления при любых взаимодействиях, его абсолютную неизбежность. Результатом изменений могут быть новые структуры, несущие, новую информацию, произведённую взаимодействием. Наиболее устойчивые из них – те, в которых реализовалось, соответственно, больше новой информации о том, как противостоять разрушительным влияниям и использовать полезные, – сохраняются дольше других и служат в последующих взаимодействиях основой для создания очередного уровня иерархии: ещё более устойчивых, и в этом смысле ещё более совершенных структур. Так, путём отбора по критерию устойчивости природа может автоматически умножать разнообразие структур и оттачивать их совершенство, накапливая в них полезную для обеспечения их устойчивости информацию. А поскольку для обеспечения устойчивости может пригодиться самая разнообразная верно отражающая свойства природы информация, то отбор по критерию устойчивости поддерживает в структурах изменения, приводящие к увеличению количества именно такой информации.

Изложенное усугубляется тем, что всё существующее занимает некоторое количество общих ресурсов: пространства, вещества, энергии и так далее. Поскольку, например, вещество в любой момент уже составляет какие-то объекты, а в силу действия закона сохранения нового вещества не предвидится, то появление новых объектов невозможно без замены ими старых. Развивающаяся природа вынуждена

постоянно выбирать: что заменять и чем. Наличие механизма отбора является необходимым условием развития. Как уже показано, отбор по критерию устойчивости как раз и является таким естественным и универсальным распределителем ресурсов. Он автоматически перераспределяет ресурсы в пользу более совершенного, содержащего больше полезной информации, в пользу победителей в естественной конкуренции.

Приведённые рассуждения можно проиллюстрировать следующим наглядным примером. Пусть части некоторой системы, например: пушки и наблюдатели – действовали сначала независимо друг от друга. В ходе взаимодействий между ними возникла некоторая новая связь, и они стали реагировать на внешние воздействия согласованно – огонь стал корректироваться по целям. В результате увеличилась устойчивость системы и количество содержащейся в ней информации [16 с.476]. Пусть в другой, первоначально аналогичной системе возникла другая связь и соответствующая ей информация: приказ стрелять всем пушкам в одну сторону. В результате, один из нападавших на неё объектов был уничтожен, тогда как остальные беспрепятственно уничтожили эту систему. Таким образом, произошел акт естественного отбора среди наших систем. Уцелевшая более устойчивая система и возникшая в ней информация стали потенциальной основой для новых усовершенствований, а возникшая во второй системе, но не способствовавшая повышению её устойчивости информация оказалась уничтожена вместе с носителем, ресурсы которого достались более эффективному победителю.

Если таких систем много, то говорят об отборе видов систем. Системы первого вида понесли бы в равных условиях меньше потерь, чем вторые, и их структура, как и новая повысившая её устойчивость информация, сохранилась бы в большем количестве экземпляров, поддерживалась бы большим объёмом материальных ресурсов своих носителей, получая больше шансов на дальнейшее существование и развитие.

Естественный отбор – это структурная обратная связь

Самоподдерживающийся, лавинообразный характер наблюдаемого в жизни и описанного выше процесса структуризации природы и производства информации наводят на мысль о присутствии в нем положительной обратной связи, которая, как известно, обеспечивает именно такой характер изменений. Обратная связь – это влияние текущего результата процесса на его дальнейшее протекание. Действительно, естественный отбор, можно представить в виде обратной связи, поскольку текущий результат отбора влияет на последующее развитие событий. Используя эквивалентность информации и структуры [с.24], можно функционально представить обратную связь, управляющую развитием структур, в виде цикла из *умножителя разнообразия* и *фильтра структур* (рис. 1).

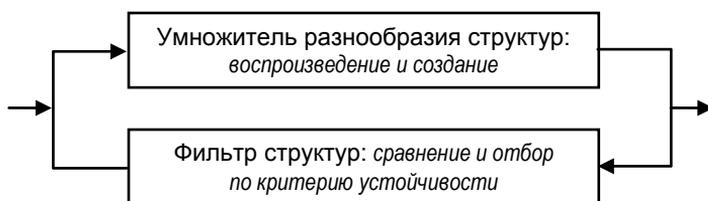


Рис. 1. Функциональная схема структурной обратной связи.

В общем случае, по изображенным на схеме связям распространяется информация или структуры, передаваясь от объекта к объекту или перемещаясь вместе с ними. В петле обратной связи образуется открытое множество структур, каждая из которых может быть представлена многими экземплярами, содержащимися в различных взаимодействующих между собой объектах. В частности, это множество может включать в себя структуры конкретных объектов, структуры видов объектов, структуру среды или окружения этих объектов, структуру известной природы в целом. Соответственно, будем называть такую обратную связь *структурной*.

Умножитель разнообразия – это механизм порождения новых структур путём взаимодействия между существующими объектами, это генератор новой информации. В основном здесь воспроизводятся существующие структуры (аналог дарвиновской наследственности), но иногда возникают и новые (аналог изменчивости). В реальности эту работу выполняет сначала случай, а затем и интеллект. С информационной точки зрения в умножителе идёт воспроизведение инфор-

мации в новых поколениях объектов, но в результате ошибок или целенаправленных изменений создаются и «мутанты», несущие новые «открытия» и «заблуждения» в науке обеспечения своей устойчивости, причём какое новшество является «открытием», а какое – «заблуждением», здесь ещё не ясно. Важно, что новая структура, созданная путём установления новых связей между существующими структурами или их частями, может содержать больше информации, чем исходные структуры [16 с.476].

В *фильтре структур* происходит сравнение и отбор структур путём того же взаимодействия между объектами. Более устойчивые, живучие остаются, другие устраняются из оборота. Реально эту функцию выполняет механизм естественного отбора. С информационной точки зрения именно здесь выясняется, что есть что. «Открытия» помогают сохраниться своим носителям и отбираются вместе с ними. Это более адекватная, более полная информация о способах обеспечения своей устойчивости в данных условиях. Наличие этой информации выражается, в частности, и более совершенным устройством её носителей. «Заблуждения» в виде неверных знаний или неудачных структур отсеиваются, часто, вместе с носителями, так как не позволяют им действовать эффективно. Результаты отбора: и отобранные структуры вместе обеспечившей их устойчивость информацией, и остатки выбывших – снова поступают в умножитель разнообразия для воспроизводства отобранных и создания новых структур.

На основании этого описания можно определить свойства *структурной обратной связи, которые принципиально отличают её от всех других видов обратной связи.*

1. *Структурная обратная связь, производя и отбирая всё новые и новые «открытия», обеспечивает увеличение устойчивости охваченных ею структур и объёма накопленной в них информации.* Причём это не любая информация, а лишь та, которая действительно обеспечила устойчивость и конкурентоспособность своих носителей, которая на практике оказалась верной и полезной. Таким образом, структурная обратная связь контролирует *количество полезной информации.* Это принципиальное отличие, так как обратные связи всех других видов управляют значениями *фиксированного набора параметров, то есть содержанием информации.*

2. Это же самое можно продублировать в терминах структур: *структурная обратная связь управляет тенденцией изменения*

структур, тогда как все другие обратные связи управляют параметрами объектов с неизменной структурой. Структурная обратная связь влияет на состав и количество связей в структурах, оптимизирует сложность и разнообразие структур. Поскольку одни объекты при взаимодействиях могут разрушаться, а другие появляться, то видовой состав структур и количество экземпляров каждого вида в петле может изменяться. Петля структурной обратной связи может быть представлена в виде растянутой во времени спирали, пронизывающей модификации объектов и замкнутой лишь на их изменяющейся во времени структуре.

3. *Структурная обратная связь всегда положительна*, так как количество информации не может быть отрицательным. Это определяет принципиальную неустойчивость процессов структуризации. Из теории известно, что положительная обратная связь задаёт самоподдерживающийся, экспоненциальный характер контролируемого процесса, что совпадает с наблюдаемым характером развития природы и общества.

4. *Структурная обратная связь имеет статистический характер*, тогда как другие обратные связи, как правило, детерминированы. Это определяется, в частности, тем, что каждый объект не может взаимодействовать с каждым другим, и, поэтому, результаты генерации и отбора структур варьируются в зависимости от того, с какой выборкой объектов взаимодействует данный. То есть эволюция конкретного экземпляра структуры – конкретного объекта – в значительной степени случайна. Чем более общий характер имеет структура, то есть, чем в большем количестве объектов она представлена, тем более закономерна её эволюция, как усредненный процесс генерации и отбора содержащих её объектов.

5. *Структурная обратная связь универсальна*, поскольку структура и устойчивость – это универсальные свойства. Такая обратная связь замыкается через объекты любых видов, возникает при взаимодействии любой открытой системы со средой или другими системами. Все остальные обратные связи специализированы на частных свойствах конкретных объектов и не могут действовать через объекты, не обладающие этими свойствами. Универсальность структурной обратной связи основана также на функциональной замкнутости причинно следственных связей. Состояние структуры, как результат любого взаимодействия, всегда является исходным пунктом для последующе-

го взаимодействия так же, как следствие всегда становится причиной для очередного следствия. По этим причинам структурная обратная связь является фундаментальным свойством природы – она обеспечивает развитие как природы в целом, так и составляющих её структур, постоянно поддерживая структурную или информационную неустойчивость. Вывод об универсальности структурной обратной связи совпадает с отмеченной выше универсальностью отбора по критерию устойчивости, что не удивительно, ибо это два разных описания одного и того же процесса.

Реальные проявления структурной обратной связи, как показано в статье [с.64], обнаруживаются на всех уровнях иерархии природы и общества, что делает весьма важным изучение свойств и следствий такой обратной связи.

Структурная обратная связь и второе начало термодинамики

Баланс изменения количества информации в петле структурной обратной связи описывается выражением $dI = dI_+ + dI_- + dI_o$. Здесь dI – общее изменение количества информации в петле, dI_+ и dI_- – прибытие и убытие информации по внешним связям, dI_o – изменение количества информации за счёт процессов в петле обратной связи.

$dI_o = k(t) \cdot I(t) dt$, где $I(t)$ – количество информации в петле в момент времени t , а $k(t)$ – относительная скорость изменения количества информации за счёт процессов в петле обратной связи, которая показывает, во сколько раз количество информации в петле изменяется в единицу времени при $dI_+ = dI_- = 0$.

В свою очередь $k = \mu \cdot \varphi - 1$, где $\mu(t) \geq 1$ – коэффициент умножения количества информации $I(t)$ в *умножителе разнообразия*, а $\varphi(t)$ – коэффициент пропуска информации в *фильтре структур* ($0 \leq \varphi \leq 1$). Оба коэффициента $\mu(t)$ и $\varphi(t)$ определяются, как отношение количества информации $I(t)$ на выходе соответствующего элемента схемы на рис. 1 к $I(t)$ на его входе в момент t .

При $k > 1$ количество информации $I(t)$ со временем возрастает, структуры усложняются, их состав становится более разнообразным. При $k < 1$ происходит деградация структур, их упрощение, потеря информации и устойчивости. При $k = 1$, структура находится в параметрически неустойчивом динамическом равновесии или в точке бифуркации. Локально – в разные моменты времени и в разных совокупно-

стях структур – $k(t)$ может быть, как больше, так и меньше единицы в зависимости от соотношения $\mu(t)$ и $\varphi(t)$.

Рост $I(t)$ со временем возможен только при условии $\mu(t) > 1$, что соответствует возможности возникновения и усиления корреляций между взаимодействующими объектами в умножителе разнообразия. Эта возможность необходимо присутствует в реальных системах, являющихся диссипативными. На физическом уровне именно диссипация энергии является причиной установления корреляций между параметрами объектов и приводит, таким образом, к генерации информации при взаимодействиях, то есть к увеличению $I(t)$.

