

## Глава 3

### Эволюция систем — это эволюция ценности информации

Новый этап методологических исследований конца XX столетия связан с постнеклассической наукой, отказом от линейного мышления, жесткого детерминизма и рационализма, великолепно сыгравшего роль фундаментальной опоры европейской традиции нового времени. Теперь его возможности в значительной мере исчерпаны, что проявилось при необходимости изучения множества сложных неравновесных систем. Это не значит, что рационализм должен быть отброшен. Он оправдывает себя в огромном круге вопросов и вносит существенный вклад в миропонимание. Важно лишь знать, что существует граница его применимости, за которой эффективный анализ на основе рационализма (и редукционизма) в принципе невозможен. Так, невозможно с позиций рационализма достаточно полно описать эволюционные процессы, которые во все большей степени выходят на передний край исследования как в естественных, так и в гуманитарных современных науках.

Значимость современной синтетической теории эволюции осознана при решении как конкретно-научных, так и философских проблем, что проявилось при формировании междисциплинарного направления, названного “эволюционной эпистемологией” (см., например, [95, 136, 225]).

Нам близки подходы, о которых пишет А.В. Кезин: “Характерным... является стремление придать эволюционному подходу универсальное значение. Принцип эволюции, по мнению эволюционных эпистемологов, применим к космосу как к целому, к спиралевидным туманностям, к звездам с их планетами, к земной мантии, растениям, животным и людям, к поведению и высшим способностям животных; он применим также и к языку, к историческим формам человеческой жизни, к деятельности, к обществам и культурам, к системам веры и науки” [61, с. 6].

Однако на проблемном поле методологических исследований эволюционных процессов отсутствует то общее, что объединяет эволюцию лазерной системы, развитие эмбриона и эволюцию социокультурную, а именно, отсутствует **информация**, генерация, reception и

эволюция эффективности которой составляют необходимые элементы прогрессивного самопроизвольного развития.

На шкале глобальной эволюции, длящейся, согласно данным астрофизики, 20 млрд лет, можно заметить не только повышение ценности информации, но и бифуркационные переходы с возникновением информации более высокого иерархического уровня в последовательности: *S*-информация, генетическая, поведенческая, логическая. Генетическая информация царствует 3,8 млрд лет, логическая — всего 25 тыс. лет. Развитие последней происходит на наших глазах, а общее ее количество значительно превышает количество всех других видов. Высказываются предположения о том, что формируется информация еще более высокого уровня — в виде коллективного Разума, занимающего ноосферу.

Перечисленные виды информации отличаются своими носителями, кодируют различные операторы, целенаправленная деятельность которых позволяет достигать разных целей.

Информация всех видов взаимодействует с объектами материального мира. К таким объектам относятся носители информации; объекты, о которых может быть получена информация, и объекты, для создания которых требуется информация (операторы). Между перечисленными объектами имеется принципиальная разница: материальные объекты воспринимаются органами чувств, информация сама по себе органами чувств не воспринимается, а “считывается” определенным блоком информационной системы, под которой понимают “совокупность механизмов, обеспечивающих полное осуществление информационного процесса” [76, с. 25]. Функционирование информационной системы возможно за счет ресурсов внешней среды, связано с накоплением побочных продуктов и характеризуется коэффициентом полезного действия, непосредственно связанного с эффективностью информации.

Учет этих особенностей информации, ее характеристик и свойств при реализации информационного подхода к изучению эволюции любой системы намечает определенные методологические рамки, выход за пределы которых, как правило, связан с нарушением адекватности описания механизма процесса развития. В этих рамках находится динамическая теория информации — раздел синергетики, предметом которой является ценность информации и механизм ее эволюции, а методом — синергетические модели, учитывающие такие процессы в информационных системах, как: авторепродукция; антагонистические взаимодействия между элементами, обладающими разными информациами; эффект конкуренции за ресурсы; диффузия элементов. В течение адаптивных периодов эволюции можно выделить стадии процесса эволюции ценности [186, с. 26], а также объяснить различие конвергентной и дивергентной эволюций [76, с. 120].

### 3.1. Создание информации как событие в аспекте становления эволюционирующих систем

Выше мы говорили о заинтересованности кибернетиков в выяснении природы феномена информации и о неудачах, связанных с попытками рассматривать явление вне связи с процессами самоорганизации. Эти неудачи кажутся теперь фатальными на фоне мощных мозговых атак, предпринимаемых элитой кибернетического сообщества, пытавшейся раскрыть тайну самоорганизации. Эти попытки представляют несомненный интерес не только потому, что с их помощью созрели зерна истины, но и потому, что их неудачи, или, точнее, неполный успех, — результат недостаточной решительности для перехода к новой парадигме с ее положением о необходимости комплексного учета сложности, открытости, неравновесности, нелинейности самоорганизующихся систем с ее утверждением о конструктивности неустойчивых состояний. Были поняты не только отдельные фрагменты, но и тонкости процесса самоорганизации, однако вместе с тем не было главного — признания возможности перехода от хаоса к порядку и глубокой связи явлений самоорганизации и информации через необходимость случайного выбора пути развития из того множества, которое определяется нелинейностью процесса развития.

Сказанное подтверждается фактами, изложенными в книге “Самоорганизация” трудов июньской конференции 1961 г., проходившей в штате Иллинойс на вилле “Аллертон” [205] и организованной отделом информационных систем Управления военно-морских исследований США. Начало семинара было ознаменовано обращением к термину “самоорганизация”.

“Мы блуждаем в мире загадочных черных ящиков, ящиков доктора Эшби. Одни из них — черепахи, другие — горлицы, третий — пересмешники; некоторые из них — цифровые вычислительные машины, — говорит известный английский ученый-кибернетик Гордон Паск, выясняя вопрос о том, какие из систем способны к самоорганизации. — Но, наконец, мы сталкиваемся с небольшим, но противным классом систем, которые мы, по-моему, как раз и называем “самоорганизующимися” и которые включают и вас, джентельмены”. По-видимому, в этом определении больше юмора, чем ясности, поэтому ценным является следующее за ним справедливое суждение о роли случайности в процессе самоорганизации: “Вы, несомненно, в высшей степени случайные машины, потому что несете всякий вздор. Моя уверенность в том, что вы скажете в следующий момент, такова же, как и неуверенность, в каком положении остановится “случайное” колесо... Системы такого рода мы и будем называть самоорганизующимися”.

### 3.1. Создание информации как событие

Итак, отмечена принципиальная значимость случайного в процессе самоорганизации, но не только это удалось Паску. Образование структур дает преимущество коалициям элементов, каждый из которых не несет в себе самоорганизующего начала. Только объединяясь, элементы приобретают новое качество. В современных книгах по синергетике обычно приводится описание поведения амебы — одноклеточного, обладающего чертами социального животного — как яркий и наглядный пример самоорганизации. Пример этот перекочевал из доклада Паска в современные книги о самоорганизации. Амебы вырабатывают вещество акразин в моменты дефицита амебной пищи. Это позволяет им находить друг друга, образовывая структуру — организованное целое, способное перемещаться (этого не может одна особь) из “голодных” областей в “хлебные”. За поведением амеб тщательно наблюдали; часть доклада, посвященная их коллективным действиям, вызвала большой интерес. Это не исключило, однако, и скептических высказываний, например, Георга Цопфа: “Я всего лишь надеюсь, что кибернетика и тот ее раздел, который касается самоорганизующихся систем, могут осветить (но не решить! — автор) одну единственную кибернетическую проблему: проблему управления и связи внутри человека и между людьми... Я намерен рассматривать символы и черные ящики, слизи и лишайники, заводы, вычислительные устройства и ракетные системы только в надежде, что результаты такого рассмотрения приведут к тому, что меня интересует... Я испытываю соблазн приписывать большую ценность слову “нет”, чем слову “да”” [205].

Эта элегическая грусть по поводу несовершенства знаний кибернетиков о самоорганизации, как теперь ясно, более конструктивна, чем оптимизм Эшби, утверждавшего, что в “настоящее время принципы, лежащие в основе самоорганизующихся систем, известны достаточно полно”. Как заметил Лернер, “в области теории самоорганизующихся систем мы уже знаем, “где копать”, хотя еще ни одного ценного “клада” не “выкопали”.

Кибернетики нащупывали области, в которых царит самоорганизация: система магнитов, моделирующая структуру доменов, модель коры мозга по аналогии со структурой доменов, рост кристаллов из сильно переохлажденного раствора, т. е. в сильно неравновесных условиях.

С тех пор как человек обрел мысль, не затихает дискуссия о происхождении жизни и разума. На вилле “Аллертон” Уильямом Родом Эшби была высказана сенсационная идея о том, что жизнь не могла не возникнуть, ибо “каждая изолированная динамическая система дает начало своей собственной форме разумной жизни и является в этом смысле самоорганизующейся”. Это сильно отличается от другого крайнего утверждения — “жизнь возникнуть не

могла”, — противоречащего идеи универсальной эволюции, на шкале которой рождение живого — важное событие в мире процессов, событие, повлиявшее на темп и направление развития.

Прав ли Эшби? Только отчасти, так как в простых динамических системах, да еще изолированных, ничего похожего на жизнь не происходит, а что происходит в сложных и что необходимо, чтобы “создавались организмы, приспособленные к окружающей среде”, ни великий Эшби, ни кибернетика не смогли решить. Они знали, что в природе протекают процессы самоорганизации, понимали их значение для информационной техники, задач управления, феномена жизни, но не им суждено было выкопать тот ценный “клад”, о существовании которого было доподлинно известно кибернетикам. Внутри клада “самоорганизация” оказался еще один — “информация”, а вместе они играли роль платформы для выдвижения идеи универсальной эволюции, позволившей перебросить мост между живой и неживой природой, между миром человека и миром окружающей его природы, между естественными и гуманитарными науками.

Современные взгляды на эволюционные изменения, включающие компоненту необратимости и направленности, исходят из признания важной роли сильнейшей неравновесности в развитии всего материального мира. Отсюда — разочарование в некоторых прежних прогнозах, касающихся дальнейшего развития науки. Предполагалось, что по мере своего развития наука будет получать новое, более полное знание о системах и их элементах, к которым “временно” и “не от хорошей жизни” применяются статистические методы исследования. Мнение о “неполноценности” вероятностного подхода к изучению реальности лаконично сформулировано в связи со структурой квантовой механики А. Эйнштейном: “Я не верю, что Бог играет в игральные кости”. Однако оказалось, что постнеклассическая наука, появление и развитие которой стимулировалось возможностями построения теории эволюции самоорганизующихся систем различной природы, основывается на признании случайности как одного из начал нашего мира. Оказалось, что включенность случайности в структуру эволюции, изучаемой в рамках системного подхода, приводит к более глубокому пониманию случайности как фактора, придающего черты неповторимости эволюционным процессам. Теперь мы понимаем, что стремление изгнать случайность из научного обихода совершенно неадекватно картине мира. Если бы исчезла случайность, исчезла бы и необратимость, а значит, направленное развитие (эволюция), и вместе с ними исчез бы феномен информации.

Причина столь значимой роли случайности — в “позитивных” аспектах хаотических состояний, без учета которых невозможно описать самоорганизацию. “Идея случайности существенно опирается на представления о том, что причины не всегда могут быть разумно

### 3.1. Создание информации как событие

соотнесены со своими следствиями, что во взаимосвязях в материальном мире существуют иррациональные, несоизмеримые элементы... Ранее, в случае “линейных моделей”, случайность была в основном ответственна за наличие постоянных иррегулярных колебаний значений некоторых свойств системы вокруг средних величин. При анализе нелинейных процессов в точках бифуркации случайность становится ответственной уже за перемены глобальных масштабов” [155, с. 142]. Конструктивная роль случайности поэтому сильно возрастает благодаря наличию хаотических стадий развития, выход из которых связан с бифуркациями и формированием структур.

Интуитивно понятие структуры противопоставляется понятию хаоса, казалось бы, лишенному какого-бы то ни было упорядочения. Однако, как показал анализ, такое представление о хаосе совершенно неверно. Один из интереснейших конструктов синергетики — динамический хаос, характеризующий сложные движения в простых динамических системах при наличии в них динамической неустойчивости, т. е. хаос, возникающий в системе частиц, движение которых описывается детерминистическими уравнениями. Время входит в эти уравнения вполне обратимо. Это обращает наше внимание на различие глобальных и локальных свойств поведения системы и ее элементов: хаотическое движение молекул обеспечивает направленное во времени изменение энтропии. Хаос может быть различным, обладать разной степенью упорядоченности и различной структурой. Он может содержать зародыши будущих структур, перемежающихся с уже отжившими, уходящими в прошлое [155], а также зародыши структур, которые станут основными в будущем [67], что возрождает представления восточной философии о хаосе как субстанции, в которой в непроявленном виде “заложены” все возможные формы и сущности.

Отдавая должное глубоким аналогиям синергетики и восточной философии [67], а также мифологии [135], автор при решении стоящих перед ним методологических задач опирается на принципы философии процесса А.Н. Уайтхеда, идею плюральности Вселенной У. Джемса и взгляды “отцов” эволюционной эпистемологии К. Лоренца и К. Поппера, т. е. на западные традиции аргументации.

Наименее упорядоченным является так называемый равновесный, или статистический (больцмановский) хаос — объект классической термодинамики. Хаотические состояния далеких от равновесия систем, способных к самоорганизации, существенно отличны. Сложный, структурированный хаос разделяет во времени гибель старой и рождение новой структуры в процессах становления и эволюции. Наиболее изучена стадия перехода “порядок—хаос”, демонстрирующая целую гамму универсальных сценариев [96], распространенных не только в естествознании, но и в обществе.

Для описания хаотических систем используется язык традиционной статистической механики с терминами: вероятностное распределение, энтропия Колмогорова, корреляции; а также язык ставших необходимыми новых понятий: странный аттрактор, геометрические объекты фрактальной природы, режимы с обострением, квазиаттракторы и т. д. Возможны переходы типа “хаос—хаос”, когда в хаосе гибнут некоторые стабильные области и возникают новые. “Но всякий раз система имеет ростки всего многообразия структур, распознаваемых в хаосе. Этим образом можно было бы сопоставить принцип “бытие в становлении” — смесь стихий, что, видимо, и должно быть в реальной жизни не только, когда структура видна на одном масштабе, а хаос на другом, но и когда они существуют одновременно в одной реальности” [9, с. 235]. Именно эта замеченная возможность существования структуры и хаоса в одной реальности делает хаос повсеместно присутствующим, обитающим “на границах” пространственно-временных масштабов нашего восприятия реальности как уже ставшего бытия” [9, с. 236, 237]. В работах И.Р. Пригожина неоднократно отмечалась конструктивная роль хаоса, его созидающее начало в деле создания структуры, порядка, информации. Через преодоление хаотических состояний происходит становление нового, генерируется информация, обладающая максимальной новизной.

В своей книге [141] И.Р. Пригожин и И. Стэнгерс пишут о самых последних работах, связанных с понятием хаоса. Их значение определяется тем, что удается дать строгое определение термину “хаотические системы”. По Пригожину — это системы, допускающие несводимое вероятностное описание. “Несводимое” — значит, не допускающее перехода к описанию в терминах отдельных фазовых траекторий (обычный хаос) или отдельных волновых функций (квантовый хаос). Это обобщение расширяет понятие хаоса, включая в него обширные семейства классических или квантовых систем [141].

Важно, что в несводимом вероятностном описании прошлое и будущее играют различные роли. Другими словами, хаос приводит к включению стрелы времени в фундаментальное динамическое и квантово-механическое описание реальности.

Итак, отсутствие хаотических состояний в природе привело бы к исчезновению как стрелы времени, так и информации, как результата случайного выбора, дающего основание становлению, переходу от существующего к возникающему.

Развитие идеи информации-процесса требует анализа менее изученного выхода самоорганизующейся системы из хаоса, завершающегося рецепцией системой созданной ею же информации. Что это за информация? Как велика ее ценность, станет ясно в связи с реализацией выхода системы, “вооруженной” определенным выбором (т. е. информацией), на аттрактор. Аттрактор задает диссипативную структуру

### 3.1. Создание информации как событие

системы в процессе эволюции. Известно, что эта структура зависит от параметров самой системы, устанавливающихся в результате взаимодействия с внешней средой, но не зависит от ее начального состояния. Поэтому выпадение на аттрактор, обеспечивающий наиболее устойчивое развитие (сохранение своей информации), можно рассматривать как некоторую промежуточную цель развития.

Важной особенностью самоорганизации является селекция некоторых состояний из всего спектра разрешенных. Селекция связана с когерентизацией системы, т. е. с переходом многих элементов системы в одно-два состояния. Когерентность, по замечанию Л.А. Шелепина, — квантовый эффект благодаря вырождению множества состояний и появлению большого числа тождественных (одинаково ведущих себя) частиц [189, с. 451].

Термодинамике неравновесных процессов мы обязаны пониманием того, что между законами природы и идеей истинной (а не больцмановской) эволюции больше нет парадигмальной несовместимости.

Таковы представления Эриха Янча, который сумел “дать контуры унифицирующей парадигмы”, способной пролить свет на неожиданный феномен эволюции [214, с. 343]. Основой такого подхода является термодинамика сильно неравновесных открытых систем. Сходство процессов самоорганизации в имеющих разную природу системах позволяет строить целостную картину эволюции, начиная с “космической прелюдии” и кончая “оркестровкой сознания”. При этом все уровни неживой и живой материи, все формы сознания получают единое объяснение — это эволюция, основанная на самоорганизации. Нравственность, мораль, религиозное сознание — все развивается подобно диссипативным структурам [214, с. 308].

Для нас особенно значимым является включение Янчем в эволюцию феномена информации. Информация понимается им как “инструкция” к самоорганизации в живых системах, т. е. находится в соответствии со стадией целенаправленного действия и воспроизведения (см. рис. 2.1). Поэтому развертывание процесса развития есть спонтанное структурирование самовоспроизводящихся систем. В итоге нет необходимости привлекать для объяснения специальные жизненные силы, подобные жизненному порыву А. Бергсона [187]. Однако Э. Янчем не ставится вопрос о первых стадиях информационного процесса, а также об эволюции самой информации, самопроизвольном повышении ее ценности, об образовании иерархических уровней все более высокого порядка и об их влиянии на темп эволюции.

Эволюция — это цепь событий и переходов “хаос—порядок—хаос”, цепь рождений информации, ее рецепции, передачи, трансформации и гибели. Отсюда — идея о том, что научные представления об эволюции как о процессе должны включать некоторые требования [141, с. 53].

**Первое требование** — необратимость, выражаясь в нарушении симметрии между прошлым и будущим. Мы уже рассматривали это условие в связи с природой информационного процесса и концептуальными положениями постнеклассической науки.

**Второе требование** — необходимость введения понятия “событие”. События не могут быть выведены из детерминистического закона. Событие это то, что может быть, а может и не быть. Можно описывать события в терминах вероятности, но далеко не все “вероятностные” модели (вспомним “орла” и “решку”) могут претендовать на термин “событие”. Событие должно порождать некоторый нетривиальный смысл. Методологическое предпочтение “языка событий” языку вещей, предметов объясняется тем, что с языком событий связаны идеи становления, развития и качественных изменений.

**Третье требование** — “некоторые события должны обладать способностью изменять ход эволюции. Иначе говоря, эволюция должна быть “неустойчивой”, т. е. характеризоваться механизмами, способными делать некоторые события исходным пунктом нового развития, нового глобального взаимообусловленного порядка”.

Генерация новой информации в процессе самоорганизации это, несомненно, событие, ибо оно, с одной стороны, случайно, а с другой — всегда имеет некоторый смысл. В процессе самоорганизации на определенных этапах эволюции может возникать и развиваться информация, резко изменяющая ход, а главное — темп эволюции.

Значение для эволюции всех событий, ею же и “приводимых”, не может быть одинаковым, так как событие — это создание новой информации различной ценности. Но не только ценность имеет значение. Такие свойства информации, как изменчивость, бренность, полипотентность в сочетании с ее вероятностной природой указывают на возможность селекции информационных событий. Память об информации в виде сложных структур, сформированных из относительно простых, налагающихся друг на друга, пересекающихся и трансформирующихся, приводит к периодическому возникновению тех значимых в судьбе эволюции событий, о которых говорится в третьем требовании. Объединение структур, возникновение на этой основе более высокой иерархической организации всей системы адекватно представлению о возникновении новых, значимых в глобальных масштабах видов информации.

В настоящее время Е.Н. Князевой и С.П. Курдюмовым уже высказана обоснованная гипотеза о механизме объединения структур через установление общего темпа развития: “Синтез простых структур в одну сложную структуру происходит в определенных классах нелинейных сред посредством установления общего темпа их эволюции. Известно, что независимые, с пересекающимися областями локализации структуры разного возраста имеют разные темпы эволюции, как бы

### 3.2. Иерархия уровней информации на шкале универсальной эволюции 71

“живут” в разных темпомирах. Каким же образом эти структуры могут попасть в один “темпомир”? В основе механизма синхронизации их темпа развития лежит хаос, проявляющийся на макроуровне в виде рассеивающих процессов [67, с. 90]. Высказанная идея согласуется с представлением о хаосе как о состоянии, сохраняющем остатки старых и конденсирующем будущие структуры. Формирующаяся сложная структура начинает развиваться быстрее благодаря воведшей с нею в контакт структуре из более быстрого темпомира.

Эволюция мира, в котором мы живем (универсальная эволюция), происходит в нарастающем темпе развития, причем в определенные его моменты происходит резкая смена темпомира. Мы утверждаем, что эти моменты отвечают созданию принципиально новых видов информации, формирующих ее иерархические уровни. Рассмотрению этого вопроса посвящается следующий параграф.

### 3.2. Иерархия уровней информации на шкале универсальной эволюции

Развитию универсального эволюционизма как современного принципа экстраполяции эволюционных идей, получивших обоснование в естественных науках, на все сферы действительности, принципа, позволяющего рассматривать развитие неживых, живых и социальных систем в качестве единого универсального эволюционного процесса [95, с. 198], предшествовала идея эволюции, высказанная в XIX веке. Она возникла в двух прямо противоположных направлениях: в виде теории самопроизвольного “создания структур” Ч. Дарвина и теории “разрушения структур” Л. Больцмана. Теории не связаны друг с другом, хотя и отражают единую реальность. Теперь ясно, что эти теории противоречат друг другу, потому что соответствуют различным проявлениям реальности. К пониманию этого вел долгий и мучительный путь.

Противоречие между эволюцией Дарвина и вторым началом термодинамики пытался преодолеть на философском уровне А. Бергсон. С позиций сегодняшнего понимания проблемы очевидны уязвимые места его философии. Однако тот творческий импульс, который дало его учение целой плеяде мыслителей, можно сравнить с бергсоновским метафорическим снарядом, разрывающимся на осколки, каждый из которых — тоже снаряд. Его последователями были А.Н. Уайтхед и У. Джемс. В его семинарах участвовали В.И. Вернадский, А. Тайнби, Тейяр-де-Шарден. Все они достигли глобальных обобщений эволюции, преодолевая, каждый по-своему, трудности изучения не укладывавшегося в прокрустово ложе классического описания. Позже философия А.Н. Уайтхеда стимулировала методологический поиск Людвига фон

Берталанфи, создание научных бестселлеров Ильей Романовичем Пригожиным и обобщение идей бельгийско-голландской школы в аспекте самоорганизующейся Вселенной Эрихом Янчем.

Универсальный эволюционизм представляет собой соединение важнейших концептуальных положений науки конца XX века: системных представлений; теории самоорганизации; обобщений теории биологической эволюции от концепции биосфера до современных космологических представлений. Эти научные направления связаны с именами перечисленных выше ученых, находивших творческие импульсы в философии Бергсона несмотря на ее слабые места, которые были им более очевидны, чем нам. В чем же секрет “картечи” философии Бергсона? Отвечая на этот вопрос, соплемся на Бертрана Рассела, который, не будучи поклонником Бергсона, отдает должное его концепции эволюции.

“Эволюцию нельзя объяснить, считая главной причиной приспособление к окружающей среде; приспособление объясняет лишь повороты и изгибы эволюции, как и изгибы дороги, приближающейся к городу через холмистую местность. Но это сравнение не совсем правильно. В конце той дороги, по которой путешествует эволюция, не имеется города, то есть определенной цели. Механизм<sup>\*</sup>) и телеология страдают одним и тем же недостатком: оба учения полагают, что в мире нет существенных новшеств. Механизм рассматривает будущее как содержащееся в прошлом, и телеология, поскольку она верит, что конец, которого надо достичь, может быть познан заранее, отрицает, что результат содержит что-либо существенно новое.

... Бергсон утверждает, что эволюция является поистине творческой, как работа художника. Побуждение к действию, неопределенное желание существует заранее, но, пока желание не удовлетворено, невозможно знать природу того, что удовлетворит это желание” [147, с. 274].

Необратимая глобальная эволюция, сопровождающаяся повышением сложности периодически создаваемых структур, повышением иерархических уровней создаваемой новой информации и ее ценности, т. е. эволюция такая, какой мы, освобожденные от необходимости прибегать к аргументации витализма, видим ее теперь, является направленным процессом, имеющим тенденции, но не имеющим цели своего развития. В конце пути нет “города”, как нет и самого конца пути. Эвристичность этого вывода, позволяющего пройти между механицизмом и телеологией как между Сциллой и Харибдой, подтверждается многими исследователями (см., например, [37]).

Представления У. Джемса о плюральности Вселенной, находящейся в процессе неустанного становления, где главная роль отводится слу-

<sup>\*</sup>) Имеется в виду “механицизм”.

чаю и где все время возникает новое, созвучны с принципами “новизны”, “относительности” и “процесса” А.Н. Уайтхеда. Джемс замечал, что о самых лучших попытках всеобъемлющего становления следует сказать: “Все еще не вполне” [113, с. 75]. Тем не менее преодоление парадигматической несовместимости на философском уровне предвосхитило выявление средствами постнеклассической науки конструктов концептуального каркаса универсального эволюционизма. В рассуждениях о роли внешней среды для существования целого [48, с. 178], в понятии “организм” Уайтхеда [170, с. 302, 303] прочитываются требования к открытости развивающихся систем. Многогранная Вселенная не закономерна в своем развитии (“великий жужжащий беспорядок”), исключает возможность существования “такого центрального пункта, из которого можно было бы сразу обнять все содержание вселенной” [48, с. 93]; это есть прообраз многомерной методологии [4] и полифундаментальности [1, 140].