Значение $\varphi(t)$ задаётся жёсткостью критериев отбора или, в конечном счёте, ресурсными ограничениями: чем сильнее ограничения, тем жестче критерии отбора и меньше значение $\varphi(t)$. Слишком жёсткие условия отбора $\varphi(t) \ll 1$ могут приводить к $k < 1$, то есть к деградации, даже при $\mu > 1$. При смягчении условий разнообразие снова увеличивается.

Особо необходимо отметить, что *неограниченное увеличение количества информации или уменьшение энтропии, как возможный результат структурной обратной связи, не противоречит второму началу термодинамики, то есть принципу неубывания энтропии в закрытых системах.*

В первом приближении, эти противоположные тенденции реализуются в разных классах систем. Второе начало описывает поведение идеальных закрытых систем без диссипации энергии. Напротив, структурная обратная связь возникает только в открытых диссипативных системах, которые обмениваются информацией, что, в свою очередь, невозможно без передачи, преобразования и рассеяния энергии. В предыдущем разделе, показывая возможность неограниченного роста I в результате структурной обратной связи, мы неявно предположили отсутствие ограничений на необходимые для этого ресурсы. Это идеальный случай, демонстрирующий принципиальную возможность неубывания I со временем.

С учётом ресурсных ограничений структурная обратная связь включает в себя второе начало термодинамики, как частный случай. Действительно, для роста количества информации I в результате действия структурной обратной связи, то есть для выполнения соотношения $k = \mu \cdot \varphi > 1$, необходимо выполнение двух условий:

- 1) взаимодействия должны быть диссипативными, чтобы возникали и усиливались корреляции и, соответственно, для коэффициента умножения выполнялось условие $\mu(t) > 1$.
- 2) ресурсные ограничения должны быть достаточно малы, чтобы коэффициент пропускания $\varphi(t)$ был достаточно близок к единице.

Условием вывода второго начала термодинамики является запрет на обмен ресурсами с внешней средой и, в частности, на диссипацию энергии. Во-первых, это приводит к невозможности притока информации извне из-за разрыва внешних связей, изображённых на рис. 1. Во-вторых, без диссипации невозможна генерация информации в множителе: $\mu(t) \equiv 1$, и, следовательно, $k(t) = \varphi(t) \leq 1$. Наконец, с подавлением обмена ресурсами значение $\varphi(t)$ стремится к 0. Поскольку $k(t) = \varphi(t)$, то $I \rightarrow 0$, то есть структуры разрушаются, тем быстрее, чем меньше $\varphi(t)$. В пределе это соответствует условиям вывода второго начала термодинамики – полной изоляции от внешних ресурсов.

Таким образом, второе начало выведено именно из тех условий, которые в принципе исключают рост I , и просто констатирует это. В частности, оно не предусматривает структурную обратную связь. Поэтому, второе начало не может применяться к системам с противоположными условиями. Напротив, структурная обратная связь с учётом ресурсных ограничений может моделировать различные условия, включая условия вывода второго начала термодинамики.

В реальных системах, как правило, реализуется случай $\mu(t) > 1$ и $0 < \varphi(t) < 1$, то есть имеется диссипация и ресурсы ограничены лишь частично. Это промежуточный случай между двумя противоположными по отношению к развитию идеальными системами: классической изолированной системой, в которой I не может возрасти, и диссипативной системой с неограниченными ресурсами, в которой I , наоборот, не может убывать. В этом случае в зависимости от конкретных условий возможны различные тенденции изменения количества информации или энтропии.

Похоже, что в целом в известной нам природе реализуется вариант прогрессивного развития $k(t) \geq 1$, то есть процессы структурирования природы или генерации информации преобладают, но это требует отдельного более глубокого рассмотрения.

Некоторые следствия

Поскольку никаких ограничений на виды структур в наших рассуждениях не накладывается, приведённая концепция показывает единообразие основных принципов эволюции и в неживой природе, и в жизни, и в обществе, и в мире идей. Например, она позволяет находить ответы на вопросы типа задаваемого в [29]: «Почему человеческая логика применима к познанию природы?». Потому, что эта логика, как и отдельные её элементы, как и все другие науки, родилась и совершенствовалась в процессе отбора на соответствие свойствам природы, на полезность в человеческой деятельности. Естественный отбор зафиксировал в ней верную информацию о свойствах природы, постоянно отсеивая гипотезы, не отражающие эти свойства и, потому, проигрышные или даже губительные для своих носителей в критических ситуациях. Этот процесс не закончен и вряд ли когда-нибудь закончится. Современные науки отражают законы природы не в полной мере и, поэтому, мы продолжаем наблюдать появление и конкуренцию новых наук, претендующих на большую адекватность природе.

Заметим при этом, что раз уж наука отражает некоторые свойства природы, то в природе тоже возможны логические операции и сравнение. Самые разные науки отражают присутствие сравнения в естественных взаимодействиях тем, что при описании этих взаимодействий не могут обойтись без знаков типа эквивалентности или неэквивалентности, равенства или неравенства. В лингвистике существует точка зрения, согласно которой структура языка отражает структуру реальности. Именно так должно получаться при формировании языка, в частности научного, путём естественного отбора его конструкций на соответствие свойствам природы, поскольку эти конструкции строятся на основе воспринятых от природы структур [с.24] и сверяются с ней [с.52]. Следовательно, упомянутые знаки, используемые в научном языке, должны отражать реально происходящие в природе процессы. Всё это является дополнительным аргументом, в пользу реальности сравнения при взаимодействиях и корректности представления логической структуры взаимодействия в виде сравнения и отбора, как это предложено в [с.10; 10] и, по сути, подтверждено в данной статье. В свою очередь, возможность представления взаимодействия в виде цепи взаимно вытекающих друг из друга составляющих даёт основания для более глубокого понимания действия универсального отбора или структурной обратной связи.

Заключение

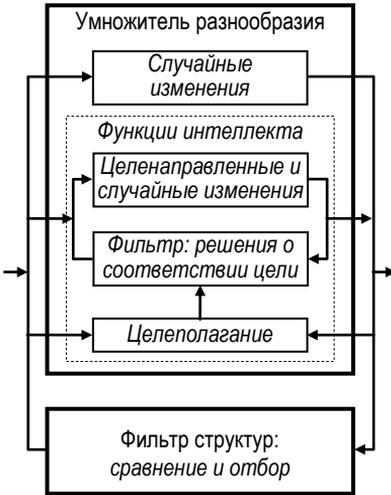
Итак, на основании определения информации [с.16; 10] и концепции «информация-структура» [с.24; 24] показано, что накопление полезной информации возможно на всех этапах развития живой и неживой природы. Это обеспечивается механизмом *отбора по критерию устойчивости*, который является обобщением принципа, открытого Ч. Дарвином для биологических объектов, на объекты любого вида. Показано также, что естественный отбор может быть описан на языке теории автоматического регулирования, путём представления природы или её частей в виде систем, охваченных *структурной обратной связью*. Провести аналогию между этими, далекими на первый взгляд, подходами позволяет вытекающая из определения информации эквивалентность между изменениями структуры материальных объектов и содержащейся в них информации. Обе представленные модели, с разных точек зрения ясно демонстрируют, что общие закономерности развития универсальны и заданы на уровне фундаментальных свойств взаимодействия между объектами. На разных временных этапах эволюции и в разных областях пространства меняется лишь характерный состав объектов и типов взаимодействия, а принцип действия механизма развития остается неизменным. В терминах теории автоматического регулирования – это наличие положительной структурной обратной связи, которая приводит к информационной неустойчивости природы и является внутренней причиной её эволюции. В терминах биологических наук – это отбор по критерию устойчивости, умножающий совершенство и разнообразие любых структур. С философской точки зрения – это функциональная замкнутость причинно-следственных связей: следствие всегда становится причиной для очередного следствия.

Представленная концепция вносит принципиальную ясность в давно стоящие, но не имевшие до сего времени ясного ответа вопросы – каковы принципы развития неживой природы, что привело к зарождению и развитию жизни, как с развитием жизни согласуется второе начало термодинамики. Оказывается, что живое и неживое развиваются по единым принципам, что это один непрерывный процесс развития открытых диссипативных систем, а условия вывода второго начала термодинамики не совместимы с такими системами. В частности, из этого следует, что «тепловая смерть» вселенной, о неизбежности которой так долго говорили физики, отменяется.

СТРУКТУРНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ И ИНТЕЛЛЕКТ

В предыдущей статье описана структурная обратная связь, обеспечивающая эволюцию природы и составляющих её структур. В силу универсальности этой обратной связи, важно понять, как она согласуется с интеллектом и проявляется в нём. Это исправленный и дополненный вариант статьи [26].

В общем случае, петля структурной обратной связи функционально состоит из *умножителя разнообразия* и *фильтра структур*.



Функциональная схема структурной обратной связи при наличии интеллекта.

С появлением интеллекта структура петли усложняется. Разнообразию создаётся теперь не только естественными взаимодействиями, но также случайными и целенаправленными действиями интеллекта. В функциональной схеме структурной обратной связи, приведённой на рисунке, это отражено появлением интеллектуальной ветви создания новых структур в умножителе разнообразия. Включение этой ветви параллельно естественной, отражает тот факт, что последняя продолжает действовать и поток структур или информации может перераспределяться между ними.

Появление интеллекта приводит к значительной экономии потребных для развития материальных ресурсов и ускорению процесса. Действительно, случайный механизм изменений требовал для достижения заметного результата большого количества попыток, которые можно осуществить лишь на базе большого количества экземпляров структур и за большое число циклов по петле обратной связи. Интеллект, в принципе, позволяет обходиться хотя бы одним экземпляром структуры и достигать заметного результата уже за один цикл по естественной петле. Действительно, интеллект может ставить себе цели, которые служат ориентирами производимых изменений, проигрывать «в голове» на сколько изменения соответствуют целям, отбирать наиболее эффективные решения и уже только их реализовывать на практике. Этот процесс «вызревания» продуктов интеллектуальной деятельности отражен на рисунке дополнительной «интеллектуальной» пет-

лей структурной обратной связи внутри умножителя разнообразия. В ней происходит генерация и отсев изменений до их реализации. Только соответствующий заданным критериям продукт реализуется и поступает во внешний цикл.

Достижение поставленных целей обеспечивается интеллектом с помощью *решений* о соответствии своих продуктов критериям отбора. Функция *принятия решений* выполняется в «*фильтре структур*», находящемся в интеллектуальной ветви. Критерии, как изображено на схеме, вырабатываются функцией «*целеполагание*» с помощью сравнения информации со входа и выхода умножителя разнообразия. Сравнивая эту информацию, можно узнать, какие из продуктов интеллекта прошли естественный фильтр, на этом основании определить свойства этого фильтра и, таким образом, получить возможность *предвидеть* результаты естественного отбора. В изображённой схеме *предвидение* реализуется очень просто – достаточно настроить интеллектуальный фильтр подобно естественному и он будет отбирать именно те продукты, которые пройдут естественный фильтр.

Как известно, критерий истины – практика, то есть именно реальный естественный отбор даёт окончательную оценку качеств любого объекта. На схеме это отражено безальтернативностью соответствующей ветви. Следовательно, интеллект для реализации упомянутых преимуществ *должен* соотносить свои субъективные цели с объективными критериями естественного отбора и следовать им в своей петле, как бы настраивая свой фильтр в резонанс с естественным. Именно для этого необходимо *предвидение*. Если же он будет ставить цели произвольно, то его продукты, в том числе, и само поведение, скорее всего, не пройдут естественный фильтр, и, в лучшем случае, он потратит ресурсы зря, станет неэффективным, а в худшем – погибнет. Из этого, в частности, следует, что среди конкурирующих интеллектуальных систем при прочих равных условиях, преимущество будет иметь та, чьи цели настраивают интеллектуальный фильтр ближе к естественному. Таким образом, на основе представлений о структурной обратной связи мы пришли, к известному тезису о том, что свобода – это осознанная необходимость.