Сущностное содержание выражения “творческая эволюция”, категорий “длительности” Бергсона и “изначального” Уайтхеда свидетельствуют о метаморфозах в понимании времени (соответственно в позитивистском и метафизическом стиле), конструирующихся в требование необратимости, нарушающее симметрию между прошедшим и будущим. Процесс становления возможно описать только как органический процесс, протекающий от фазы к фазе, так что каждая предыдущая фаза подготавливает (но не предопределяет) последующую [227, с. 248]. Сращение (*conrescence*) многообразного в едином завершается “действительным происшествием”, которое есть “новое существование, отличное от любого элемента во “многом”, которое оно объединяет” [227, с. 26]. Событийность “действительного происшествия” подчеркивается различием между бытием и действительностью. “Бытие есть широчайшая сфера возможности, а действительность — область реализованных возможностей” [62, с. 33]. “Креативность” (в словарном смысле глагола *create* — вызвать, породить, произвести) нового есть скачок из возможности в действительность. Подобные рассуждения подготовили почву для введения в научный оборот понятия “событие” [141, с. 53], необходимого для понимания многовариантности развития [67, с. 223].

Требование теории самоорганизации того, что “некоторые события должны обладать способностью изменять ход эволюции” [141, с. 54], обеспечивает связь и преемственность темпомиров [67, с. 65–67]. Имплицитно в идеях эволюционной космологии Уайтхеда предполагается различное течение времени. В.И. Вернадский писал через два года после опубликования “Процесса и реальности”: “А. Уайтхед, оригиналный математик и метафизик, в новой концепции “философии организма” пытается подойти к теории времени в концепции, которая не может не обратить на себя внимание научного исследователя,

хотя, может быть, и не дает возможности немедленного применения к научной работе... Идея Уайтхеда связана с тем, что в разные космические эпохи все основные понятия — и в том числе время — могут быть резко отличными” [31].

Становление эволюционных идей по отношению к миру в рамках науки стало возможным и принципиально значимым только после возникновения системного подхода и создания на его основе синергетики в семидесятых годах нашего столетия. Высказывания философов о новизне, процессе, становлении, событии, развитии при том, что физика не включала в число своих принципов развитие, значительно опережали время, демонстрируя эвристичность философской мысли. Их достижения легко прочитываются сейчас сквозь магический кристалл науки, прекрасной, как истинное творение Разума и Природы. Эволюция, как и информация, оказалась одним из предметов этой науки и может изучаться только с помощью ее методов, подходов и закономерностей.

С позиций информационного подхода к универсальной эволюции весь единый грандиозный процесс неравновесного Универсума — от Большого взрыва до наших дней — можно представить себе как цепь последовательных событий. Цепь эта имеет разветвления, туниковые ветви, ведущие в никуда, возвраты, петли, но ее общая тенденция — прогресс, т. е. повышение сложности, упорядоченности и разнообразия. Начало каждого события — создание новой информации — это скачок в развитии; далее следует адаптация — этап повышения ценности информации, сопровождающийся потерей ее новизны и увеличением сложности. Это приводит к обострению чувствительности систем к внутренним и внешним флуктуациям, разрушающим организацию системы, переводящим ее в хаотическое состояние. Затем — снова выход из хаоса, снова событие-информация как случай, запоминаемый системой, вернее, множеством систем, развивающихся по множеству путей. И все время хаос играет роль “средства продления времени жизни сложной структуры”.

Эволюционирующие системы, обеспечивающие глобальную эволюцию, содержат в своей среде спектр структур-аттракторов как спектр целей эволюции [67, с. 88]. Несомненная роль случайности в процессе эволюции не означает, что будущее может быть каким угодно. И вместе с тем невозможно его предсказать даже для простейших *S*-систем из-за множественности путей развития. Эта непредсказуемость прежде всего относится к тем “поворотным” событиям, которые способны повлиять на ход эволюции, на темп развития. Невозможно предсказать не только когда произойдет это событие, но и чем оно будет состоять. Логика, последовательность, смысл событий — информационный видны только в ретроспективе. Воспользуемся этим для того, чтобы построить иерархическую лестницу видов информации.

### 3.2. Иерархия уровней информации на шкале универсальной эволюции 75

Попытка рассмотреть все с самого начала приведет нас к моменту Большого взрыва (20 млрд лет тому назад) — грандиозному информационному процессу в Универсуме. Различие терминов “Универсум” и “Мир” мы понимаем так же, как И.С. Добронравова, и также считаем необходимым их четкое “различение” для методологически корректного оперирования этими понятиями. Тогда всю полноту возможностей существования материи имеет смысл ассоциировать с понятием “Универсум”, а понятие “Мир” рассматривать как материю, задержанную в своей особенности” [85, с. 51], особенности, которую человек способен осознавать. “Тогда понимание материального единства соотносится в общефилософском смысле с универсумом, а материальное единство мира приобретает четкое выражение в его гармонии, фиксируемой в физической картине мира через принципы симметрии (и их нарушение), существование универсальных постоянных и т. д.” [49, с. 91].

**3.2.1. Синергетическая информация (*S*-информация).** Впервые идея эволюции Вселенной была предложена Р. Клаузисом, тезис которого гласил: “Энергия мира есть величина постоянная, энтропия мира стремится к максимуму”. Эволюция Клаузиса вела к равновесию — тепловой смерти, в ней отсутствовали события, а следовательно, самоорганизация и информация.

Начало XX века было богатым научными открытиями. В их числе специальная, а затем общая теория относительности Эйнштейна, и на ее основе — модель статической Вселенной, не обладающей ни временем, ни стрелой времени. А.А. Фридману удалось показать неустойчивость модели Эйнштейна по отношению к флуктуациям и предложить модели расширяющейся и пульсирующей Вселенных. Выбор между ними мог быть сделан на основе данных о средней плотности вещества во Вселенной. Модель отвечает существованию временной точки рождения Вселенной, но в ней отсутствует стрела времени. Стандартная модель Фридмана предсказывала разбегание галактик, открытые в наблюдениях. Наличие точки рождения Вселенной очень смущало физиков, поскольку физические законы не объясняли сингулярности (приближение плотности к бесконечно большому значению), поэтому предлагались варианты моделей со стрелой времени, но без возраста. Это, например, стационарная модель (Хойл, Бонди), просуществовавшая до момента открытия изотропного, однородного реликтового излучения, обладающего температурой 2,7 К. Это излучение свидетельствовало о существовании первичного события — момента рождения, т. е. наличия у Вселенной возраста, оцененного в 15–20 млрд лет.

Таким образом, идея космической эволюции оказалась включенной в научную картину мира, став базовой для установления общих эволюционных характеристик иерархических уровней организации мира.

Большой взрыв представляет собой уникальное событие и не принадлежит ни к одному известному в классической науке явлению. Отсюда — полное основание трактовать Взрыв как грандиозную генерацию новой информации. Согласно современным представлениям эта информация — результат не сингулярности, а квантового хаоса, неустойчивости и флуктуаций вакуума, т. е. вполне диссипативный эпизод. Рождение из вакуума не есть “рождение из ничего” в философском смысле. Вакуум полон виртуальных частиц, наделен универсальными константами, он не ничто. Неустойчивость, как правило, приводит к необратимости. И это позволяет избежать трагического конца из-за бесконечного расширения (тепловая смерть) или последующего сжатия (катастрофический взрыв), так как реальные повторные неустойчивости, развивающиеся в различных масштабах. Переход Вселенной из небытия в бытие связан с гигантским производством энтропии при возможном сохранении энергии, что вполне отвечает информационному характеру процесса перехода. “С самого первого мгновения наше Вселенное было рождена под знаком неустойчивости и необратимости. Кроме того, ...неустойчивость приводит в общем случае к несводимым вероятностным представлениям. Сказанное применимо и в данном случае: с самого начала истории нашей Вселенной предоставлена игре случая” [141, с. 243].

На стыке космологии и физики элементарных частиц возникла так называемая теория раздувающейся Вселенной, из которой следовало, что в течение первых  $10^{-32}$  с радиус Вселенной увеличился в  $10^{50}$  раз, после чего установилась фаза с нарушенной симметрией — преобладание числа частиц над числом античастиц — как аттрактор, который притянул к себе состояние системы.

Итак, налицо все признаки информации: неравновесность, необратимость, случайность, событийность, асимметрия как предпосылка информации, выпадение на аттрактор как достижение цели. Информацию подобного рода Г. Хакен предложил называть *сингергетической*. Эта информация генерируется в неживой природе в определенные моменты процесса самоорганизации. Это информация самого низкого иерархического уровня.

В настоящее время Мир как целое в его становлении и развитии продолжает оставаться объектом физических и космологических теорий. Внимание ученых привлекают такие вопросы, как удивительно “удачный” подбор фундаментальных постоянных нашего Мира [147, 208]. Дело в том, что в настоящее время все многообразие явлений физического мира сводится к проявлению четырех видов сил: гравитационные с постоянной тяготения  $G$ ; электромагнитные, для величины которых важен заряд электрона  $e$ ; сильные ядерные силы, удерживающие частицы в атомном ядре (константа  $q_s$ ); слабые взаимодействия (константа Ферми  $g_f$ ). Кроме того, для описания свойств

материи потребовались постоянная Планка  $\hbar$ , скорость света в вакууме  $c$ , масса элементарных частиц — электронов  $m_e$  и протонов  $m_p$ . От значения этих фундаментальных постоянных зависят свойства наблюдаемого нами мира: размеры и прочность атомов, сила их взаимного притяжения и отталкивания, возможность существования сложных органических молекул, а значит, и жизни.

Нетрудно показать, что изменение фундаментальных констант даже в довольно узких пределах привело бы к гибели нашего Мира. Так, увеличение заряда электрона на 20 % уничтожило бы атомы тяжелых элементов. Уменьшение заряда электрона в три раза привело бы к уменьшению силы связи электронов в атомах примерно в 100 раз, и они разрушились бы уже при комнатной температуре. В жесткие рамки заключена и константа всемирного тяготения. Это видно из условий существования звезд, которые находятся в динамическом равновесии, благодаря равенству сил давления внутри звезды и сил тяготения, стремящихся сжать звезду. Изменение константы тяготения в ту или иную сторону привело бы либо к катастрофическому сжатию звезды вплоть до ее превращения в черную дыру, либо к взрыву звезды наподобие взрывов сверхновых звезд.

От величины константы сильного взаимодействия ( $g_s$ ) зависит не только прочность ядер, но и само их существование. Уменьшение  $g_s$  хотя бы на 10 % привело бы к катастрофическим последствиям: на ранних стадиях развития Вселенной происходил синтез ядер, начиная с дейtronса (протон и нейтрон), но при уменьшении  $g_s$  дейtron стал бы неустойчивым. На этом цепочка должна была бы оборваться, во Вселенной не могло бы образоваться никаких элементов, кроме водорода.

Увеличение  $g_s$  опасно тем, что повышение эффективности образования ядер гелия (слияние двух протонов) привело бы к выгоранию всего водорода на самых ранних стадиях образования Вселенной, а это значит, что углеводородная жизнь не могла бы развиться в дальнейшем.

Но и уменьшение  $g_s$  пагубно сказалось бы на судьбе углерода, ядро которого образуется при слиянии трех ядер Не с выделением энергии 7,7 Мэв. Скорость образования углерода (С) была бы крайне малой, если бы в ядре С не было резонансного уровня с энергией как раз 7,7 Мэв. Уменьшение  $g_s$  вывело бы уровень из резонанса [148]. В результате жизнь на Земле не могла бы возникнуть.

Таким образом, Мир создан в итоге Большого взрыва удивительно целесообразно, и остается понять, в чем причина его изумительной гармонии, как будто информация о будущей эволюции живого была заранее заложена в функционирование информационной системы “Мир”. В предисловии к книге английского астронома Дж. Барроу известный американский физик Дж. Уилер говорит о загадочности фун-

даментальных констант в связи с антропным принципом. “Нет! Философ прошлого был прав! Смысл существенен, централен. Не только человек адаптирован к Вселенной. Вселенная адаптирована к человеку” [208, с. 7]. Эту цитату приводят в своей книге В.В. Налимов, замечая: “Вот здесь мы видим наивысшее проявление самоорганизации. Она, если об этом уместно говорить, простирается в прошлое до того момента, когда произошел отбор существующих значений фундаментальных констант” [121, с. 114]. В последнее время разгадка этой тайны наметилась в современных космологических концепциях, приобретающих все более конкретный смысл. Мы уже обращались к идеи множественности миров, которая до недавнего времени не очень волновала ученых ввиду неясности механизма образования других миров. Однако в 1984 г. на основе теории раздувающейся Вселенной А.Д. Линде [92] показал, что другие миры, отличные от нашего, подобного так называемой “островной” Вселенной, должны образовываться с необходимостью при расширении всей Вселенной вследствие неустойчивости фронта расширения. “Привычный взгляд на Вселенную как на нечто в целом однородное и изотропное сменяется представлением о Вселенной островного типа, состоящей из многих локально однородных и изотропных мини-вселенных, в каждой из которых свойства элементарных частиц, величина энергии вакуума и даже размерность пространства могут быть различными” [150, с. 186].

По-видимому, мы попали в тот Мир (“наш мир”), который отвечает “комфортному” набору элементарных частиц и жесткому (для образования необходимых для жизни химических элементов) набору фундаментальных физических констант.

Таким образом, эволюция грандиозной информационной системы “Вселенная” благодаря случайному выбору одной из множества возможностей привела к созданию изучаемого нами Мира, который обладает для нас реальностью, в то время как другие миры даны нам лишь в теоретической возможности. Тем более, что образующиеся на определенной стадии расширения Вселенной различные миры быстро разлетаются и не взаимодействуют друг с другом. При этом каждый из миров как бы замыкается сам на себя, “отщепляется” от другого, теряя с ним информационную связь.

Итак, эволюция Вселенной породила наш Мир, процессы самоорганизации привели к созданию звездных систем, в том числе и Солнечной системы, на одной из планет которой зародилась жизнь. В течение 3,8 млрд лет длилась биологическая эволюция. В процессе этой эволюции создана биосфера как огромная самоорганизующаяся система, в функционировании которой имеют ведущее значение информации более высоких иерархических уровней.

Наука сегодняшнего дня столкнулась с явлением особого рода. В своем синергетическом контексте наука усложняет смысл информа-

ции как явления, обеспечивающего самоорганизацию неравновесных неживых и живых систем. Это позволяет возвести идею об информации в ранг способа видения мира, дополняя представления о структурном единстве материальных объектов положением о возможности когерентных способов их существования.

Рассматривая химическую эволюцию на Земле, мы сталкиваемся с моментами сущностного единства при сопоставлении информационно-управляемой реакции синтеза веществ в рамках самоорганизующейся автокаталитической системы. Известно, что именно автокаталитические реакции привели создателей синергетики к идею о том, что явления самоорганизации, повышение сложности присущи не только биологии. Сложность вторгается в поведение неживых систем; ее корни, будучи связанными с информационной сущностью синергетической самоорганизации, уходят глубоко в явления природы. Это обнаруживается при сопоставлении разных подходов к оценке места и роли информации в явлении структурогенеза и эволюции.

1. Так, А.П. Руденко рассматривает автокаталитическую систему как кибернетический объект с обособленным блоком управления и типично информационной обратной связью [150].

2. И.Р. Пригожин описывает автокаталитические процессы с помощью системы дифференциальных уравнений, показывая, что учет процессов диффузии позволяет объяснить разнообразие получающихся в химических реакциях дисипативных структур. Созданный в его лаборатории знаменитый “брюсселятор” — это математическая модель действия информационного механизма в автокаталитической системе (см., например, [125, с. 123–125]).

3. М. Эйген исследует вопрос о генерации генетической информации в качестве фактора, управляющего процессом эволюции структур в автокатализе в предбиотический период, намечая пути генерации генетической информации [200].

Возникающая в процессе самоорганизации дисипативная структура, а с ней новый тип нелинейности в момент очередной нестабильности послужат “матрицей”, на базе которой при учете внешних условий произойдет “игра случая”, и соответствующий выбор будет играть роль генерации новой информации на основе уже имеющейся.

Важной стадией химической эволюции считается объединение способности к самовоспроизведению полинуклеотидов с каталитической активностью полипептидов. Свойства каждого из них дополняли друг друга в синергетических процессах химической предбиотической эволюции.

Роль информации в эволюции геологических систем описана А.С. Щербаковым [199]. Заметим, что в работе [199] наряду с процессами минералообразования с информационной самоорганизацией

связывается и образование кристаллов, представляющее квазиравновесный процесс. Пространственная структура кристалла определяется межмолекулярными взаимодействиями. Такая структура возникает в результате фазового перехода и характеризуется определенной микроскопической длиной порядка нескольких ангстрем, т. е. в этом случае отсутствуют крупномасштабные корреляции, характерные для переходных явлений в неравновесных системах. Другое дело — рост дендритов. Оба типа упорядоченности (равновесная и неравновесная) накладываются друг на друга в дендритоподобных структурах и легко могут быть сопоставлены. Лежащая в основе такой структуры кристаллическая решетка имеет слабое отношение к процессу самоорганизации при возникновении дендритов, к их размерам и расстоянию между ветвями, превышающими размер кристаллической ячейки в десятки миллионов раз.

В работе [199, с. 72] развивается идея о том, что минеральные кристаллические единицы литосферы являются информационно-самоорганизующимися системами. Основанием для этой гипотезы служат соображения о диссипации внутренней энергии недр кристаллическим панцирем планеты. Кроме того, известны тектонические перемещения масс кристаллического вещества по вертикали. Все это позволяет утверждать, что минеральные единицы литосферы постоянно пребывают в состоянии, далеком от термодинамического равновесия, что является исходным условием возникновения процессов самоорганизации, а значит, и *S*-информации.

Одной из поражающих воображение является реакция, предсказанная специалистом по самоорганизации Кернс-Смитом. “Я уже высказывал предположение, — пишет он, — что частицы глины могли служить генами первичных организмов. При этом благоприятствующие выживанию инструкции могли быть записаны в форме определенного пространственного набора катионных связей. А фенотипы представляли бы собой адсорбированные, возникшие abiогенным путем органические молекулы. Реальность такого предположения зависит от того, обладал ли данный набор катионных связей способностью реплицироваться в процессе образования глин из раствора” [119].

Вероятно, это утверждение было бы забыто как весьма сомнительное, основанное на непонимании различий между живым и неживым, если бы не экспериментальные данные, полученные в Вейцмановском институте А. Качальским. Экспериментируя с глинами группы монтмориллонита, он обнаружил, что на их поверхности совершается катализический синтез образований типа аденилатов аминокислот. Последние полимеризуются с образованием полипептидных цепей, содержащих до 50 аминокислот [105]. Поскольку аденилаты аминокислот являются предшественниками в белковом синтезе всех живых образований, кажется логичным предположить, что полимеризация тех же

предшественников на поверхности глин явилась одним из ранних этапов белкового синтеза\*).

Это позволяет считать, что свойства первичного генетического материала могли значительно отличаться от ДНК современных организмов. Мы согласны с А.С. Щербаковым, который замечает: “Но не приходится сомневаться в том, что действительная замена исходно примитивного генетического материала — вплоть до современной ДНК — возможна только при одном условии: если механизмы функционирования низшего и высшего при всем их гигантском эволюционном различии были принципиально одинаковы” [199, с. 71].

**3.2.2. Генетическая информация.** Созданные Природой на этапе возникновения жизни (3,8 млрд лет тому назад) новые организационные формы обладали невероятной особенностью сохранять свой гомеостазис: первые прокариоты существовали на Земле в условиях почти кипящего океана, мощной радиации (озоновый слой еще отсутствовал) и высокой сейсмической активности. Они были бессмертными подобно неживому. Но не им принадлежало будущее, хотя господство прокариотов было на Земле длительным — более 2 млрд лет.

Информационные системы, в которых существовали прокариоты, в качестве побочного продукта создавали газовую оболочку планеты. Внутри простейшей экологической ниши были подготовлены условия для передачи эстафеты дальнейшего развития: овладевшие кислородным дыханием эукариоты могли утилизировать внешнюю энергию неизмеримо более эффективно, добиваясь более сильного локального снижения энтропии. Этому соответствовало повышение количества информации, передаваемой ими следующим поколениям. За эти усовершенствования живым существам пришлось “заплатить” своим бессмертием. Потеря бессмертия позволила резко интенсифицировать естественный отбор (неэффективные структуры легко погибли). Появилась возможность изменения и совершенствования вариантов генетической информации за счет повышения ее ценности. В итоге живой мир распространился по всей планете.

Во всех формах жизни клетки используют приток свободной энергии (метаболизм), что обеспечивает обновление и тормозит переход к состоянию термодинамического равновесия (смерть). Другим необходимым условием жизни является самовоспроизведение.

Специфически упорядоченные надмолекулярные структуры, возникающие благодаря межмолекулярным взаимодействиям, разруша-

\* ) Замечательно, что в многочисленных и мифологических, и фольклорных построениях присутствует идея о сотворении Богом человека именно из глины. С этим созвучны переводы слов с древнееврейского “Адам”, “Адом” и “Адама”, которые означают соответственно “Человек”, “Красный”, “Земля” [178].

ются из-за теплового движения, что приводит к потере инструкции создания и функционирования элементов живого. Поэтому важно, чтобы за время жизни структуры она успевала построить хотя бы одну свою копию.

Копии содержат определенный процент “информационных дефектов” (мутаций), которые, подобно дефектам кристаллического строения, возникают вследствие теплового движения. Наличие мутаций является существенным условием эволюционного процесса.

Итак, метаболизм, самовоспроизведение (автокатализ) и мутабильность — необходимые условия возникновения неограниченной эволюции. Эти свойства необходимы, но не достаточны. Они должны быть дополнены молекулярным механизмом переноса информации и наследования в живых организмах, обеспечивающих возможности совершенствования живых информационных систем, отличающихся способностью активно усваивать внешнюю энергию, прежде всего энергию Солнца с помощью реакции фотосинтеза.

Теперь известно, что гипотезы о наличии образований особой химической природы — генов [112, с. 148] — надежно подтверждены экспериментально. Геном оказался отдельный участок молекулы ДНК. Информация при этом возникает на отрезках молекулы ДНК лишь в том случае, если последовательность оснований нуклеиновых кислот, складывающих молекулу, может повлиять на химические процессы в окружении. Такая “структурированная” молекула ДНК и есть ген — носитель генетической информации. В процессе эволюции в результате естественного отбора на Земле возник единый генетический код, состоящий из четырех “букв” — четырех нуклеотидов и набора 20 аминокислот, взаимодействующих с кодонами.

Особую роль в эволюции жизни играет история развития нервной системы. Говоря о нервной системе, мы неизбежно соприкасаемся с проблемами обратной связи. Широкую известность получило утверждение Н. Винера о том, что существование отрицательных обратных связей у живых существ является главной особенностью, отличающей живую природу от неживой.

По-видимому, эта точка зрения неверна, ибо для любого живого существа характерна организация, реализующая как отрицательные, так и положительные обратные связи, что обосновал А.А. Богданов [21]. Однако до сих пор не существует ни теории, ни модели процесса, который мог бы привести к возникновению обратных связей. Наличие таких связей можно только констатировать. На пути развития теоретической биологии М. Эйгену удалось построить математические модели возникновения неравновесных структур на предбиологическом уровне организации вещества. Построение общей логической схемы биологии требует объяснения механизма обратных связей.

На определенном этапе эволюции, задолго до появления человека, возник новый феномен самоорганизации — нервная система, вначале рефлексного типа, способная вырабатывать элементарные рефлексы в ответ на внешние воздействия. Информация о рефлексах сохранялась генетической памятью и передавалась по наследству. Такая информация по-прежнему являлась генетической. Ее переход в другую, более совершенную в смысле ценности, количества и эффективности форму начался по мере появления у высших животных поведенческих реакций, свидетельствующих о развитии сложной связи между внешними воздействиями и реакцией организма.

**3.2.3. Поведенческая информация.** Поведенческая информация образовалась на основе врожденных поведенческих реакций, генетически запрограммированных в нервной системе. Вместе с тем поведенческие реакции высших животных не ограничиваются только теми, что передаются по наследству. Для их функционирования необходим жизненный опыт и передача его потомкам через обучение. Это совсем новый вид информации. Связь между внешними воздействиями и реакцией организма становится сложной, в ней появляются опосредствующие звенья, перерабатывающие информацию. Произошел переход информации с носителей одной природы (ДНК) на носители другой — нервные клетки. “Для высших животных, обитающих в сложной природной среде, умение “вести себя” в тех или иных ситуациях играет такую же роль для их выживания, как для простых живых существ “умение” потреблять нужную пищу, строить из нее свое тело и вырабатывать нуклеотиды, необходимые для размножения молекул ДНК” [77, с. 9].

Таким образом, на определенном этапе эволюции, задолго до появления человека возник новый феномен самоорганизации, обусловленный целенаправленным поведением живых существ. Возникает потребность в системе воспитания, развивается новая форма памяти, не регистрируемая генетической памятью. При этом помимо безусловных рефлексов, у животных возникают рефлексы условные. К сожалению, механизм этого явления изучен несравненно хуже, чем механизм генетической памяти.