Яркой иллюстрацией на эту тему является очередной провал реализации коммунистических идей. Цели коммунизма – создать бесклассовое общество всеобщего равенства, устранить, так называемые, антагонистические противоречия и ограничить конкуренцию – на пер-

вый взгляд, привлекательны, но, по сути, искусственны и противоречат естественному принципу развития природы – универсальному отбору [с.30]. Коммунисты не поняли, что вытекающим из этого принципа главным признаком развития является увеличение разнообразия, в том числе, и состава общества – они пошли по пути его прокрустова усечения в угоду своему пониманию развития. Неверные цели привели к подмене и других естественных принципов настройки внутреннего фильтра надуманными критериями, в частности к уравниловке. Фильтр стал отбирать не лучшие по ресурсоёмкости и потребительским качествам продукты, не лучшие технические и политические решения. Многие структуры, отобранные внутренним коммунистическим фильтром, оказались неконкурентоспособны во внешней петле обратной связи – в глобальной экономике и политике. Всё это привело все социалистические страны к неэффективности экономик и систем управления, а, в итоге, к замедлению темпов развития и закономерному проигрышу никем не отмененной конкуренции с альтернативной социальной системой – капитализмом. Всем соцстранам, чтобы выправить положение, пришлось отказаться от утопических целей и принять принципы конкуренции в качестве главных, то есть согласовать свои фильтры с принципами природы. Напротив, уважение к выбранному самой природой принципу развития движет и совершенствует капитализм уже на протяжении четырех веков, внося в него рациональные элементы, в том числе, социалистических идей.

Схема структурной обратной связи помогает понять, что цель – это не более чем внутренний технологический инструмент интеллектуальной системы, служащий только для настройки её внутреннего фильтра и не имеющий самостоятельного значения для окружающего мира. Действительно, природе совершенно безразлично, с какой целью субъект настроил свой фильтр неверно. Естественный отбор не пропустит неконкурентоспособный продукт, сделанный даже в самых благородных целях. В связи с этим уместно вспомнить, как представляется Мефистофель в «Фаусте» Иоганна Гете: *«Я часть той силы, что без числа творит добро, всему желая зла»*. Не правда ли, такая сила гораздо предпочтительнее, чем противоположная, *«что без числа приносит зло, желая всем добра»*. Можно вспомнить также поговорку: *«Благими намерениями вымощена дорога в ад»*. Оба эти противопоставления подтверждают выводы, следующие из анализа схемы структурной обратной связи: цель совершенно не имеет значения при оцен-

ке реальных продуктов и действий и, поэтому, никак не может служить для них оправданием.

Из обсуждаемой схемы ясно также и то, что, несмотря на упомянутую зависимость интеллекта от природы, элемент божественного в его миссии всё же есть. Несмотря на то, что главный принцип развития – отбор устойчивого – незыблем, частные критерии всё же изменяются. Продукты интеллекта, изменяя природу, постепенно переустраивают фильтр естественного отбора. В этих обновлённых условиях дают преимущества и обеспечивают устойчивость уже другие сочетания свойств. Поэтому, с одной стороны, интеллект не может не считаться с существующей реальностью, но с другой – влияет на реальность, с которой придётся считаться в будущем. Это будущее воздействие результатов деятельности на самих носителей интеллекта или их потомков составляет суть структурной обратной связи, которая, таким образом, предстает, как объективный механизм ответственности за действия.

Платой за упомянутые преимущества целенаправленной деятельности является необходимость иметь в интеллектуальной системе неизменную часть, а именно, механизмы реализации целенаправленных изменений и систему управления ими. Цели могут быть достигнуты системой, только если эти элементы постоянно сохраняют свою работоспособность, что несовместимо с одновременным изменением их собственной структуры. Это очевидно на примере невозможности успешной хирургической модификации собственного мозга из-за вывода системы управления этими действиями из рабочего состояния. Рука, держащая скальпель, также не может оперировать себя, поскольку выводит из состояния работоспособности привод своих же действий. Для выхода из подобных ситуаций необходима взаимопомощь независимых интеллектуальных систем. При этом изменение важнейших структур одной из них будет производиться в соответствии с целями другой, и только наличие объективных критериев, задаваемых общим для всех фильтром естественного отбора, может обеспечивать некоторую согласованность этих целей. Случайные же изменения, производящие разнообразие в естественной петле, не связаны такими ограничениями. Поэтому, природа успешно изменяет себя и без внешней помощи. Но из-за этого же, она не может достигать заранее поставленных целей.

Поскольку главным инструментом эволюции является универсальный отбор по критерию устойчивости, представленный с помощью обсуждаемой схемы в виде структурной обратной связи, то появление интеллекта связано с его ролью в этом процессе. Основное преимущество, которое даёт интеллект в естественном отборе – это возможность *предвидения*, на основании которого появляется возможность готовиться к отбору, чтобы выигрывать его. В этом процессе, как видно на схеме, важную роль играют *целеполагание* и *принятие решений*. Именно эти три функции называются в качестве определяющих характеристик интеллекта [30, 31]. Все вместе, они обеспечивают выполнение заданной природой *главной функции интеллекта* – *постоянно повышать устойчивость своего носителя*, совершенствуясь на благо развития всё той же природы. Природа мудра и устроена так, что невыполнение этой функции приводит к проигрышу отбора по критерию устойчивости в пользу конкурентов, повышающих свою устойчивость.

Поскольку повышение устойчивости носителя – главная функция интеллекта, и выполняется она путём использования информации, то резонно определить интеллект, как *способность системы использовать информацию для повышения своей устойчивости*.

Итак, на основе представлений о структурной обратной связи дано определение интеллекта и составлена его функциональная схема. Из схемы видно, что внутреннее развитие интеллекта обеспечивается, тем же принципом структурной обратной связи, что и развитие реальных систем вне интеллекта. Это подтверждает универсальность этого принципа и даёт способ моделирования интеллекта. Показано, что роль интеллекта состоит, во-первых, в повышении устойчивости своих носителей, и, во-вторых, в ускорении темпа развития при одновременном сокращении количества потребных для этого материальных ресурсов. И то, и другое одновременно достигается с помощью предвидения и подготовки к естественному отбору. Определён принцип оптимального целеполагания для интеллектуальной системы: «Критерии внутреннего отбора должны соответствовать критериям отбора в надсистеме». Показано, что цели – это внутренний инструмент интеллекта, и, что структурная обратная связь – это механизм ответственности за действия интеллекта, изменяющие надсистему. Если надсистемой является природа, то этот механизм объективен.

СТРУКТУРНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В ИЕРАРХИИ СИСТЕМ

В статье [с.30] описана структурная обратная связь, играющая ведущую роль в эволюции природы и её структур. В предыдущей статье в схему такой обратной связи вписаны проявления интеллекта. В данной работе развитие этой схемы продолжено, с целью отражения в ней естественной иерархии природных систем. Схема преобразуется во фрактальную, и обсуждаются аспекты развития, которые она способна моделировать. Статья является отредактированным вариантом работы [32].

Все природные объекты образуют системы, в рамках которых взаимодействие объектов более интенсивно, по сравнению с их межсистемным взаимодействием. Это прослеживается на всех уровнях иерархии, которую образуют системы: галактики, звезды, планеты, природные зоны и биоценозы, живые особи и неживые предметы, молекулы, атомы и так далее. Системы разных видов отличаются между собой составом подсистем или, иначе, условиями, в которых существуют подсистемы. Поэтому частные критерии отбора подсистем в разных системах различны, хотя универсальным критерием естественного отбора остается устойчивость. Это легко проследить на примере таких систем, как суша и подводный мир. Разные условия отбора в них привели к формированию специфических свойств и приспособлений, обеспечивающих устойчивость живых существ в каждой из этих сред.

Отсюда следует вывод, что в каждой системе происходит локальный отбор подсистем, и действует своя локальная петля структурной обратной связи [с.52], в которой отбираются структуры подсистем и возникают их специфические свойства. Таким образом, создается внутреннее разнообразие в системе и разнообразие систем. На схеме структурной обратной связи (рис.1а) это отражено тем, что множитель разнообразия системы разбит на отдельные ветви. Каждая ветвь представляет функцию умножения разнообразия, выполняемую соответствующей подсистемой. Каждая подсистема, в свою очередь, является системой для своих подсистем. В ней тоже имеется своя локальная петля структурной обратной связи (рис. 1б и 1в) и свой множитель разнообразия, разветвлённый по числу её подсистем. Вся система, изображённая на рис.1а, тоже может быть подсистемой, если её вход и выход включены в множитель разнообразия внешней петли обратной связи, действующей в надсистеме. Таким образом, полученная схема *фрактальна*, в том смысле, что системы на разных уровнях

вложенности состоят из одинаковых структурных элементов, и число уровней не ограничено.

Рассмотрим, как функционирует предложенная схема. По петле структурной обратной связи циркулирует информация. А это значит, что, согласно концепции «информация-структура», изложенной в [с.24; 24], от носителя к носителю или вместе с ними по петле передаются структуры, состояния которых воспроизводятся или изменяются в ходе взаимодействия этих носителей. В умножителе разнообразия каждой из систем идёт процесс воспроизводства и изменения структур путём взаимодействия подсистем между собой и с информацией, поступающей со входа системы. В соответствующем фильтре структур происходит сравнение и отбор результатов. Отобранные в фильтре системы и остатки отсеянных снова используются в умножителе разнообразия для создания новых систем. Поскольку при этом одни подсистемы могут разрушаться, а другие появляться, то количество и видовой состав подсистем в каждой системе может изменяться. Как показано в статье [с.30], это обеспечивает эволюцию систем в сторону повышения их устойчивости путём накопления в них полезной информации или совершенствования их структуры.

Информация или структура, может быть представлена многими экземплярами, которые могут находиться в различных системах и перемещаться из одной системы в другую. Одна и та же структура мо-

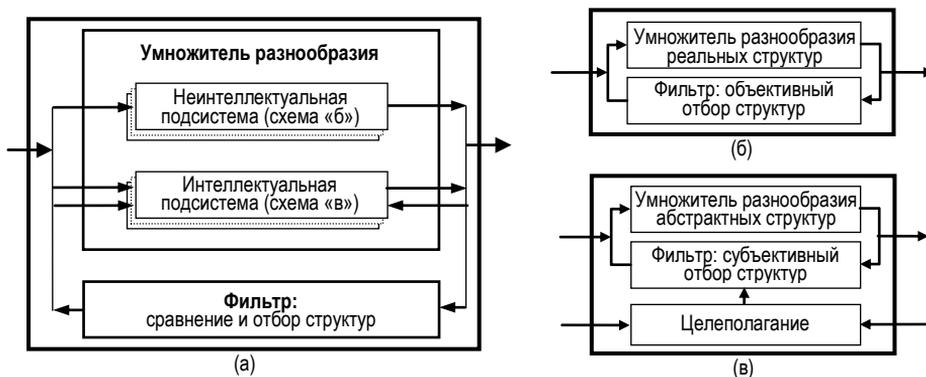


Рис. 1. Фрактальная схема структурной обратной связи в иерархии систем.

- функциональная схема системы с подсистемами (соответствующие входы и выходы функций в стопке включены параллельно),
- функциональная схема неинтеллектуальной системы,
- функциональная схема интеллектуальной системы.