Выживание организма обеспечивается приобретением “жизненного опыта”, позволяющего более или менее успешно оперировать смысловыми ситуациями, например, распознавать контуры хищника в зашумленной среде и находить способ спасения, различать съедобное и несъедобное, своих и чужих, выбирать поведение в сложной и постоянно изменяющейся окружающей среде. Подвижная мозаика комплекса врожденных инстинктов и механизмов их торможения (впечатляющий пример является компенсация агрессивности самки по отношению ко всем окружающим во время появления потомства

врожденным механизмом материнского поведения, которое включается по единственному сигналу — “писку одиночества малыша”, отводя от него удар “мамаши”) представляет собой “целостную систему взаимодействий между множеством независимых переменных” [94, с. 91]. В сфере поведения на наследственные координации нельзя полагаться абсолютно. В этологических исследованиях описано множество случаев, когда врожденные механизмы “ломались” вследствие нестандартного внешнего воздействия (создание “информационного дефекта” [111]). Значимой является связь между способностью к обучению, возможностью научиться и продолжительностью заботы о потомстве. Эта связь обнаруживается у тех высокоорганизованных существ, у которых обучение и индивидуальный опыт играют большую роль и у которых родительская опека должна продолжаться долго уже потому, что “жизненная школа” детей требует много времени [94, с. 124, 125].

Поведенческая информация позволила высшим животным взаимодействовать друг с другом, при этом для обмена информацией вырабатывались особые сигналы. Так, в процессе самоорганизации стала подготавливаться почва для появления нового вида информации — информации, кодируемой с помощью языка. Этот вид информации “вырос” на основе поведенческих реакций, когда отдельные звуки, ранее игравшие роль сигналов, стали объединяться в слова. Это означало, что люди сумели договориться о значении определенного набора звуков.

Структура взаимодействия инстинктов и социально обусловленных способов поведения, составляющих общественную жизнь человека, представляют сложную, почти неисследованную проблему. Важно отдавать себе отчет в том, что в мире людей сплошь и рядом “непредаваемые традицией и привычно выполняемые табу имеют какое-то отношение к разумной морали — в понимании Иммануила Канта — разве что у вдохновенного законодателя, но никак не у его верующих последователей. Как врожденные механизмы и ритуалы, препятствующие ассоциативному поведению животных, так и человеческие табу определяют поведение, аналогичное истинно моральному лишь с функциональной точки зрения; во всем остальном оно также далеко от морали, как животное от человека” [94, с. 115].

**3.2.4. Логическая информация.** Появление человеческой речи, ставшей возможной на основе генетически запрограммированного у всех людей речевого аппарата и развитых поведенческих реакций, означало выход человечества из мира одиночества и безмолвия, выход из плена тоскливой жизни, когда все произносимое было не более чем бессмысленным бормотанием. Возможно, что эффективный период развития языка совпал с развитием появления новых орудий труда.

### 3.2. Иерархия уровней информации на шкале универсальной эволюции 85

Стало очень “популярным” речевое обучение обращению с орудиями труда [173, с. 21].

“Информацию, передаваемую посредством слов, мы и называем логической (вспомним, что “слово” — одно из значений полиморфного греческого понятия “логос”)” [76, с. 131]\*).

По-видимому, лишь самый первый этап развития нового вида информации, характерной для человека и человеческих сообществ, можно связать с термином “слово”. Мотив творения мира Словом впервые встречается в мемфисской версии древнеегипетского космогонического мифа (см., например, [29, с. 15]). О значении Слова в Евангелии от Иоанна говорится: “В Начале было Слово”. Здесь слову приписывается созидающая, упорядочивающая роль. Слово помогало выжить в трудных природных условиях, а затем возник и стал быстро развиваться интеллект, а на его основе сознание. Под интеллектом обычно понимают способность мышления предвидеть результаты собственных действий, анализировать и оценивать окружающую обстановку и принимать решения (см., например, [117, с. 112]). Самое главное в интеллекте — это способность к отвлеченному мышлению, абстрагированию, благодаря которому и возникает рефлексия.

Появление речи, а затем на ее основе интеллекта означает появление качественно новых форм жизни. Произошла генерация вида новой ценной информации, которая всегда сопровождает процесс самоорганизации в моменты бифуркаций. Эта информация, эволюционируя, увеличила свою ценность, приобрела все признаки интеллектуальности. Функцией творческого мозга стали не только наука, но и музыка, художественные произведения, живопись, архитектура.

Таким образом, *Homo loquens* (человек говорящий) был предшественником *Homo sapiens* (человек разумный).

Известно, что бифуркация эволюционизирующей системы происходит в те моменты времени, когда реализуется ситуация сильной неравновесности. Это действительно характерно для быстрого возникновения логической информации (язык окончательно сформировался в течение примерно пяти тысячи лет, что составляет ничтожную временную долю общей биологической эволюции), неравновесность обеспечивалась жесткой конкуренцией за новые экологические ниши. Одной из гипотез, объясняющих внезапную неустойчивость системы “предки человека—окружающая среда” является похолодание земной поверхности [117]. При этом нарушилась относительно равновесная форма существования человекоподобных. Именно трудности нового образа жизни реализовали потенциальные возможности

\* ) Смысл слова “логос” сводится к речевому выражению разума, закона. Этот смысл также отвечает термину “логическая информация”.

эволюции. Ничтожные зачатки весьма условного “интеллекта” давали огромные преимущества, отсюда — типичный синергетический процесс, имеющий взрывной характер, когда малые изменения на входе системы приводят на выходе к огромным по своим последствиям результатам. В данном случае результатом была перестройка информационной системы мозга, появление лобных долей, появление морфологических особенностей.

Выше мы отмечали роль отбора как одной из предпосылок информации. Жесткий отбор, который имел место на ранних стадиях антропогенеза, “создал совершенно новое существо, которому предстояло качественно изменить всю историю нашей планеты” [117, с. 120], а также создал и новый вид информации — логическую информацию. “Это был прорыв за пределы биологической эволюции, приведший к тому, что информация впервые приобрела возможность существовать вне кодируемых ею операторов — существовать в форме условных сигналов или сообщений, передаваемых от индивида к индивиду не для немедленной регуляции их поведенческой активности, а для “запасания впрок” и использования там и тогда, когда она сможет пригодиться” [76, с. 131].

Итак, на шкале универсальной эволюции, начиная с момента образования Вселенной и до наших дней, выделяются события особой значимости. Им в соответствие можно привести создание информации, все более совершенной, ведущей к формированию структур высокой сложности. Это *S*-информация, генетическая, поведенческая и логическая (табл. 3.1). Рис. 3.1 иллюстрирует по сути дела эволюцию эволюции, ибо позволяет увидеть не только связь рождения новой информации с постепенным усложнением “нашего мира”, но и заметить закономерные скачкообразные увеличения темпа эволюции, переход от одного темпомира к другому. Так, синергетическая информация “руководила” эволюцией примерно 16 млрд лет тому назад, генетическая — 1,5 млрд лет, для поведенческой счет пошел на миллионы, а возраст логической информации всего 25 тыс. лет. Этот вид информации так быстро развивается, количество логической информации несмотря на ее “молодость” настолько велико по сравнению с остальными видами, что высказывается мнение о неизбежном новом информационном скачке, способном изменить темп течения современной эволюции.

Внутри каждого “информационного” этапа, который в свою очередь состоит из подэтапов, развитие также происходит скачкообразно. Так, например, известен скачкообразный характер возникновения видов [206, с. 299]; ярким примером скачкообразного развития логической информации является зарождение и бурное развитие науки. На шкале универсальной эволюции установлены по крайней мере два интервала времени, в течение которых развитие протекало в режиме

Таблица 3.1

Виды информации	Носители	Операторы	Примеры информационных систем	Основные функции
<b>СИНТЕТИЧЕСКАЯ</b> ( <i>S</i> -информация)	Элементы саморганизующейся системы (дискретная или сплошная иллюзорная среда)	Самовспроизводящиеся локальные структуры	Циклоны, химические системы с автокаталитизмом, лазеры, геологические самоорганизующиеся системы	Выбор пути устойчивого развития, системная эволюция, сохраняющая информацию
<b>ГЕНЕТИЧЕСКАЯ</b> Возникла на основе <i>S</i> -информации	Молекулы РНК и ДНК (одно- или двухстриральной)	Генетические компоненты клеток, соматические элементы	Простейшие организмы, растения, все живое	Обеспечение слаженности функционирования клеток и организмов
<b>ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ</b> Возникла на основе генетической информации	Структуры нервных клеток (пока неизвестные). Для передачи информации — световые лучи, звуки, запахи	Поведенческие реакции; условные и безусловные рефлексы. Животные с развитой нервной системой. Система “Учителя”	Все высшие животные, включая человека, экологические системы	Обеспечение функционирования популяций организмов, обладающих развитой нервной системой
<b>ЛОГИЧЕСКАЯ</b> Возникла на основе информации генетической, поведенческой, использует при своем развитии <i>S</i> -информацию	Тексты, тела, на которых возможна запись информации; технические системы	Групповые поведенческие реакции, трудовые навыки, технологии, техника эксперимента, общественные институты, формы художественных произведений и т. д.	Научные сообщества, научно-техническая сфера, логосфера	Обеспечение: быстроты обмена новыми знаниями между членами сообщества; консолидации членов сообщества; создания операторов-орудий труда, производственных навыков и научных методов

#### Иерархия видов эволюционирующей информации

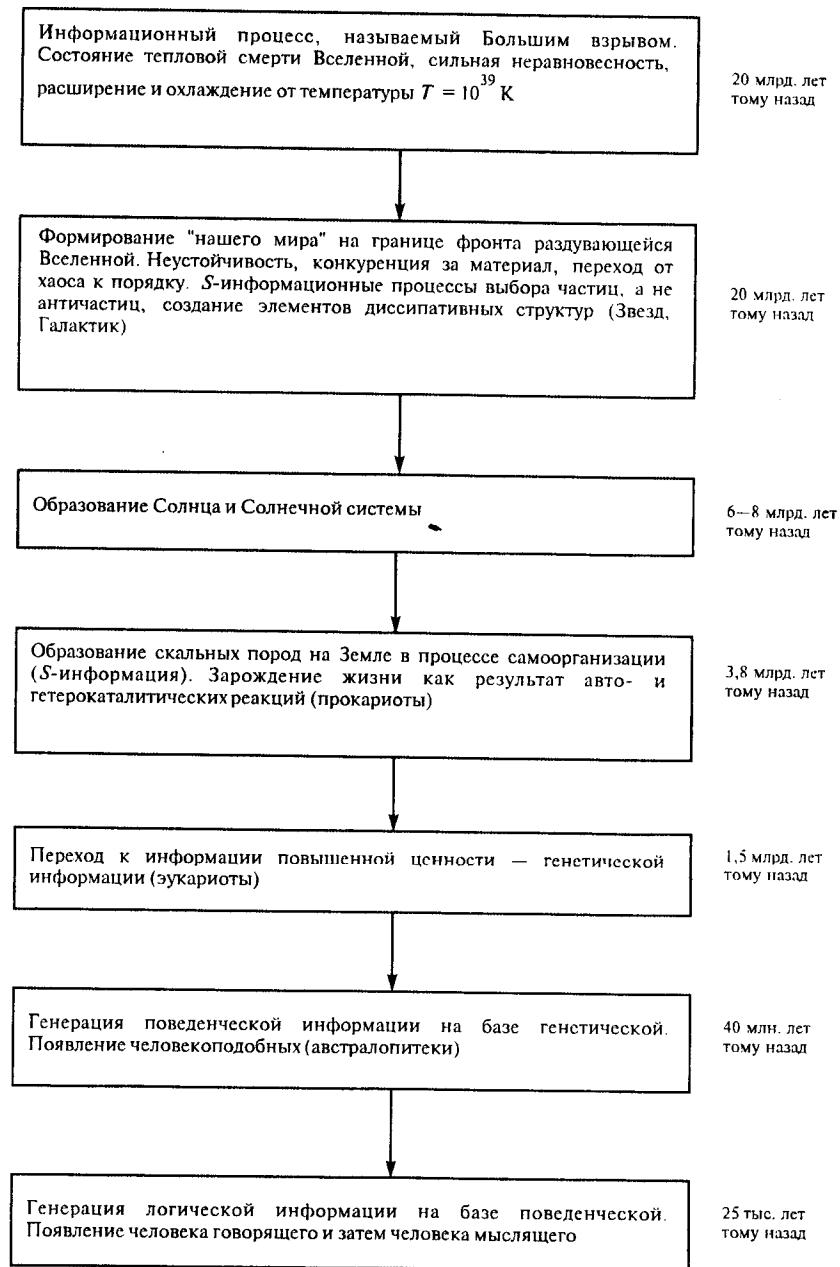


Рис. 3.1. Этапы универсальной эволюции и иерархия видов информации

с обострением. Это — популяционный взрыв наземных теплокровных в мезозое и современный популяционный взрыв Человека [85, с. 170; 194, с. 45].

**3.2.5. Развитие логической информации.** Замечательно, что в наше время, при фактически полной остановке биологической эволюции Человека, логическая информация продолжает прогрессивно развиваться, обеспечивая динамику идей, т. е. науки, культуры, идеологии, религии. Трудно преувеличить роль идей, а значит, и информации в существовании человеческих сообществ, т. е. в появлении социальной формы информационных систем.