жет быть представлена сразу в нескольких системах. Например, сухопутные животные могут оказаться в воде, а рыбы могут быть выкинуты на берег. Поэтому структура сухопутных животных, хотя и меньшим количеством экземпляров, одновременно представлена и в системе водных объектов, а структура рыб – в системе сухопутных. Кроме того, имеются земноводные, которые постоянно перемещаются между этими средами, и структура которых примерно одинаково представлена в обеих системах. Когда изменяется интенсивность потоков подсистем из одной системы в другую, то изменяются условия отбора. Так системы влияют друг на друга на уровне подсистем. Как целое они взаимодействуют между собой в петле обратной связи своей надсистемы. Структуры могут перемещаться не только между системами одного уровня, но и по уровням иерархии или функционировать сразу на нескольких уровнях. Например, атомы могут одновременно быть и самостоятельным компонентом среды, и входить в неё в составе её подсистем: молекул и тел – и их принадлежность к этим подсистемам может меняться.

Часть систем могут быть интеллектуальными. Интеллектуальная система отличается от неинтеллектуальной системы тем, что может содержать и использовать абстрактные подсистемы. Определяющими характеристиками интеллекта являются функции *предвидения*, *целоположения* и *принятия решений* [30, 31]. В статье [с.42] показано, что именно эти функции позволяют интеллекту обеспечивать повышенную устойчивость своих носителей и увеличивать вероятность выигрыша естественного отбора. Найдем место перечисленным функциям в нашей схеме.

Интеллектуальная система (рис.1в) наследует свою структуру от неинтеллектуальной (рис.1б), поэтому петля структурной обратной связи в ней также имеется. Однако её структурный фильтр принципиально отличается от аналогичного фильтра неинтеллектуальной системы тем, что в нем происходит *субъективный отбор* – отбор с помощью решений, принимаемых системой, на основе критериев, выработанных самой же системой. В неинтеллектуальной системе, идёт *объективный отбор* по критерию устойчивости путём реальных взаимодействий объектов. Таким образом, функция *принятия решений* о соответствии критериям отбора заменяет в фильтре структур функцию объективного отбора. Это даёт возможность вести отбор среди абстрактных систем, которые не могут взаимодействовать объективно и

непосредственно [с.27], и, как показано ниже, осуществлять с их помощью функцию предвидения.

Критерии отбора обычно формулируются интеллектуальной системой в виде целей, которые она устанавливает себе, как промежуточные ориентиры в своей деятельности. Достижение целей обеспечивается установкой соответствующих критериев отбора в фильтре структур, последнее в нашей схеме выполняет функция «целеполагание». В [с.42] показано, что целеполагание не может быть произвольным – внутренний фильтр должен быть настроен в соответствии с фильтрами надсистем, и для этого в схеме имеется возможность получать информацию о свойствах этих фильтров.

Чтобы разобраться, как осуществляется функция *предвидения* нужно рассмотреть работу интеллектуальной системы в целом. Принципиальным отличием интеллектуальной системы является то, что в качестве своих подсистем она может использовать различные материальные и абстрактные, в частности, символные модели, с помощью которых некоторая часть структуры реальных систем воспроизводится и преобразуется в цикле обработки во внутренней петле обратной связи. На входе в систему информация при необходимости размножается и переносится с естественных объектов на упомянутые модели. На выходе преобразованная информация воспроизводится в структуре материального результата действий носителя интеллекта и, в таком виде, снова попадает во внешний мир, в надсистему, где проходит отбор вместе с продуктами других систем. В силу упомянутой фрактальности схемы, то есть подобия структурных элементов во всех системах и на всех уровнях иерархии, интеллектуальная система может моделировать в своей внутренней петле или в петлях своих подсистем отбор, реально происходящий в других системах, включая её над- и подсистемы. Возможность предвидеть результаты реального отбора возникает, когда моделирование проводится до наступления реальных событий или когда темп моделирования в реальном времени превышает скорость изменения реальных систем. Физически, возможность опережать реальные события обеспечивается, когда модели используют меньшие материальные ресурсы и, поэтому, менее инертны, чем реальные материальные системы. Точность предвидения зависит от того, насколько состав, начальное состояние и настройки фильтров моделирующей системы соответствуют моделируемой системе, а также от дальности прогноза.

Предложенная схема может отражать многие аспекты развития в иерархии взаимодействующих систем. Например, из неё понятно, что отбор механизмов и алгоритмов настройки субъективного фильтра идёт путём выбывания интеллектуальных систем с неудачно настроенными фильтрами. Схема отражает возможность систем воздействовать на структуру друг друга, как на объект деятельности, и, таким образом, совершенствовать полезные для себя внешние системы и разрушать вредные. Действительно, структуры внешних систем по изображённым связям поступают в данную систему в виде информации, которая преобразуется и затем реализуется действиями данной системы, изменяющими реальные структуры внешних систем. Каждая система может следить за судьбой не только своих продуктов, но и продуктов других систем того же и более локальных уровней. Используя эту информацию для коррекции своего субъективного фильтра, системы могут учиться на чужих ошибках. Поскольку системы различны, то могут найтись продукты, влияющие на устойчивость разных систем в разном направлении. Тогда преимущества получают системы, продукты которых повышают их собственную устойчивость и понижают устойчивость конкурентов. В то же время, некоторым системам может быть выгодна кооперация – разделение деятельности и обмен продуктами, взаимно повышающими устойчивость.

Итак, предложена фрактальная схема структурной обратной связи в иерархии, состоящей из интеллектуальных и неинтеллектуальных систем. Схема отражает главные свойства природы – способность систем к взаимодействию и развитию. Фрактальность позволяет данной схеме отображать системы с любым числом уровней иерархии и неограниченной сложностью. Схема позволяет моделировать конкурентное и кооперативное поведение систем, накопление в них информации, отражает определяющие свойства интеллектуальных систем, их субъективность, целенаправленность и обучаемость. Всё это делает данную схему полезным инструментом для понимания и исследования процессов структуризации и развития в сложных системах.

ОСНОВЫ ПОНИМАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

На основании определения информации [с.16; 10] и концепции «информация-структура» [с.24] проясняется сущность понимания информации и связанных с ним понятий «смысл» и «контекст». Статья является дополненным вариантом работы [23].

Понимание называют также *интерпретацией*, *осмыслением*, *установлением смысла* или *значения* информации. Фрагмент информации расположенный на конкретном носителе или принятый *субъектом* будем называть *сообщением*. *Субъект* – это любая система, обрабатывающая информацию. Известно, что для понимания сообщения необходим *контекст*. *Контекст* – это информация, содержащаяся вне данного сообщения и полезная для определения его смысла [11]. *Индивидуальным контекстом* будем называть контекст, которым располагает конкретный субъект или носитель информации.

Смысл и контекст информации

Информация, согласно определению [с.16; 10], это совокупность соотношений свойств объектов. Пусть имеется информация в виде отношения $\{a\}$. Зададимся вопросом о его смысле, забыв на время определение. Нам придётся заключить, что это соотношение не имеет для нас смысла. Вот если можно сказать, что $\{a\}$ – это разность между массами двух тел или расстояние между двумя точками, то это и будет ответом на вопрос о смысле. То есть смысл появился, когда мы ассоциировали информацию $\{a\}$ с определённой связью в некоторой системе объектов. Вспомнив определение, мы увидим, что оно устанавливает общий смысл для любой информации $\{a\}$ точно так же – ассоциирует её со связью между любыми объектами. Если информация состоит из многих соотношений, то при осмыслении устанавливается соответствие между структурой соотношений, составляющих сообщение, и структурой некоторой системы. Так, смыслом информации из трёх соотношений $\{a,b,c\}$ может быть отношение масс трёх тел к массе эталона или три координаты точки в пространстве.

Таким образом, *смысл или значение информации – это состояние соответствующей структуры в системе, с которой ассоциирована информация.* Для установления смысла нужно указать систему и связи между её элементами, сопоставленные информации. Так, смысл скорости – отношение пути ко времени – указывает систему из пути и времени и сопоставляет скорость с их отношением.

Теперь уточним понятие контекста. Обратим внимание, что, устанавливая в нашем примере связь информации $\{a\}$ с понятием «раз-

ность», мы, на самом деле, связали $\{a\}$ не только с этим понятием, но и с целой уже имевшейся в нашей голове системой, называемой «арифметика». Ведь если употреблено понятие «разность», то, подразумевается наличие системы из двух объектов, различие свойств которых определено вычитанием. Это минимальный контекст, в котором существует это понятие. В свою очередь, понятия «разность» и «вычитание» существуют в более широком контексте арифметики. Упоминание масс или точек подключало, соответственно, контексты физики и геометрии. То есть, контекст – это та среда или система, в которой функционирует ассоциируемая с информацией структура, и в которую информация включается при осмыслении. Например, в определении скорости, контекст – это система из пути и времени.

Соотношения свойств могут существовать в реальных системах независимо от какого-либо субъекта. Такая информация объективно включена в конкретную систему, по содержанию совпадает с состоянием её структуры и, следовательно, объективно имеет и смысл, и контекст – это информация о состоянии соответствующей структуры в контексте данного носителя. То есть, состояние структуры является содержанием информации о самой себе. Если состояние системы объективно связано с каким-то другим состоянием, например, как следствие с причиной, то одновременно оно имеет и другой объективный смысл – это информация о связанном состоянии. Когда информация при распространении переносится с носителя на носитель, то образует в них системы из различных объектов, обретая разные объективные смыслы в контекстах этих носителей. Состояние любого из этих носителей содержит информацию о связанных состояниях всех остальных. Например, соотношение масс может быть выражено соотношением длин плеч уравновешенного коромысла, к которому подвешены эти массы, а затем может изображаться высотой столбиков гистограммы на листе бумаги или соотношением чисел. Как осмыслить эту информацию принявшему её субъекту? В контексте разных ситуаций субъект может принять во внимание любой из возможных объективных смыслов или их совокупность. Так, в контексте взаимодействия субъекта с окружающим миром из всех смыслов наиболее важен тот, от которого в большей степени зависит существование субъекта. Любая информация, попадая в мозг, становится состоянием некоторых структур в системе его нейронов. Это объективный смысл любой информации, находящейся в мозгу. Но само по себе это состояние для существования субъекта не так важно, как состояние реальных объек-

тов вне мозга. В целях самосохранения субъекту приходится устанавливать соответствие между принятым сообщением, то есть состоянием своих нейронов, и реальной системой, которая является источником этого состояния, или, как говорят, устанавливать истинный смысл. Поэтому, хотя информация отражает состояния многих систем, с помощью которых она транспортировалась, наиболее важный смысл в указанном выше контексте – это состояние первоисточника информации или оригинала. Именно он задаёт состояния всем системам, воспроизводящим эту информацию, и, следовательно, непосредственно или опосредованно определяет воздействие, воспринимаемое субъектом, является его первопричиной.

Итак, принципиальная неоднозначность сообщения из-за множественности его объективных смыслов приводит к необходимости выбора или установления субъектом важного именно ему субъективного смысла. Как же устанавливается субъективный смысл?

Создание индивидуального контекста путём осмысления информации

Объективные смыслы однозначно задаются контекстами реальных систем и не зависят от субъекта. Чтобы иметь возможность оперировать со смыслами, например, чтобы использовать одну модель для ряда подходящих объектов, субъекту приходится создавать *абстрактные* системы с помощью *абстрактных* связей, которые он может менять произвольно. Абстрактные системы не существуют без субъекта, так как именно он устанавливает системообразующие связи и приводит их в действие. Они могут либо состоять только из абстрактных объектов-символов, например: слов, понятий, образов, либо включать так же и реальные объекты. В последнем случае обязательно имеются абстрактные смысловые связи между реальными объектами и их моделями или символами. Примерами абстрактных систем являются все знаковые системы: высказывания, языки, теории, науки, – и, кроме того, системы аналогового моделирования, игры, здравый смысл и другие. *Совокупность абстрактных систем, имеющихся в распоряжении субъекта, мы и будем называть индивидуальным контекстом.*

Субъективный смысл устанавливается при ассоциации поступившей информации с подходящей системой в индивидуальном контексте или путём создания в нем новой системы на основе информации о новых для субъекта связях или видах объектов. Полученная структура затем сверяется со структурой реальности.