На примере логической информации легко увидеть значение и роль ее общих свойств. В отдельных точках человеческих сообществ зарождаются те или иные идеи — информации, концентрическими волнами распространяющиеся во всех направлениях от источника  $I$ , достигающие настроенных на передаточное устройство "приемников" — реципиентов  $P_1$ – $P_4$  (рис. 3.2). Для последних полученная информация благодаря свойству полипотентности может служить для решения различных задач, стоящих перед разными реципиентами, независимо от того, для чего эта информация была создана или для чего она была рецептирована первичным источником. Каждый из реципиентов является потенциальным источником трансляции, при этом, возможно, частью источников информации может быть передана к приемникам в измененном виде (с учетом результатов решенных ими задач). Так обнаруживают себя свойства мультиплексности и изменчивости информации (параграф 2.2).

В ходе этого распространения благодаря такому свойству, как инвариантность информации может менять своих физических но-

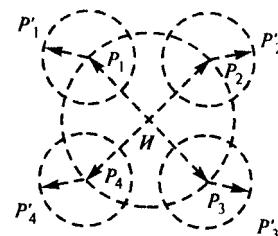


Рис. 3.2. Передача, reception и трансляция логической информации

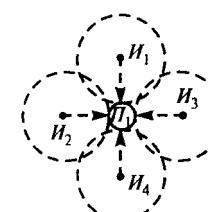


Рис. 3.3. Прием различной информации одним приемником для достижения некоторой цели

телей, переводиться с одних языков на другие. Следует иметь в виду и другую сторону полипотентности — возможность использования в одной и той же ситуации для достижения одной из самых разных

информаций [76, с. 182].

Пусть источники  $I_1$ – $I_4$  посыпают разную информацию (рис. 3.3). Приемник  $P$  настроен на получение всех информаций, ценности которых для решения поставленной задачи различны. При этом совокупность информаций может обладать неаддитивно высокой ценностью. Реализация идей, как и реализация генетической и поведенческой информации, осуществляется с помощью оператора, способного к целенаправленным действиям. Роль операторов играют прежде всего орудия труда, помогающие сообществам людей осваивать ресурсы, необходимые для их существования. В работе [76] эти операторы называются технологиями. На самом деле логическая информация, кроме технологий, кодирует с помощью знаковых систем при использовании языков (естественный, математический, запись музыки, язык театра, живопись и т. д.) различные процессы, в которых участвует человек, такие, как, например, доказательство математических теорем, исполнение музыкальных произведений, архитектурные сооружения, работа скульптора, рецептировавшего логическую информацию в виде художественной идеи, и т. д.

Созданная логическая информация может быть отправлена в “память”, оставаясь нереализованной в операторе (см. рис. 2.1). В этом случае она не является алгоритмом систематической целенаправленной деятельности, примером чему был пестрый феномен диссидентства в нашей стране. Объяснением тому, что открытие архивов в период перестройки не принесло существенных “новостей” для нас, является “слуховая” (или “изустная”) “память”. “Радиоголоса”, “самиздат” имели в силу некой “противозаконности” ограниченную сферу распространения, тогда как “кухня” стала приметой времени и слагаемой стиля жизни страны. Итак, операторов, реализующих результаты работы “невосторженной мысли”, создано не было, “память” сохранилась благодаря носителям инакомыслия (вспомним о таком свойстве информации как бренность).

Выше мы рассматривали гипотезу о том, что источником бифуркации, качественно изменившем информацию, а вместе с этим обеспечившим появление *Homo sapiens*, было некоторое внешнее воздействие. Вместе с тем источником бифуркации могут быть внутренние детерминанты, например уровень эволюционно возрастающей сложности. Именно сложность системы может иметь в конкретной ситуации пороговое значение, вызвать коренную перестройку свойств системы, в итоге которой она приобретает новые, непредсказуемые особенности.

С этой гипотезой разумно связать бурно развивающийся научный прогресс. Так, например, в течение двадцати веков, предваривших семнадцатое столетие, физика практически не развивалась, но, начиная с Галилея—Ньютона, в течение трех столетий проникла вглубь

Вселенной, атома, атомного ядра. Ее практические приложения фантастичны: электроника, освоение космоса, источники термоядерной энергии ни в какой мере не могли прогнозироваться учеными XVII века. В чем дело? Ведь мозг человека прекратил свое совершенствование чуть ли не сотню тысяч лет тому назад. По-видимому, коренная перестройка свойств системы состоит на этот раз в кооперативных усилиях множества людей, участвующих в мыслительном процессе, в создании коллективного Разума, предсказанного В.И. Вернадским. Творения Разума продолжают жить собственной жизнью. Идеи развиваются, трансформируются и обогащаются так же, как любая информация, ценность которой повышается в процессе эволюции.

Правильные идеи (ценная информация), имеющие большую ценность и новизну (идеи Галилея—Ньютона), послужили спусковым крючком для перехода системы “наука” на совершенно новый уровень рациональности. Открылось, что все звезды и планеты подчиняются общим законам природы. Было удивительно и прекрасно, что Человек сумел это понять.

Чтобы разобраться в море логической информации, удобно разделить ее мысленно на два потока-аспекта: духовный и материальный. В процессе создания и развития суперсистемы “Вселенная” развивалась система, которую мы называем “наш мир”. В итоге эволюции этой системы возник Разум, способный оценивать состояние системы, свое собственное в ней место и, возможно, свое влияние на глобальную эволюцию. Последнее означало бы смену стихии самоорганизации постепенным упорядочением эволюционного процесса.

Носитель Разума — человек — обладает ярко выраженной индивидуальностью, стремлениями, надеждами; он способен сопереживать, любить и ненавидеть, наслаждаться прекрасным, испытывать чувства радости, счастья и горя. Все это составляет духовный мир человека. Как возник этот мир?

“Мы сегодня, во всяком случае схематично, можем представить себе, как и почему развивался мозг, как возникали различные формы памяти и общественные связи, как все это связано с накоплением трудовых навыков, мастерства и знаний. Мы можем понять механизм возникновения табу и на их основе постепенное становление нравственности. Но возникновение духовного мира человека, рождающего приоритеты человека, его активность и целеустремленность, трудно включить в известные нам схемы. Мне кажется, что становление человеческого “Я”, его рациональной субъективности лежит в какой-то иной плоскости” [114, с. 8]. Так оценивает Н.Н. Моисеев неизученность проблемы бесконечно сложного духовного мира, задумываясь над вопросом о том, не разрушает ли человек равновесия во взаимоотношениях общества и окружающей среды, не является ли он источником грядущих разрушений и деградации.

П.В. Симонов [158] утверждает, что сохраняться сколько-нибудь длительное время может лишь сообщество, члены которого способны к состраданию, взаимопомощи, сочувствию. Не случайно филогенетические предпосылки взаимопомощи и способности реагировать на эмоциональное состояние других обнаруживаются на дочеловеческих этапах эволюции. В дальнейшем эти предпосылки были преобразованы интеллектом и обогащены культурой. “Индивидуальную выраженностъ в мотивационной структуре данной личности идеальной потребности познания мы определяем как духовность человека, а степень социальной альтруистической потребности действовать ради других — как свойственную ему душевность” [158, с. 12].

Таким образом, возникли два огромных мира человека — духовный и материальный. Оба они являются продуктами эволюции, оба имеют информационную природу, причем законы преобразования логической информации уже невыводимы из законов биологической эволюции, хотя и имеют общие с ней черты.

Развитие духовного мира человека стимулируется волей к культуре. Цель — достижение высокого уровня культуры — диктуется потребностями духа и задается субъектами. Это вневременной мир, в котором существует коллективная память, его ценности вечноы. В состав этой части логической информации как элемент культуры входит фундаментальная наука, занимающая отдельное место, владеющая собственным языком и специфическими методами.

Создание материального мира имеет сущностный, бытийный аспект. Стимулом служит воля к жизни (на ранней стадии развития), стремление к комфорту. Информация, порождающая глобальные технологии, такие, как ядерные реакторы, мощные ускорители, космические аппараты и т. д., должна обладать достаточным семантическим разнообразием. Это разнообразие черпается из информационного пула — фундаментальной науки. Проводником между фундаментальными открытиями и технологиями является прикладная наука, цели которой задаются извне в зависимости от технических задач, выдвигаемых цивилизацией в данный момент. При этом существенную роль играет полипотентность информации, полученной фундаментальной наукой. Так, при возникновении квантовой физики никто не мог предсказать, что идеи Эйнштейна о стимулированном когерентном излучении лягут в основу устройства лазера.

Для материального мира человека с непрерывно развивающимися технологиями характерен исторический план, историческая информативная память в отличие от креативной памяти духовного мира [98, с. 200, 201]. Между духовным и материальным мирами, являющимися различными проявлениями логической информации, существуют типично информационные сложные обратные связи. Духовный мир возник в процессе эволюции как свойство людей, обеспечи-

вающее их стабилизацию в окружающем мире. Но затем, как всякий информационный процесс, он начал развиваться самостоятельно, играя роль катализатора для развития материального мира и техногенеза, являясь основой развития культуры, без которой может создаваться только негуманная, жесткая техника (вспомним о Чернобыльской катастрофе).

Материальный мир, условия жизни, развитие техники научного эксперимента, освобождение людей от непосильного труда влияют существенно на особенности духовного мира человека.

Информационный подход к науке и культуре прежде всего делает бесмысленным тезис “бытие определяет сознание”: духовный мир человека и его бытие неотделимы. Сознание и бытие регламентируются одним и тем же видом информации — логической информацией и обратными связями между духовным и материальным мирами.

### 3.3. Термодинамика информационных систем

Выше мы показали, что информационные акты совершаются с помощью взаимодействующих с окружающей средой материальных тел. Совокупность тел, обеспечивающих полное осуществление информационных процессов, будем называть *информационной системой*.

Примерами информационных систем являются сам человек и сообщество людей, которые представляют собой информационные системы высокого ранга. Информационными системами, оперирующими поведенческой информацией, являются все многоклеточные животные. Для всех животных, растений, грибов и вирусов необходимы информационные системы, состоящие из негенетических компонентов живых организмов с носителями, в которых последовательностью оснований записана генетическая информация (ДНК).

В работе [76] введено понятие “пространство режимов данной информационной системы”. Это многомерное пространство, по осям координатной системы которого отложены факторы, необходимые для осуществления с вероятностью  $p$  или  $P$  некоторой цели (напомним, что  $p$  — вероятность до получения информации, а  $P$  — после). За начало координат можно принять точку, где значения всех факторов равны нулю.

В любом пространстве режимов можно выделить две области: область спонтанного и область целенаправленного осуществления события цели. Для первой области  $p > 0$ , а для второй  $P > p$ . В “спонтанной” области можно выделить зону комфорта, где  $p = 1$ . Отрезок времени, в течение которого событие реализуется, называется “собственным временем”. Если принять это время за единицу, можно трактовать  $p$  и  $P$  как вероятности в единицу времени.

Для описания реальной ситуации можно пользоваться термином “зона обитания”, которая характеризуется исходным состоянием и последующей трансформацией. Функционирование оператора можно описывать как миграцию любой заданной точки в зону комфорта.

В любой реальной ситуации помимо факторов, необходимых для работы операторов, в зоне обитания могут оказаться факторы, выступающие в роли помех. Кроме того, по мере действия информационных систем любая реальная среда изменяется, во-первых, за счет потребления имеющихся в ней ресурсов ( $R$ ) и, во-вторых, за счет накопления побочных продуктов ( $P$ ) и заселения ими зоны. Эффективность информации и коэффициенты полезного действия (КПД) оператора распределены по зоне комфорта. КПД (согласно принципу соответствия) может служить мерой соответствия оператора данной точке зоны обитания [76].

Среда может успешно разрабатываться информационной системой, если ее *ресурсемкость* есть  $\rho = R/r$  (где  $R$  — количество ресурсов, а  $r$  — требуемое количество ресурсов для одного цикла работы системы). Если  $\rho < 1$ , деятельность невозможна. Только при  $\rho \gg 1$  среда успешно будет разрабатываться информационными системами. Характеристикой среды обитания является ее объем, определяемый собственными параметрами, а также параметрами “жизненного пространства”, требуемого для нормальной работы информационной системы. Еще одной характеристикой является *надежность* среды обитания, т. е. ее способность сохранять характеристические значения продуктивности среды ( $\theta_0 = dR/dt$ ) и кондиционирующей мощности, равной ( $\phi_0 = -dP/dt$ ) скорости утилизации побочных продуктов.

Ни потребность в ресурсах, ни скорость наработки  $P$  не должны достигать продуктивности и кондиционирующей мощности среды.

Упорядочивающее действие на среду обитания можно обеспечить только одним путем — постоянным повышением КПД операторов.

При нынешнем потреблении ресурсов и/или избыточном поступлении в среду обитания побочного продукта,  $\theta_0$  и  $\phi_0$  могут пойти резко вниз, наступит критическая ситуация, которая еще может быть обратимой. Выход достигается различными способами, в ходе применения которых информация должна изменяться так, чтобы повысить КПД операторов.

Если  $dR/dt > \theta_0$  и/или  $dP/dt > \phi_0$ , ситуация становится катастрофической, так как в этих условиях среда обитания окажется разрушенной, вследствие этого погибнут заселяющие зону обитания информационные системы.