Рассмотрим это на простом примере осмысления результата бросания монеты. Если мы никогда не видели монету, то не сможем понять результат бросания, так как у нас в контексте ещё нет подходящей системы. Её нужно создать. Для этого мы осматриваем монету, запоминаем образы её сторон и включаем их в свой контекст, устанавливая смысловые связи между этими образами и понятиями «выигрыш» и «проигрыш», обретенными в процессе предыдущего общения. Так мы придаём субъективный смысл каждому из образов. Только теперь, после необходимого дополнения контекста, мы готовы к осмыслению информации о результате бросания. Действительно, после падения монеты путём сравнения образа видимой её стороны с образами в нашей памяти, мы получаем информацию о том, как лежит монета, и с помощью соответствующей смысловой связи, устанавливаем смысл этой информации, например: «Выпал выигрыш». Потом, получая или нет этот выигрыш реально, мы проверяем верность субъективного смысла. При этом отметим, что разглядывание чего-либо, не относящегося к монете, например пуговицы, не помогает понять результат нашего эксперимента из-за отсутствия смысловой связи между рассмотренным предметом и монетой.

Сделаем выводы.

1. Индивидуальный контекст создаётся из получаемой информации, в примере – из образов монеты.

2. Эта информация путём установления её смысла включается в контекст и затем, как и любая его часть, используется для понимания последующей информации.

3. Новый контекст позволяет понять информацию, которую ранее понять было невозможно, но эта информация ограничена смысловой избирательностью, то есть возможными смысловыми связями с текущим содержанием контекста.

4. Верность нового индивидуального контекста проверяется результатами практической деятельности его обладателя.

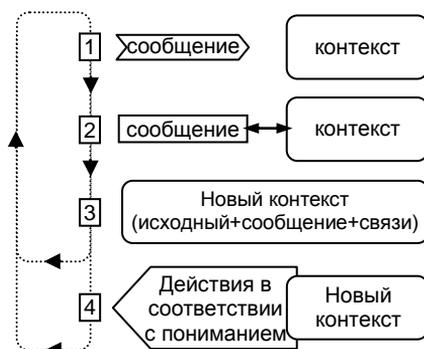


Рис. 1. Цикл структурной обратной связи при усвоении новой информации.

1. Получение сообщения или воздействия.
2. Установление связей с индивидуальным контекстом субъекта (осмысление).
3. Новый контекст + новые возможности.
4. Проверка практикой, если возможно.

Описанный процесс возникновения индивидуального контекста изображён на рис.1. Он является структурной обратной связью [с.34], контролирующей количество полезной информации в контексте или совершенство его структуры. В соответствии с определением обратной связи, результат процесса (понимание информации) влияет на его дальнейшее протекание (даёт возможность понять ранее недоступную для понимания информацию). Эта обратная связь всегда положительна. При развитии она способствует накоплению верной информации в индивидуальном контексте системы и её специализации, при деградации – поддерживает обратный процесс забывания информации и потери специализации [с.34, с.64].

Сделанные выводы имеют самый общий характер и относятся к любому взаимодействию субъекта с окружением. Ведь любое испытываемое субъектом воздействие является сообщением – оно несёт информацию о внешнем мире и требует осмысления для правильного реагирования. Специально организованными видами такого взаимодействия являются обучение и познание – сначала субъект усваивает простую информацию, и это даёт ему возможность понимать информацию более сложную, причём не любую, а лишь связанную с первой по смыслу.

Таким образом, в *индивидуальном контексте* накапливается полученная и осмысленная субъектом информация, которую он может привлекать для установления смысла вновь получаемой или создаваемой им информации. В результате действия описанного механизма контекст каждого субъекта составляется в зависимости от его конкретных свойств, возможностей, окружающих условий и, поэтому, уникален. Это объективно приводит к субъективности восприятия информации, то есть к тому, что одному и тому же сообщению разными субъектами может придаваться разный смысл.

Необходимое условие взаимопонимания

Поскольку смысл зависит от того, с какой системой ассоциируется сообщение, то все субъекты, чтобы придать сообщению одинаковый смысл, должны ассоциировать его с одинаковыми или эквивалентными системами. Отсюда следует необходимое условие взаимопонимания: *обладатели сообщения могут понять его одинаково, только если их контексты имеют общие или эквивалентные части, допускающие смысловую связь с сообщением.* Это проиллюстрировано на рис.2.

На практике некоторый уровень взаимопонимания всегда обеспечен тем, что индивидуальные контексты любых субъектов содержат эквивалентные и просто общие части, хотя бы из-за единства природы, в которой они образуются. Рассмотрим, как природа обеспечивает взаимопонимание субъектов на разных уровнях своей иерархии.

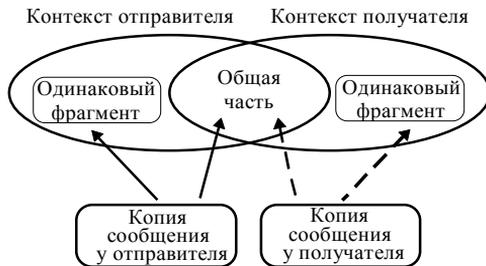


Рис. 2. Установление одинакового смысла сообщения двумя субъектами.

У людей и у животных, одинаковые части в индивидуальных контекстах специально создаются обществом или популяцией. Это происходит при усвоении общих стереотипов, навыков, традиций, обычаев, языка, в результате наличия стандартов воспитания, образования и так далее. Этому способствует врожденная способность к подражанию.

Конкретные субъекты дополнительно нарабатывают общую для них часть своих контекстов, согласуя понимание информации в ходе общения и совместной деятельности. Согласование смысла основано на том, что субъект может устанавливать смысл не только самостоятельно, но и воспринимать его от других субъектов. Для этого кроме самого сообщения он должен получить инструкции, как включить его в индивидуальный контекст. Такой инструкцией является, например, ответ на вопрос: «Что это такое?».

Процесс согласования смыслов контролируется структурной обратной связью (рис.1) относительно согласованной части контекстов или области взаимопонимания. Поэтому, согласование некоторой части контекстов не только расширяет область взаимопонимания, но и даёт новые возможности для её расширения. Например, договорившись о значении слов, субъекты получают возможность обсуждать явления, обозначаемые этими словами.

Контекст возникает не только в ходе индивидуального развития систем (онтогенеза), но и в ходе развития вида систем (филогенеза). В ходе филогенеза, возникает та часть информации, которая служит общей основой для индивидуальных контекстов представителей вида. Филогенетическая часть индивидуального контекста является продук-

том отбора на уровне видов систем и содержит информацию о способах обеспечения устойчивости вида в целом. В частности, это информация о необходимых способах согласованного взаимодействия систем данного вида, например, для размножения или коллективной защиты, о характерных для вида способах и средствах обеспечения индивидуальной устойчивости, в частности: о способах добычи важных ресурсов (например, о дыхании) и индивидуальной защиты (например, о мимикрии). В биологических системах эта информация передаётся генетически и входит в индивидуальные контексты от рождения в виде структуры самого организма и его подсистем, включая систему безусловных рефлексов и других реакций низкого уровня. В ходе онтогенеза филогенетический контекст дополняется в соответствии с особенностями конкретного субъекта и обстоятельствами его существования. Наличие филогенетической части в индивидуальных контекстах всех субъектов данного вида должно обеспечивать выполнение условия внутри- и межвидового взаимопонимания в объёме необходимом для существования вида.

На низших уровнях жизни и в неживой природе способ согласования контекстов должен быть очень прост, иначе он не смог бы работать на нижних этажах иерархии и на ранних стадиях развития. Поскольку информация на нижних уровнях заключена в реальной структуре материи, в устройстве систем, то естественным способом обеспечения единства контекстов является использование структур более простого уровня иерархии в составе каждого объекта более сложного уровня. Именно в этом случае условие взаимопонимания для подходящей информации будет автоматически выполняться во всех системах более высокого уровня, так как в контексте каждой из них всегда найдётся одинаковый структурный фрагмент. Не трудно убедиться, что именно так и поступает природа. При построении каждого следующего уровня иерархии используются одни и те же устойчивые структуры, отобранные на предыдущих этапах. Все многоклеточные организмы, а других среди достаточно развитых не бывает, состоят из клеток, структура которых до этого прошла отбор в одноклеточных организмах. Каждая клетка обязательно содержит ранее отобранные виды молекул: белки, ферменты, носители генетической информации (ДНК или РНК). Последние состоят из стандартного набора нуклеотидов. Более того, каждая клетка одной особи содержит *идентичную* копию ДНК, которая создаёт общий контекст для всех клеток организма, то есть даёт им возможность понимать друг друга и действовать со-

гласованно. В неживой природе этот принцип действует ещё более жёстко: все молекулы состоят из примерно сотни отобранных видов атомов, все атомы – из ещё меньшего набора отобранных видов частиц: протонов, нейтронов и электронов – и так далее. Таким образом, единство контекстов обеспечивается в природе, прежде всего, единством набора структурных элементов отобранных на более низких уровнях иерархии.

В связи с этим, можно предположить, что онтогенез потому и повторяет этапы филогенеза, что структуры, отобранные на предыдущих этапах филогенеза, должны быть воспроизведены в онтогенезе, как необходимые элементы, из которых уровень за уровнем строится иерархия структур продукта онтогенеза. Природа зафиксировала в наследственном механизме кратчайший из пройденных при филогенезе путей построения организма, другой ей просто неоткуда взять.

Проверка контекста, появление и преодоление заблуждений

Выше мы пришли к выводам о принципиальной неоднозначности сообщений и субъективности их понимания. Такое сочетание свойств сообщений и субъектов создаёт возможность ошибок при осмыслении и приводит к необходимости проверять индивидуальный контекст, согласуя его с реальностью или с пониманием других субъектов. Без этого невозможна эффективная деятельность. Проверка контекста происходит при замыкании петли структурной обратной связи через практические действия (пункт 4 на рис. 1). Чтобы разобраться в механизме проверки и согласования субъективного смысла, рассмотрим, что такое заблуждение, как оно возникает, как преодолевается, и какое значение имеет при этом практика.

Субъект может получить информацию, для которой в его индивидуальном контексте ещё нет системы (например, понятий), соответствующей источнику информации, и связи, соответствующие исходным, установиться не могут. В таком случае возможно два варианта. В первом, полученная информация не включается в контекст, связи между ней и контекстом не возникают – информация остается непонятой. Во втором случае, информация включается в контекст приемника, но ассоциируется с системой, не соответствующей оригиналу. При этом в приемнике возникает фрагмент контекста, не соответствующий контексту источника, то есть заблуждение относительно исходного смысла сообщения или *относительное заблуждение*. Относительное заблуждение может быть либо альтернативным смыслом многознач-

ного сообщения, верно отражающим связь каких-то явлений, либо оно является также и *абсолютным заблуждением*.

Абсолютные заблуждения отличаются от верных представлений тем, что противоречат объективной реальности и, поэтому, не могут быть реализованы. Эта мысль выражается известной фразой: «Практика – критерий истины». Использование абсолютного заблуждения для осмысления вновь поступающей информации может привести к новым заблуждениям, наслоение которых обесценивает контекст, как средство моделирования и познания реальности. Абсолютные заблуждения опасны для своих носителей, так как на их основе совершаются действия (пункт 4 на рис.1), дающие неожиданные, в том числе, и губительные для носителя результаты (пункт 1 на рис.1). В итоге, абсолютные заблуждения ведут к проигрышу естественного отбора и отсеиваются вместе со своими носителями, если носители не преодолевают их в ходе индивидуального развития. Соответственно, в контекстах отобранных субъектов остается либо верно понятая, либо неиспользуемая на практике информация.

Относительные заблуждения ведут к взаимному непониманию субъектов, делают невозможной их совместную деятельность или снижают её эффективность и, поэтому, тоже отсеиваются либо в ходе развития коллектива, либо путём отбора коллективов.

Во многих случаях преодоление возникших заблуждений возможно и до их практической проверки. Для этого следует выявлять противоречия как внутри индивидуального контекста, так и с вновь поступающими сообщениями. Выявленные противоречия затем устраняются с помощью изменения связей в контексте, то есть переосмыслением составляющей его информации. Таким способом, заблуждение преодолевается более безопасно для своего носителя, хотя окончательно результат проверяется всё той же практикой. На рис.1 эта возможность отражена тем, что петля структурной обратной связи может замыкаться, минуя этап 4 – проверку практикой. В таком цикле происходит реструктурирование контекста в соответствии с внутренним анализом и новыми сообщениями без практической проверки. Например, студент слушает курс лекций и решает задачи. Лекции пополняют его индивидуальный контекст информацией, а задачи помогают студенту безопасно для него и окружающих выявить и исправить противоречия, имеющиеся или возникающие у него в контексте, в частности, неверное понимание лекций. Решение задач не требует выхода

за рамки абстрактных систем, поэтому является не практикой, а моделированием практики. На практике студент может проверить свои знания только при взаимодействии с реальными системами, например, при лабораторных работах, или по окончании курса обучения, когда вытекающие из его знаний решения будут претворяться в структуры реальных объектов деятельности.

Наряду с преодолением заблуждений возможно также и их предупреждение. С этой целью, неясная или непроверенная информация не должна включаться в контекст наравне с усвоенной, и, соответственно, не должна использоваться для установления смысла вновь поступающей информации, а должна откладываться и обрабатываться вместе и наравне с новой. Тогда в контексте не смогут образоваться большие наслоения заблуждений, а для непонятной информации по мере роста и развития контекста, в конце концов, найдётся подходящее место, и она обретет верный смысл.

Оценивая верность информации, необходимо также иметь в виду, что моменты практического применения некоторой информации (этап 4 на рис.1), вообще говоря, могут быть и несчастными. В таких случаях заблуждения могут существовать достаточно долгое время без ущерба для их обладателей, создавая иллюзию своей верности. Например, какой-нибудь теоретик может всю жизнь думать, что падающие камни не стоят никакого внимания и доказывать свою правоту рассуждениями, пока сам не столкнется с таким камнем. Реальная проверка заблуждения происходит только тогда, когда носитель применяет его на практике. В данном примере, оказавшись на пути камня, он либо отреагирует на камень, преодолев заблуждение, либо пострадает вместе с заблуждением, применяя его. В последнем случае, даже оставшись живым, он, скорее всего, откажется от заблуждения, не желая получить травмы в будущем. То есть, в конце концов, практика неминуемо отсеивает даже давние заблуждения. Поэтому подчеркнём, что проверка идеи в пределах абстрактных систем всегда имеет лишь предварительный характер, и только практическая реализация является решающим актом в естественном отборе верных абстракций. В науке это часто имеет форму эксперимента.

Теперь, обсудив детали, мы имеем контекст, чтобы представить согласование объективного и субъективного смыслов в целом.

Построение индивидуального контекста и проверка его структуры практикой, по сути, являются процессом создания структурной моде-

ли реальности или процессом познания. При этом в силу своей физической ограниченности, субъект не может создавать отдельную модель для каждой из реальных систем. Он должен использовать то, что системы, основанные на некоторой общей структуре и образующие по этому признаку вид, подчиняются некоторым общим для вида закономерностям. Достаточно для каждого из видов создать одну структурную модель, чтобы затем с её помощью прогнозировать в пределах указанных закономерностей поведение любой системы соответствующего вида. Эти модели, отражая структуру природы, должны образовывать иерархию, в которой частные модели основаны на более общих. При этом, получая очередное сообщение, субъект должен, следуя по иерархии от общего к частному, определить вид источника, выбирая для обработки сообщения соответствующую источнику модель или, другими словами, согласуя субъективный и объективный смысл сообщения.

Долгий естественный отбор привел к тому, что многие механизмы этого согласования работают автоматически и незаметно для субъекта. Согласование начинается уже в первые мгновения восприятия информации. Например, человек увидел свет. В принципе, это может быть и солнечный свет, и свет маяка, и свет судового прожектора, и свет фар автомобиля, мчащегося на человека. Для правильной обработки полученной информации надо использовать соответствующую источнику модель. Так, из первых трёх моделей следует относительная безопасность источника, а из четвёртой – необходимость немедленной реакции на опасность. Для выбора модели человек автоматически начинает извлекать дополнительную информацию или, другими словами, уточнять реальный контекст сообщения. Сначала он действует, используя самую общую модель источника света – поворачивает голову и глаза, находит источник и автоматически определяет самые общие его характеристики: направление и расстояние до источника, параметры его движения, спектральный состав света. Далее учитывая эти характеристики и время суток, он уточняет конкретный вид источника, определяя его положение и движение относительно других объектов. Скажем, неподвижный источник днем на небе – это солнце, ночью на берегу – маяк, подвижный на воде – судовой прожектор, на дороге – автомобиль. При этом сообщение связывается в индивидуальном контексте с рядом моделей, обретая ряд субъективных смыслов, и полученные структуры сравниваются с постепенно уточняемой структурой реального контекста сообщения, пока не найдётся

наилучшее соответствие структур или, другими словами, субъективного и объективного смысла. Причём для уменьшения вероятности ошибки надо сравнивать более обширные части индивидуального и реального контекстов, что и достигается уточнением последнего. В результате субъект выбирает в своем контексте наиболее подходящую структуру для обработки сообщения, синтеза прогноза и выбора действий. Если подходящей модели в контексте не находится, то она тут же начинает создаваться с помощью информации, поступившей в ходе этого, часто неосознанного, исследования, и действий на основе имеющихся моделей. Адекватность выбранной или созданной модели подтверждается или опровергается практическим результатом её применения.

Наконец, ещё раз отметим, что весь описанный процесс можно представить в виде *структурной обратной связи* [с.47], в которой генерируются, сравниваются и отбираются варианты структуры индивидуального контекста.

Заключение

Итак, предложена концепция, включающая объективный и субъективный смысл и контекст сообщения. Контекст – это объекты и внешние связи реальной или абстрактной системы, структура которой ассоциирована с информацией. На материальном носителе это всегда система, составленная из объектов этого носителя. Их объективные связи однозначно задают текущий объективный смысл информации. Субъективный смысл устанавливается субъектом путём включения принятого или созданного сообщения в абстрактную систему своего индивидуального контекста, который за счёт этого может расти и развиваться. Способ включения может быть случаен, придуман, воспринят от других субъектов или основан на аналогии со структурой реальных систем (источников информации) и, в конце концов, всегда проверяется практикой. Механизм усвоения информации или познания в рамках данной концепции представляется, как структурная обратная связь, возникающая при включении поступающих сообщений в индивидуальный контекст. С помощью предложенной концепции прояснена сущность понимания информации, сформулировано необходимое условие взаимопонимания и обсуждены механизмы его обеспечения, выяснена объективная причина индивидуальности субъектов, сущность заблуждения и механизм его преодоления.

СТРУКТУРНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДЫ

Выводятся наиболее общие следствия структурной обратной связи, и прослеживается универсальность их проявления в природе. Это развернутый вариант работы [27].

В [4] отмечено, что открыть фундаментальную закономерность эволюции – это означает указать причину образования и сохранения упорядоченной в пространстве и времени структуры, действующую универсально и необратимо от самых истоков Вселенной через все иерархические уровни до любого состояния или процесса, который мы только захотим рассмотреть. В работах [с.30, с.42, с.47] показано, что такой причиной является *структурная обратная связь* или, более развернуто, положительная обратная связь по количеству полезной информации. Она охватывает все составляющие природу структуры и действует на всех этапах развития и уровнях иерархии. Из теории автоматического регулирования известно, что системы, охваченные положительной обратной связью, неустойчивы. В данном случае можно говорить об информационной или структурной неустойчивости. Рассмотрим механизм её возникновения и проследим её проявления, которые, вследствие фундаментальности процесса, должны быть и в природе, и в обществе повсеместны. Отметим, что обсуждаемый процесс является замечательной иллюстрацией законов диалектики, ибо структурная неустойчивость есть результат отбора систем по критерию устойчивости.

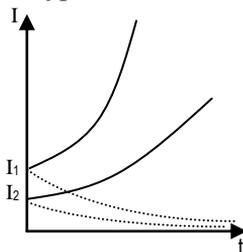
Модель структурной неустойчивости

Представим себе некую распределенную в пространстве совокупность систем, которые могут воспринимать и производить информацию. Примером такой совокупности может служить биосфера. Допустим, что системы не испытывают ресурсных ограничений для обработки и производства информации, то есть нет недостатка в информации, энергии или ещё в чем-то необходимом. Тогда возможность усваивать и производить информацию не ограничена внешними условиями, а определяется для каждой системы только её состоянием. Покажем, что в такой модели структурная обратная связь должна приводить к неограниченному нарастанию флуктуаций количества и состава информации в системах.

Действительно, в статье [с.52] показано, что восприятие информации зависит от индивидуального контекста системы, то есть от информации, которой система уже обладает. Более обширные, более организованные контексты, позволяют своим обладателям производить

и усваивать больше информации, более разнообразную информацию. Эта информация включается в их контексты и увеличивает возможности для производства и усвоения новой информации. Напротив, системы, обладающие небольшим контекстом, не могут усвоить многое из того, что усваивают другие – их контекст растёт медленнее. То есть, чем совершеннее система, тем быстрее она усваивает информацию и быстрее увеличивает свой отрыв в развитии. Так, информация всё больше сосредотачивается в более сложно организованных системах, повышая неоднородность распределения информации между системами, а, значит, и в пространстве.

В первом приближении этот процесс структурной обратной связи описывается в каждой системе дифференциальным уравнением $dI/dt = kI$, где I – количество информации в системе, k – постоянный коэффициент, а t – время. Равенство условий для систем выражается одинаковым для всех значением k . Решение этого уравнения имеет вид $I = I_N \exp(kt)$, где I_N – начальное количество информации в N -ой системе. Семейство решений для развивающихся систем ($k > 0$) с различными значениями I_N является непересекающимися экспонентами, изображёнными на рисунке сплошными линиями. Для деградирующих систем ($k < 0$) экспоненты, не пересекаясь, стремятся со временем к 0, как это показано пунктиром.



Наращение неоднородности распределения информации между развивающимися системами проявляется не только количественно, но и качественно. Пусть контекст какой-то системы наполнен информацией некоторого вида I_1 больше, по сравнению информацией вида I_2 . Тогда и далее, из-за смысловой избирательности, индивидуальный контекст будет пополняться информацией вида I_1 быстрее, чем другой, причём в нарастающем темпе, в силу описанной положительной обратной связи. Система невольно специализируется, и информация данного типа концентрируется в её контексте, занимая всё большую его часть. Этот процесс изображается на рисунке теми же экспонентами, с учётом того, что индекс теперь относится не к системам, а к типам информации в контексте системы. Примером такой системы является любой специалист, который, обладая большим объёмом информации по своей специальности (I_1), по сравнению со сведениями из

других областей (I_2), усваивает информацию в своей области знаний лучше и быстрее, чем остальную. Если другая система, наоборот, содержит чуть больше информации вида I_2 , то в ней точно также начнётся избирательное накопление этой информации. Значит, начальные отклонения состава информации в системах при развитии нарастают, усиливая различную специализацию систем и объединяя в них информацию по смыслу.