Зоны обитания, как и экологические ниши, разбросаны по планете. Число их факторов может быть различным. Реальный участок пространства может включать в себя несколько зон обитания и экологических ниш. Фундамент “строящегося здания жизни” составляли

элементарные живые организмы (не зависящие от других живых существ), размещавшиеся в элементарных экологических нишах, имеющих abiогенное происхождение.

Автор [76] констатирует наличие генетической информации у элементарных существ, не обсуждая природы качественного скачка (биfurкации) в процессе эволюции, отражая лишь адаптивный характер развития живого. Это плавное развитие (1,5 млрд лет) сопровождалось процессом построения новых потенциальных экологических ниш, уже включающих биогенные компоненты, предназначенных для обитателей второго яруса жизни. Важно уловить скачок в эволюционном развитии информации. Мы считаем, что таким скачком было появление генетической информации.

Здесь важна идея разработки экологических ниш для заселения их все более сложными организмами. Полимерные молекулы простейших организмов являлись простейшими информационными системами.

КПД оператора всегда меньше единицы, что используется для формулирования принципа “раз возникнув, информация в ходе деятельности кодируемых ею операторов неизбежно сама создает условия для своего дальнейшего развития” [76, с. 113]. Связь этого принципа с величиной КПД очевидна: если КПД < 1, то это значит, что побочные продукты изменяют зону обитания, подготавливая ее для роли экологической ниши более высокой размерности. Отсюда и многоярусный характер эволюции.

Таким образом создается информационная основа естественного отбора — это изменчивость информации обитателей, населяющих нишу, и конкуренция этих обитателей за овладение экологической нишей. Направленность этого процесса возникает автоматически, в силу самой природы вещей.

Возникает проблема критерия отбора, призванного определить наиболее перспективный вид обитателей с позиций свойств самой информации. Таким критерием может явиться достижение наиболее эффективного значения информации, т. е. достижения определенных точек информационного поля.

Эволюцию информационных систем в направлении максимального значения эффективности правомерно назвать *конвергенцией*.

Информационные системы могут выходить за пределы информационного поля [76, с. 121] и попадать в соседние информационные поля. При этом произойдет трансформация, начнет складываться семейство информационных систем с близкими положениями максимумов на кривой  $E = f(I)$ , но отличающимися по семантике. Эта ситуация может служить примером *дивергентной эволюции* информационных систем.

Все описанное может происходить в рамках адаптивного механизма эволюции, который, согласно Н.Н. Моисееву, определяется как

механизм, реализующий алгоритмы поиска локальных экстремумов без прогноза изменений внешней среды [117, с. 70].

Кроме адаптивных, выделяется класс бифуркационных механизмов [153, с. 3]. Говоря языком многокритериальной оптимизации, бифуркационные механизмы, в отличие от адаптационных, осуществляют нелокальную оптимизацию. Феномен бифуркаций может привести не только к разветвлениям траекторий эволюции, но и к ее сетчатому характеру, включающему и дивергенцию, и конвергенцию. При этом исчезает возможность не только предсказания будущего, но и возможность воссоздать прошлое, зная настоящее. “Древо” эволюции превращается в “мангровые заросли” [73, с. 493].

По-видимому, все три типа траекторий — дивергентная, конвергентная и сетеподобная — могут характеризовать развитие любого вида информации, тем более логической. Рассматривая вопрос о возникновении генетической информации, можно представить себе условия, при которых могут спонтанно возникать полимеры, обладающие свойствами авто- и гетерокатализа. Комплекс условий, при которых идет образование молекул-полимеров, выступает в роли колыбели носителей генетической информации. В последовательности оснований аминокислот полимерных молекул еще нет осмысленности: величина  $p$  очень велика ( $p = P$ ), гетерокаталитический не может ее увеличить.

Таким образом, существует “зона комфорта” носителей генетической информации, которая представляет собой экстремум распределения  $p$  на пространстве режимов. На границе зоны комфорта  $p$  мало и может увеличиваться за счет гетерокаталитической активности. В зоне комфорта, где легко и просто образуются пустые носители, информация возникнуть не может. Вероятность возникновения осмысленных текстов, т. е. информации, будет возрастать по мере удаления от зоны комфорта, достигая максимума в тех пространствах режимов, где носители еще могут существовать, но спонтанно возникать и размножаться не могут ( $p = 0$ ). Здесь и выявляется “осмысленность”, здесь действует фильтр для проникновения случайных последовательностей, строже работает позитивный отбор.

### 3.4. Динамика информации: модели эволюции ценности и эффективности

Мы видели, что прогрессивная эволюция информационных систем отражает динамику повышения ценности информации. В работах Д.С. Чернавского (см., например, [37, 186]) на языке синергетики показано, каким образом это может (в принципе) происходить. Настоящий параграф посвящается описанию динамики обсуждаемой в [186] модели автономной динамической системы, способной к самооргани-

### 3.4. Динамика информации: модели эволюции

зации, т. е. к самопроизвольному переходу от “хаоса к порядку”. Заметим, что в автономной системе цель возникает самопроизвольно, в то время как в неавтономной она может задаваться извне.

Эволюционирующая система должна состоять из объектов (элементов) нескольких различных типов, принадлежащих одному множеству. Элемент  $i$ -го типа обладает макроинформацией, запомненной этим элементом. Условия генерации и запоминания информации накладывают дополнительные ограничения на вид динамической системы. Во-первых, система должна быть симметрична по отношению к перестановке индекса, так как выбор  $i$ -го варианта не должен быть предопределен заранее. Во-вторых, эволюция системы должна описываться уравнением, содержащим члены, определяющие как уменьшение, так и увеличение концентрации элементов  $i$ -го типа. Поэтому можно ввести время жизни каждого элемента, которое меньше времени существования всей системы ( $t_i$ ). Элемент может запомнить свою информацию на время  $\Delta t > t_i$ , если имеет место катализическое воспроизведение, т. е. если  $i$ -й элемент способствует возникновению элементов того же типа. Это условие вовсе не является ограничением, отбирающим только живые объекты (размножение которых вполне естественно), ибо и неживые системы могут обладать свойством автокатализа.

Для возможности случайного выбора, составляющего основу генерации информации, система должна в определенные периоды своей эволюции переходить в неустойчивые состояния.

Синергетика изучает связь неустойчивости с так называемым динамическим хаосом. Откуда в рамках динамической системы, элементы которой являются вполне классическими механическими объектами, появляется хаотический режим? Оказывается, имеется четкая связь: глобальная неустойчивость порождает динамический хаос, который в свою очередь приводит к необратимости. Эта цепочка событий ярко иллюстрируется примером хаотического движения молекул. Можно доказать, что соударение двух шаров-молекул радиуса  $r$  можно свести к задаче об отражении точки от выпуклой поверхности радиуса  $2r$ . Ясно, сколь неустойчивой является траектория отражающейся точки: изменение угла ее падения на малую величину приводит к отклонению от прежней траектории на значительно больший угол (рис. 3.4). Если учесть, что молекула соударяется миллиарды раз в секунду, то ясно, что поведение неустойчивой траектории никто и никогда не сможет предсказать — это истинное незнание.

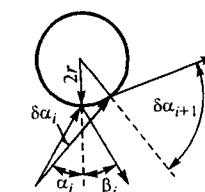


Рис. 3.4. Соударение материальной точки с выпуклой поверхностью  $2r$

Необратимость процессов, связанных с молекулярным движением, была обнаружена в начале XX века Л. Больцманом, который продемонстрировал необратимое возрастание энтропии, рассматривая вполне обратимые соударения молекул. Во времена Больцмана ничего не было известно о принципиальной роли хаоса, поэтому возникли подозрения об ошибке: обратимые соударения в консервативной системе привели к необратимому возрастанию функции состояния системы — энтропии. Больцман не сумел объяснить полученный им результат, который вошел в число самых замечательных достижений человеческого разума. Мучительное преодоление пропасти между механикой и статистикой привело к известному трагическому концу — самоубийству Больцмана в 1906 г.

Только с развитием синергетики стало очевидно, что для возникновения молекулярного хаоса необходимым и достаточным условием является глобальная неустойчивость, стало понятным, что, выдвигая адекватную реальности гипотезу молекулярного хаотического движения (без объяснения его причин), Больцман запрограммировал основной результат: необратимое возрастание энтропии.

Теория динамического хаоса имеет методологическое значение, ибо мы столкнулись здесь не с неумением описать движение частицы, а с принципиальной невозможностью такого описания. Здесь дело не в ограниченности наших возможностей, преодоление которой могло бы нам дать надежду научиться описывать траектории молекул. Речь идет об абсолютном незнании, о невозможности, имеющей принципиальное значение. Из этого незнания выросла статистическая физика. И это не единственный случай, когда триумф науки достигается в момент установления запретов с участием слова “невозможно”. Когда установили: “невозможно построить вечный двигатель I и II рода”, возникла термодинамика. Как только догадались, что “невозможно превысить скорость света”, родилась теория относительности. После того как установили, что координату и импульс атомных объектов невозможно одновременно измерять с произвольной точностью, окончательно сформировалась квантовая механика. Изучая динамическую теорию информации, мы, вероятно, придем еще раз к использованию слова “невозможно”, и это будет одной из побед новой области знания.

Как обсуждалось выше (параграф 2.2), развитие теории динамического хаоса позволило обнаружить целый класс промежуточных систем, в которых хаотический режим возникает лишь в некоторых ограниченных областях фазового пространства, называемых странными аттракторами. Изучение динамического хаоса важно для ДТИ в связи с тем, что генерация ценной информации возможна, когда в динамической системе имеется так называемый перемешивающий слой. Что это такое?

Явление перемешивающего слоя изучается синергетикой в связи с разновидностями хаоса. Его особенность по сравнению с явлением странного аттрактора состоит в том, что фазовые траектории (для хаотически движущихся молекул фазовая траектория — это обычная траектория), с одной стороны, входят, а с другой — выходят из слоя. В фазовую область странного аттрактора траектории только входят, но не выходят из нее, а запутываются внутри, поэтому представление о странном аттракторе ассоциируется у нас с квазистационарным состоянием, но не со стянутым к одной точке, а размазанным по области фазового пространства.

Для понимания процесса генерации информации важно учесть существование диссилиативных систем, имеющих несколько простых устойчивых состояний. Однако начальные состояния задаются в такой области, что предсказать, в каком из этих состояний окажется система, невозможно, ибо между начальным неустойчивым и конечным устойчивым имеется перемешивающий слой. Примерами подобной системы являются игровые машины — китайский биллиард, ruletka и т. д.

Смысл и популярность таких игр в том, что они имитируют процесс генерации ценной информации. Ставки, которые делаются, например, при игре в ruletку, являются генерацией информации (по определению это генерация, если выбор совершается до запуска шарика). Удачен ли выбор, ясно только после окончания игры. Однако ставки можно делать и после запуска шарика, когда он находится в перемешивающем слое, но уже близок к выходу из него. В этом случае результат можно предсказать с большей вероятностью, т. е. ценность генерируемой информации оказывается больше, чем в предыдущем случае, однако выбор делается не случайно, а на основе рецептирования информации о поведении шарика.

Таким образом, информационная система должна обладать как устойчивыми, так и неустойчивыми состояниями. Обязательным является наличие перемешивающего слоя, ибо он стимулирует возникновение информации, которое происходит случайно, независимо от начальных условий системы. В противном случае генерация информации невозможна. Связь возможности генерации информации с наличием устойчивых и неустойчивых состояний выдвигает задачу оценки устойчивости на основе анализа динамических систем.

Теория динамических систем в ее упрощенном варианте основана на решении уравнений типа

$$\frac{dn_i}{dt} = \tau_i^{-1} F_i(n_1, n_2, \dots, n_N), \quad (3.1)$$

где  $n_i$  — концентрации динамических переменных,  $F_i$  — нелинейные функции, описывающие взаимодействие  $n_i$  в данной точке пространства.

Анализ устойчивости может быть выполнен при исследовании поведения малых отклонений от соответствующего решения. Стационарному состоянию ( $n_i = \text{const}$ ) отвечают не изменяющиеся  $n_1, n_2, \dots, n_N$ , при которых все функции  $F_i(n_1, n_2, \dots, n_N)$  равны нулю. Однако малые отклонения от стационарных значений меняются со временем, и их изменение можно описать системой линейных дифференциальных уравнений, решения которых содержат экспоненциальные множители, причем в показателе экспоненты в качестве коэффициентов (перед  $t$ ) фигурируют числа, играющие главную роль в анализе устойчивости (числа Ляпунова). Если все числа Ляпунова отрицательны, то состояние устойчиво. В этом случае все отклонения со временем уменьшаются, т. е. система стремится обратно к стационарному состоянию, даже если ее немного отклонить от него. Если одно из чисел Ляпунова положительно, то состояние неустойчиво.

Числа Ляпунова являются характеристическими числами системы, так как не зависят от ее начального состояния. Это позволяет считать степень устойчивости системы ее внутренним свойством, никак не связанным с внешними воздействиями.

В [110, 186] рассмотрена математическая модель простой динамической системы, поведение которой описывается двумя нелинейными уравнениями, позволяющая проследить процесс рецепции и генерации информации. Если в силу внешних причин решения симметричны (числа Ляпунова положительны), система, находясь в неустойчивом состоянии, по воле случая выбирает одно из двух стационарных состояний. Это генерация информации.