На некотором этапе этой специализации системы уже не могут достаточно эффективно выполнять все функции, необходимые для обеспечения своей устойчивости. Поэтому конкуренция либо отсеивает слишком специализированные системы, либо приводит дополняющие друг друга системы к кооперации, повышая их устойчивость. Результатом кооперации становятся возможность дальнейшей специализации систем и новый уровень их иерархии. На этом уровне всё повторяется – увеличиваются количество кооперативных систем и разнообразие их видов, идёт специализация, которая снова приводит к кооперации и образованию следующего уровня иерархии.

Общие выводы о следствиях структурной обратной связи.

В развивающихся системах количество полезной информации, а также количественная и качественная неоднородность её распределения экспоненциально растут, число уровней иерархии увеличивается. В деградирующих – идут обратные процессы.

Реальные проявления структурной неустойчивости

Поскольку наблюдаемая Вселенная, включая Землю, биосферу и общество, в целом прогрессирует, то должна преобладать тенденция к нарастанию описанной неоднородности в распределении информации, к специализации систем и созданию новых уровней иерархии, к объединению информации в системах по смыслу и увеличению диапазона темпов развития. Нетрудно убедиться, что это действительно так. Описанные следствия структурной обратной связи реально проявляются повсеместно и на всех иерархических уровнях.

Это неравномерность эволюции на уровне особей, популяций, видов, государств и языковых групп – более развитые субъекты каждого уровня прогрессируют быстрее и располагаются более компактно, относительно длины эффективной коммуникации*. Это нарастание в хо-

* Длина эффективной коммуникации – расстояние, в пределах которого обмен информацией обеспечивает оперативное взаимодействие субъектов данного вида.

де развития неравномерности и компактности распределения информации в структурах живых организмов, вычислительных устройств и человеко-машинных систем, функциональная специализация этих структур. Так, в рамках этой тенденции эволюция из одноклеточных организмов образовала многоклеточные, то есть привела первоначально независимые структуры к кооперации, образовав следующий уровень иерархии, и специализировала как сами организмы (хищники и травоядные, сухопутные и подводные), так и группы клеток в них (органы и системы организмов).

Эти же процессы ясно прослеживаются и в обществе. Это выражается в образовании и специализации всевозможных информационных, научных, управляющих и других центров: правительств, министерств, штабов, институтов, школ, элит, городов и так далее. Эти же тенденции проявляются в компактности зон распространения языков, религий, наук относительно каналов эффективной коммуникации. В рамках этих же закономерностей, прогресс привел к объединению Европы и процессу глобализации, то есть к возникновению новых уровней иерархии вследствие кооперации. Наоборот, деградация социалистических стран привела к развалу их кооперации, к исчезновению союзного и межгосударственного (СЭВ, Варшавский договор) уровней организации, частично нарушила их специализацию.

В неживой природе структурная или информационная неустойчивость проявляется также повсеместно. В космических масштабах она реализуется в виде гравитационной неустойчивости, которая структурирует вещество, создавая компактные в соответствующих масштабах системы: планеты, звезды, галактики. Согласно концепции «информация-структура» [с.24], возникающая при этом структурная неоднородность эквивалентна неоднородности распределения информации. На микроуровне материя также организована в компактные микроструктуры. Материя и информация сосредоточены в молекулах, атомах, атомных ядрах и так далее. Причём, частицы в атоме, атомы в молекуле, молекулы в телах образуют организованные системы из подходящих друг другу частиц с помощью характерных для них взаимодействий, что соответствует концентрации согласованной по смыслу информации, грубо говоря: о ядерных связях – в ядрах, о химических связях – в молекулах. Примерами смысловой избирательности, то есть избирательности в установлении связей, являются проявления валент-

ности у молекул или то, что заряды взаимодействуют только с зарядами, а массы только с массами.

То, что звёзды, атомные ядра или другие объекты являются местами скопления не только вещества и энергии, но и информации легко понять хотя бы из того, что именно из них ученые получают большую часть информации о строении материи. Например, исследуя звезду, не наводят телескоп в пустое пространство, поскольку информация о звезде сосредоточена в ней, а не вокруг, то есть, распределена неравномерно и объединена по смыслу (о звезде!).

Нет сомнений, что в реальности экспоненциальное развитие, обусловленное структурной обратной связью, рано или поздно, сталкивается с естественными ограничениями в необходимых ресурсах: пространстве, веществе, энергии, информации и так далее. Кроме того, во многих случаях одновременно со структурной действуют и другие обратные связи. В приведённых выше уравнениях всё это отражается появлением зависимости коэффициентов k от количества потребляемых системами ресурсов и взаимозависимостью между k в уравнениях для разных систем. То есть *независимые линейные уравнения*, описывающие нашу модель, при переходе к реальности превращаются в *систему нелинейных уравнений*. Однако, несмотря на все неучтенные в нашей идеализированной модели обстоятельства, маскирующие структурную обратную связь, её следствия легко просматриваются в самых различных реальных системах, в чем мы только что убедились. Это лишь подчёркивает фундаментальность причины, приводящей к одним и тем же результатам вопреки массе дополнительных факторов.

Практическое значение

Существенное влияние структурной обратной связи на развитие самых разнообразных систем даёт новую основу для понимания и прогнозирования их развития.

Например, по заявлению одного из маститых специалистов по градостроительству, в каждом крупном городе в течение последних полутора веков каждые 10-15 лет издавались различные постановления с целью предотвращения неограниченного роста и скученности населения, но ни одно из них не было выполнено. В контексте приведённых рассуждений становится понятно, что власти городов пытаются бороться с фундаментальной закономерностью природы, а такие попытки не могут быть успешными. Чтобы прекратить концентрацию информации и её носителей в городе, есть только один эффективный

способ – организовать его деградацию, например, запретив ремонтные работы, торговлю, финансирование, или просто разрушая коммуникации и жильё. Нет сомнений, что информация и население тут же начнут утекать из города.

В этом же контексте, «утечка мозгов» из российской науки – это явный признак её деградации из-за резко ужесточившихся условий отбора. И структурная обратная связь проявится в том, что отток лучших и наиболее активных специалистов, к сожалению, ещё больше затормозит развитие науки в России и, наоборот, ускорит в центрах сосредоточения научных кадров. Надежда остается лишь на то, что ужесточение отбора приведёт в России к созданию новых, более эффективных форм научной деятельности, которые в стратегической перспективе дадут преимущества в темпах развития. Только качественные изменения смогут удержать Россию на передовых рубежах науки и техники. Согласно изложенному, одним из признаков реализации этой возможности станет возвращение научных кадров.

Заключение.

На основе концепции «информация-структура» сформулированы самые общие следствия структурной обратной связи. Показано, что они ясно проявляются в виде структурной неустойчивости на самых разных уровнях иерархии природы и общества, в самых разных процессах, являясь универсальными свойствами развития. Это подтверждает реальность и фундаментальность структурной обратной связи. Представления о ней и знание её следствий даёт новую рациональную основу для понимания и прогнозирования процессов развития.

СВОЙСТВА И ОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ

С позиций концепции «информация-структура» рассматриваются определяющие свойства развития и обсуждаются физические принципы, лежащие в основании развития.

Идея развития возникла в человеческой культуре с появлением христианства применительно к духовной сфере [12]. В новое время с появлением опытной науки стало распространяться понимание развития, как необратимых и направленных изменений в природе и обществе. Современное понимание утвердилось в XIX – начале XX веков под влиянием созданных в биологии и геологии теорий эволюции, научной космологии, объяснившей появление Земли и Солнечной системы, и ряда философских работ, среди которых выделяется диалектическая теория Гегеля. В настоящее время [12] *развитие* определяет

ся, как необратимое, направленное и закономерное изменение материальных и идеальных объектов. Утверждается, что только наличие всех трёх указанных свойств выделяет развитие среди других изменений. Объективным критерием развития признается изменение уровня организации систем. Развитие может быть прогрессивным, при котором этот уровень растёт, и регрессивным – дезорганизация.

Анализ определяющих свойств развития

Концепция «информация-структура» [с.24] и вытекающий из неё принцип структурной обратной связи [с.30] позволяют на новой основе рассмотреть сущность процесса развития, уточнить его свойства и дать количественный критерий развития. С этих позиций обсудим каждое из упомянутых определяющих свойств развития.

Необратимость. Процесс развития можно представить в виде структурной обратной связи [с.34]. Эта обратная связь *положительна*, что приводит к структурной неустойчивости природы и составляющих её систем [с.64]. Поскольку неустойчивая система сама без внешнего воздействия не может вернуться в исходное состояние, то отсюда естественно вытекает необратимость развития.

Направленность. Структурная неустойчивость может развиваться в двух направлениях в зависимости от соотношения между процессами генерации и отбора информации в системах. Если процессы генерации преобладают, реализуется расширенное воспроизводство информации – увеличение ее количества, усложнение структур, то есть прогресс. Когда генерация информации не компенсирует ее убывание из-за отбора, реализуется противоположная тенденция – регресс – уменьшение количества информации и разрушение структур. На практике в разных конкретных системах реализуются оба направления. Однако в целом, в известной нам части природы наблюдается преобладание прогрессивного развития. В этом смысле, развитие является направленным.

Диалектическая противоречивость. Третье из упомянутых свойств развития – *закономерность* – диалектически противоречиво и требует более внимательного и глубокого анализа. С одной стороны структурная обратная связь или её эквивалент – универсальный отбор по критерию устойчивости – это и есть та универсальная закономерность, которая обеспечивает развитие любых открытых структур. С другой стороны, закономерным следствием *положительности* этой обратной связи является неустойчивость природы, обуславливающая

невозможность точно знать будущее. То есть, сам способ развития закономерен, а конкретные следствия применения этого способа, заранее знать невозможно. Причина этого диалектического противоречия кроется в том, что развитие невозможно без случайности или, другими словами, оно несовместимо с абсолютным знанием. Обсудим этот принципиальный тезис.

При прогрессивном развитии количество информации в системах возрастает. Но, повторение уже имеющейся структуры, даже с новым содержанием, то есть с новыми значениями составляющих её связей не увеличивает количество информации в структуре. Увеличить это количество можно, только добавляя к структуре новые связи или уточняя старые, то есть, повышая разрядность данных, описывающих структуру. Каждый новый двоичный разряд этих данных получается в результате *элементарного сравнения* новой пары объектов [с.18] независимо от того, добавляется ли разряд к старой связи, или устанавливается разряд новой. Поэтому в обоих случаях можно считать, что устанавливается новая элементарная связь. Но что такое новая связь? Это связь, которая до некоторого момента не существовала нигде и ни в какой форме – ни как реальное соотношение свойств объектов, ни как абстракция, скажем: элемент теории, закономерности, предположения, цели. Ведь, если связь уже существует, например, в структуре цели, закона или предположения, то созданный или обнаруженный её аналог не является новым. Только та совокупность связей является новой, которая даже не предполагалась, и именно по этой же причине она неожиданна или случайна. Значит, *новая структура и соответствующая ей информация могут возникать только случайно*. Принципиальная случайность процесса генерации информации отмечена также и другими авторами [7, 9].

Из этого, среди прочего, вытекает, что целенаправленная деятельность не может создавать новое непосредственно, поскольку реализует структуру уже заданную в формулировке цели. Она создает условия для появления нового, но не более того. То новое, что может появиться по ходу реализации цели, является новым только потому, что не входит в цель и не предполагается на момент начала действий, а, значит, появляется случайно, незапланированно. Новой может быть сама цель, но для этого и она должна сначала возникнуть случайно, как новая структура, которая лишь потом станет целью.

Отсюда также следует, что развитие, как процесс случайной генерации новой информации, принципиально несовместимо с существованием его конечной цели, в смысле некоторого заранее определённого состояния, к которому развитие стремится, а значит, и последовательность таких состояний – будущая траектория развития – не поддаётся детерминированному описанию. В лучшем случае можно указать направление изменений, скажем, поставив цель создать что-то новое, но не конкретную точку или траекторию. Отсутствие у развития конечного состояния делает его бесконечным процессом. Воистину, нет предела совершенству.

По тем же причинам, с развитием несовместимо абсолютное знание. Ведь если кто-то знает действительно всё, то ничего нового появиться не может, и прогресс невозможен в принципе. Поэтому, несовместима с развитием идея бога, который знает все. Поэтому, для описания развития непригодны детерминированные теории. Вероятностные модели более адекватны, но и в них остаются детерминированными значения вероятностей, вследствие чего и эти модели не полностью описывают развитие. Это неполнота закономерна, ибо развитие – это появление того, что невозможно предвидеть в принципе. Нельзя посчитать вероятность неизвестно чего.

Итак, как это ни парадоксально, *суть развития состоит в том, что оно является неустранимой неустойчивостью, возникающей в результате отбора систем по критерию устойчивости, и одной из главных его закономерностей является случайность возникновения новой информации или новых структур.* В предыдущих статьях показано, что неверная информация или неудачные структуры закономерно отсеиваются из возникающего и, в зависимости от соотношения между интенсивностью генерации и жёсткостью отбора, информация накапливается или теряется.

Изменение количества полезной информации в системах может быть принято *количественным критерием развития.* В принципе, этот критерий соответствует упомянутому в начале статьи изменению уровня организованности и может служить его мерой. Как уже отмечалось, если количество полезной информации растёт, то наблюдается прогресс, если убывает – регресс. Если это количество не меняется, то развития нет. Отсюда, *развитие – это процесс, приводящий к изменению количества полезной информации.* Отметим, что без изменения

количества информации могут идти процессы изменения и оптимизации ее содержания – значений параметров систем.

Физические основания развития

Любая концепция развития должна опираться на некоторые фундаментальные физические принципы, которые обеспечивают саму возможность развития, особенно на ранних его стадиях и простейших уровнях иерархии. Такими принципами являются: *открытость систем, диссипация энергии при взаимодействиях и неоднородность распределения ресурсов*. Частично это обсуждается в статье [с.37].

Открытость систем – это отсутствие принципиальных ограничений на число и видовой состав взаимодействующих систем. Она необходима для возникновения структурной обратной связи, которая невозможна без взаимодействия с внешними системами, и для создания новой информации – новых связей между системами. Эффекты, возникающие при стремлении к устойчивости неограниченного количества влияющих друг на друга систем, невозможно предусмотреть, изучая закрытые системы. Так, одни системы, достигая устойчивости, изменяют условия для остальных систем, вплоть до уничтожения самой области устойчивости. Это легко показать на примере движения неупруго взаимодействующих частиц в окрестности конечной потенциальной ямы, например, капля воды в окрестности углубления в непроницаемом грунте. Если в яму попала одна капля, то она скатится на дно, и всё на этом закончится – двигаться дальше она не сможет. Это хорошо описывает физика. Однако, если система открыта, то в ней может появиться неограниченное число капель – они заполняют яму и двинутся дальше, как это бывает в ручье. То есть открытость приводит к качественному изменению результата – каждая система стремится к устойчивости, но при достаточно большом их количестве это создаёт неустойчивость. Так проявляется известный закон перехода количества в качество.

Здесь мы снова уже из чисто физических соображений получили подтверждение диалектической противоречивости эволюции открытых систем. Положение усугубляется тем, что в природе нет принципиальных ограничений не только на количество взаимодействующих систем, но и на разнообразие способов их взаимодействия. Так, даже одна реальная капля не останется в реальной яме, поскольку участвует не только в механическом взаимодействии и не только как целое, а может, скажем, испариться или впитаться. Удивительно, но эти оче-

видные следствия открытости систем, эти проявления законов диалектики так долго не замечались естественными науками.

Диссипация энергии – это необходимое физическое условие для возникновения и усиления корреляций между параметрами взаимодействующих объектов. Например, такие проявления диссипации, как трение и вязкость, устанавливают и усиливают корреляции между скоростями объектов. Возникновение и усиление корреляций, то есть связей между системами – это усложнение структуры или увеличение количества информации за счёт упомянутого повышения разрядности данных, описывающих связи. В этом процессе также наблюдается переход количества в качество и положительная обратная связь. Так, уравнивание скоростей приводит к корреляции положений, а чем больше объектов согласовало скорости или положения, тем эффективней они влияют на движение остальных объектов. В частности, без диссипации энергии или в условиях упругости взаимодействий не смогли бы образоваться ни звезды, ни планеты. Таким образом, диссипация – это организующий, полезный для развития фактор. Положительная роль диссипации для процессов организации в физических системах обсуждается, например, в [1, 2]. Диссипация является одной из причин усиления неоднородности – группировки параметров объектов вблизи некоторых значений в результате усиления корреляций.

Неоднородность – во-первых, это затравка развития, так как однородность – это отсутствие объектов взаимодействия и отбора, то есть, невозможность развития. В результате развития неоднородность изменяется экспоненциально [с.64], при прогрессе возрастая, а при регрессе убывая, но никогда не достигая нуля. Во-вторых, но не менее важно, неоднородность и обусловленные ей градиенты приводят к возникновению потоков, обеспечивающих обмен веществом, энергией и информацией между системами, а значит, и к диссипации энергии при этих взаимодействиях.

Итак, описанные процессы образуют

функциональный цикл с положительной обратной связью:

- диссипация или «обесценивание» энергии при взаимодействиях воспроизводит неоднородность,
- неоднородность снова воспроизводит «ценную» энергию в виде материальных потоков, при взаимодействиях которых снова происходит диссипация.

Это один из фундаментальнейших циклов, благодаря которым на самых разных уровнях иерархии природы может реализовываться структурная обратная связь, то есть процесс генерации, сравнения и отбора структур и, в результате этого, накопление информации.

Второе начало термодинамики, запрещающее рост количества информации, выведено только для закрытых систем без диссипации энергии и противоречит наблюдаемому развитию природы. Оно не учитывает вышеупомянутые последствия открытости реальных систем и, в частности, структурную обратную связь [с.37]. Поэтому его применение к коллективам открытых систем некорректно.

Заключение.

Итак, на основании концепции «информация-структура» и, в частности, представлений о структурной обратной связи, уточнены свойства развития, показана необходимость и важнейшая роль случайности в развитии, дан количественный критерий развития – *изменение количества полезной информации*, указаны физические основания развития: *открытость, диссипативность и неоднородность* реальных систем.

Литература

1. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. Пер. с англ. - М.: Эдиториал УРСС, 2000. - 312 с.
2. Э. Вернер, Э. Андреас, Ф. Райнер. Физика процессов эволюции. Пер. с нем. Ю. А. Данилова. - М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 328 с.
3. Моисеев Н. Н. Универсум. Информация. Общество. - М: Устойчивый мир, 2001. - 200 с.
4. Э. Ласло. Основания трансдисциплинарной единой теории. - Пер. Ю. А. Данилова. - <http://spkurdyumov.narod.ru/Laslo3.htm>.
5. «Информация и развитие». - Материалы IV международной научной конференции «От истории природы к истории общества» (Сборник статей). - М., 2003. - 53 с.
6. Д. Дойч. Структура реальности. - пер. с англ. под ред. акад. РАН В. А. Садовниченко, Ижевск: НИИ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. - 400 с.
7. Г. Кастлер. Возникновение биологической организации.- М.: Мир, 1967 г.
8. Чернавский Д. С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики.- УФН, т. 170, № 2, с. 157-183.
9. Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). / Послесловие Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Эдиториал УРСС, 2004. – 288 с.

10. Саночкин В. В. «Что такое информация». - *Философские исследования*, №3, 2001, с. 129-141.
11. *Словарь иностранных слов*. - М.: Русский язык, 1988. - 608 с.
12. *Философский энциклопедический словарь*. - М.: Советская энциклопедия, 1983.- 840 с.
13. Мазур М. Качественная теория информации. Пер. с польского Лочмеля О. И. - М.: «Мир», 1974. - 240 с.
14. Эйген М., Винклер Р. *Игра жизни*. Пер. с немецкого Андреева В. М. под ред. Волькенштейна. - М.: "Наука", 1979 г.
15. Shannon C. E. *A Mathematical Theory of Communication*. - *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423, 623-656, July, October, 1948
16. Вентцель Е. С. *Теория вероятностей*. - М.: Высшая школа, 1998. - 576 с.
17. Бодякин В. И. *Куда идешь человек? Основы эволюциологии. Информационный подход*. - М., "Синтег", 1998 г. - 332 с.
18. Заличев Н. Н. *Энтропия информации и сущность жизни*. - М.: Радиоэлектроника, 1995. - 192 с.
19. Чечкин А. В. *Математическая информатика*. - М.: "Наука". Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. - 416 с.
20. Кадомцев Б. Б. *Динамика и информация*. - М.: Ред. журн. «Успехи физических наук», 1999. - 400 с.
21. Мелик-Гайказян И. В. *Информационные процессы и реальность*. - М.: Наука, Физматлит, 1998. - 192 с.
22. Н. Винер. *Кибернетика, или управление и связь в животном и машине*. - М.: Главная редакция изданий для зарубежных стран издательства "Наука", 1983. - 340 с.
23. Саночкин В. В. *Смысл и контекст информации* - в сб. [5], с.18-23.
24. Саночкин В. В. *Информация как фундаментальная категория* - в сб. [5], с.5-8.
25. Саночкин В. В. «Универсальная причина развития». - *Философские исследования*, №3, 2001, с.198-203; «Фундаментальная причина развития». - на сайте Московского международного синергетического форума, www.synergetic.ru.
26. Саночкин В. В. «Роль интеллекта в развитии природы». - *Материалы III научной конференции «От истории природы к истории общества», часть V: «Проблемы информатики», Москва, 2001, с.6-8.*
27. Саночкин В. В. «Проявления информационной неустойчивости природы» - в сб. [5], с.23-25.
28. Эйген М., Шустер П. «Гиперциклы: принципы самоорганизации макромолекул». - М.: Мир, 1982.
29. Редько В. Г. «Эволюционная биокибернетика. Почему так медленно развивается актуальная наука?» - *Вестник РАН*, 1997, т. 67, №9, с.800-803.
30. П.К. Анохин. «Философский смысл проблемы естественного и искусственного интеллекта», в кн. «Кибернетика живого. Человек в разных аспектах.», М.: Изд-во «Наука», 1985 г.
31. Фогель Л., Оуэнс А., Уолш М. *Искусственный интеллект и эволюционное моделирование*. Перевод с англ. М.: Мир, 1969. – 230 с.

32. Саночкин В. В. Структурная обратная связь в иерархии систем. - в сб. [5], с.14-18.

ОБ АВТОРЕ.

Саночкин Владимир Викторович, родился в 1947 г.,
окончил Московский Инженерно-физический институт,
к.ф.-м.н., член Российского философского общества,

18 лет занимался разработкой и созданием ускорителей заря-
женных частиц и генераторов электромагнитных импульсов
для метрологии, участвовал в разработке двух государственных
эталонов, в последнее десятилетие специализируется
на разработке управляющих систем для станков,

зам. гл. редактора журнала «Эволюция».

Область научных интересов:
фундаментальные проблемы информации и развития,
роль информации в природе и обществе.

Email: vvvano@yandex.ru

V. V. Sanochkin

“The ESSENCE of INFORMATION and EVOLUTION”.

The collected Articles. - Moscow, 2004. - 76 p.

The collection is composed on the basis of the author's articles and reports revealing essence of notions "information" and "development" and their interrelation.

The definition of information is given and its universality is proved. The relation of information with structure and some other fundamental notions are analyzed. The concept of the structural feedback is coined, as universal reason of evolution. On this basis the role of information and intellect in evolution is analyzed, quantitative criterion of evolution is offered, the concept of models of development of structures and understanding of information are stated.

The scientific edition.