При несимметричных решениях числа Ляпунова оказываются отрицательными. Система находится в определенном состоянии. Ей не приходится делать выбор. Следовательно, генерации информации не происходит. Мы имеем дело с рецепцией, т. е. с проявлением предсуществующей информации.

В работе [186] в качестве информационной рассматривается динамическая система

$$\frac{dn_i}{dt} = \frac{n_i}{\tau_i} - b \sum_{i \neq j}^N n_i n_j - a n_i^2. \quad (3.2)$$

Здесь  $n_i$  — концентрация элементов  $i$ -го типа, т. е. обладающих информацией  $i$ -го типа (сделан выбор одного из  $N$  вариантов). Член  $n_i/\tau_i$  описывает автокаталитическое воспроизведение;  $\tau_i$  — время авторепродукции. Отрицательный член  $-\sum n_i n_j$  отвечает антагони-

стическому (конкурентному) взаимодействию. Член  $-a n_i^2$  описывает эффект “тесноты”, борьбу за “пищу” одинаковых, сталкивающихся друг с другом элементов.

В системе (3.2) отсутствует перемешивающий слой. Однако такой слой образуется, если учесть, что система эволюционирует в пространстве и ее элементы могут перемещаться, т. е. диффундировать. Распределенная в пространстве система описывается уравнением

$$\frac{dn_i}{dt} = n_i - \sum_{i \neq j}^N n_i n_j - a n_i^2 + D \Delta n_i. \quad (3.3)$$

Здесь  $D$  — коэффициент диффузии, остальные члены правой части представлены в безразмерном виде. Величина  $\Delta n_i$  — градиент концентрации — связана с координатами, что позволяет проводить анализ пространственно-временных распределений концентраций.

Процесс развития такой системы делится на ряд этапов (стадий), представленных на рис. 3.5. Исходным состоянием является динамический хаос.

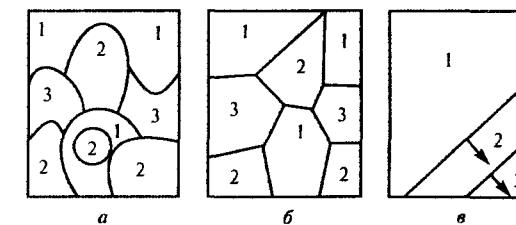


Рис. 3.5. Этапы развития системы (3.3): а — мозаика; б — паркет; в — заключительная стадия развития системы

Стадии можно характеризовать следующим образом.

I. Образование областей, в которых преобладают элементы определенного типа: зарождение “чистых” (без примеси) областей на фоне хаоса (не представлено на рис. 3.5).

II. Расширение кластеров до момента, когда все пространство будет покрыто мозаикой из “чистых” областей и границ между ними. Характерные размеры областей мозаики и характерное время их образования зависят от подвижности элементов.

III. Выпуклые или вогнутые границы между областями нестабильны. Кривизна границ с течением времени уменьшается, они становятся плоскими. Число кластеров уменьшается. Образуется структура типа паркета.

IV. Антагонистическое взаимодействие происходит лишь на фронтах раздела между кластерами. Фронты движутся в направлении уменьшения ареала обитания меньших кластеров. Это движение для многих систем очень медленное. Процесс заканчивается образованием чистого кластера. Эволюция прекращается.

Первые три стадии носят стохастический характер, на них конечный результат однозначно непредсказуем. На стадии паркета в условиях, когда один из кластеров занимает большую часть пространства, результат информационной самоорганизации предсказуем.

Зная в рамках рассмотренной модели [186] поведение всей системы и ее элементов, мы можем сказать, что целью каждого элемента является сохранение своей информации на достаточно долгое время. Какое время? Оказывается, при рецепции информации разумными существами это время может сознательно выбираться совершенно различным от 0 до  $\infty$ . С этих позиций мы еще раз вернемся к ценности информации в связи с примерами эволюционирующих систем.

В динамической теории информации вводится понятие асимптотически ценной информации, которая соответствует цели сохранить свою информацию в далеком будущем. На основе свойств модели (3.3) и определения ценности  $V$  можно показать, что в момент времени  $t = 0$ , когда система находится в симметричном неустойчивом состоянии, а все варианты выбора представлены одинаково, ценность информации любого типа равна нулю ( $V_i = 0, V_j = 0$ ).

В асимптотической ситуации ( $\Delta t \rightarrow \infty$ ) ценность информации системы, переходящей в устойчивое состояние  $j$ , равна  $V_j = V_{\max}$ , в то время как  $V_i = -\infty^*$ ), т. е. ценность  $j$ -го типа максимальна, а ценность любой другой отрицательна.

Итак, информационная система, характеризующаяся авторепродукцией, антагонистическим взаимодействием своих элементов, эффектом тесноты и диффузии, самопроизвольно увеличит ценность информации одного из типов, отвечающих устойчивому состоянию системы, до максимального значения в период времени от  $t = 0$  до  $t = \infty$ .

В промежуточные моменты времени вычислить ценность труднее, поэтому ограничиваются качественными оценками. В моменты времени, соответствующие стадии мозаики и началу стадии паркета, система находится в перемешивающем слое. Предсказать результат здесь невозможно, ибо реализации всех возможных вариантов равновероятны. Ценность любой информации равна нулю. В конце стадии паркета система начинает выходить из перемешивающего слоя, и уже можно с некоторой вероятностью говорить о преобладании кластера, имеющего тенденцию вытеснить все остальные. Вероятность того,

\* ) Здесь для ценности информации использована формула (1.2).

что “победу одержит” другой кластер, меньше, но не равна нулю.

Если число кластеров  $N$ , то в случае равновероятности выживания априорная вероятность выбора  $j$ -го варианта равна  $P_0 = N$ . В рассмотренном случае ряд вероятностей начинается с максимальной вероятности, имеющей наибольшее значение, чем  $P_0$ , и заканчивается минимальной, меньшей, чем  $P_0$ . Последнее следует из того, что условием нормировки асимптотических вероятностей является

$$\sum_j P_j^\infty = 1, \quad 1 > P_j^\infty > P_i^\infty > \dots > P_N^\infty > 0.$$

Здесь  $P_j^\infty$  — вероятность того, что вся система перейдет асимптотически в  $j$ -е состояние.

Ценности информации располагаются следующим образом:

$$V_{\max} = \log_2 N > V_j(t) = \log_2 \frac{P_j^\infty}{P_0} > V_i(t) > \dots > V_N(t).$$

Ценность информации  $j$ -го типа больше нуля, хотя и меньше максимальной.

При выходе системы из перемешивающего слоя результат полностью предсказуем несмотря на то, что кроме преобладающего присутствуют и другие кластеры.

Из представленной картины следует, что ценность информации изменяется постепенно, наиболее существенные изменения происходят в конце стадии паркета. Понимание процесса эволюции, по-видимому, вообще невозможно без учета информационных процессов. Покажем, что анализ в рамках только что рассмотренного примера иллюстрирует это.

Пусть система пришла в  $j$ -е устойчивое состояние. Это значит, что почти все ее элементы обладают одинаковой информацией  $j$ -го типа. Число элементов  $Z$  в системе достаточно велико. Пусть нам не известно, что этот “чистый кластер” — состояние, достигнутое в результате динамического процесса. Предположим, что оно возникло случайно. Вероятность такого события равна  $W = N^{-Z}$ . Если число вариантов  $N = 2$ , а число элементов порядка 1000, то вероятность того, что все элементы выбрали вариант 1, равна  $W = 2^{-1000}$ , т. е. ничтожна мала.

Этот вывод вполне согласуется со здравым смыслом, который не приемлет гипотезу о том, что все элементы “сговорились” и выбрали один и тот же вариант. Вероятнее был бы выбор разными элементами различных вариантов. Но это привело бы нас к симметричному, т. е. в рамках нашей модели к неустойчивому состоянию. Любая информация в этом состоянии не являлась бы ценной. Значит, случайное

внезапное возникновение ценной информации в большой системе невероятно. “Сговор” элементов, выбравших  $j$ -е состояние, ничто иное как их антагонистическое взаимодействие.

Итак, в системе, состоящей из большого числа элементов, возникает неценная информация. Эта случайно возникшая информация постепенно повышает свою ценность вплоть до самых максимальных значений. В результате эволюции система трансформируется так, что ее элементы обладают максимально ценной информацией.

Выше мы рассматривали информационный процесс: вслед за случным выбором, который называют генерацией информации, следует динамический (синергетический) процесс рецепции. Каково место рецепции в нашем примере? Назначение процесса рецепции в эволюционирующей системе — создание информационно насыщенных структур вплоть до полного насыщения, когда иссякают возможности повышения ценности информации. Процесс постепенного повышения ценности информации отличается от прямой рецепции тем, что ценная информация рецептируется как итог развития случного информационного процесса. Эволюционирующая система многократно переживает бифуркации, выбор осуществляется случайно, всякий раз генерируется неценная информация, ее ценность повышается самопроизвольно. Роль рецептора при этом выполняют возникающие диссипативные структуры, сложность которых увеличивается. В этом общее между эволюцией Вселенной, Солнечной системы и эволюцией биологической, наконец, эволюцией языка и науки.

Во всех упомянутых случаях новая информация создается в результате случного выбора, возникающего при неустойчивости исходного состояния и при наличии нескольких более устойчивых, среди которых и производится выбор. Мы видим, как тесно переплетаются условия эволюции и самоорганизации: нелинейные уравнения, описывающие поведение открытой системы, дают несколько решений, отвечающих нескольким ветвям эволюции, среди которых система выбирает путь своего развития. Всякий раз создание новой информации обеспечивается нелинейностью системы (космологической, геологической или биологической) и имеет характер фазового перехода. При этом было показано, что уравнения популяционной генетики, описывающие возникновение новых биологических видов, совпадают с уравнениями для фазовых переходов [96].

Кроме эволюции ценности информации, происходящей по схеме, диктуемой моделью (3.2), предлагается модель, позволяющая на качественном уровне объяснить самопроизвольное повышение эффективности информации. Выше (в параграфе 3.3) мы затрагивали этот вопрос в связи с конвергентной и дивергентной эволюциями информационных систем. Остановимся на нем еще раз, используя иллюстрации и их пояснения из книги В.И. Корогодина [76, с. 119, 120].

Известно, что изменчивость информационных систем ненаправлена, тем не менее эволюция их окажется направленной в силу следующих причин. Те из систем, эффективности которых попадают в области, далекие от зоны экстремума, обречены на прозябание, оставаясь в информационном поле 1, и в конечном счете на гибель. Таким образом, с течением времени все большее число систем будет сосредоточиваться в районе экстремума; станет накапливаться число систем с оптимальными значениями  $\mathcal{E}$  и  $I$ . Эволюция при этом носит адаптивный, конвергентный характер постепенного увеличения эффективности информации.

Информационные системы могут покидать свои зоны обитания, попадая в “чужие” информационные поля (рис. 3.6), что, как уже отмечалось выше, дает основание дивергентной эволюции с различными результатами.

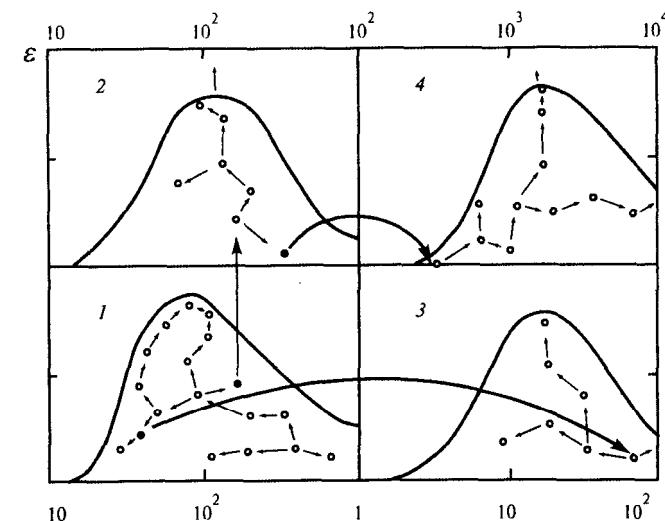


Рис. 3.6. Схема миграции информации по информационным полям разных размерностей [76, с. 120]

Так, переход  $1 \rightarrow 2$  сводится к изменению семантики;  $1 \rightarrow 3$  — к попаданию в зону меньшей размерности и меньших оптимальных значений  $\mathcal{E}$  и  $I$ , т. е. к упрощению организации систем, к деградации. Наиболее прогрессивным является переход  $2 \rightarrow 4$ , обеспечивающий повышение уровня организации адаптирующихся систем. При этом вначале переход  $2 \rightarrow 4$  отвечает понижению эффективности информации мигрирующей системы, имеющей шансы повысить  $\mathcal{E}$  за счет повышения КПД соответствующих операторов.

Применение методов динамической теории информации к таким системам, как наука, культура, социология, связано с разумной генерацией ценной информации. При этом элемент имеет возможность выбирать как цель, так и соответствующую ей информацию, изменять ее в зависимости от выбранной цели, а также собирать информацию об окружении. Все это, с одной стороны, усложняет феноменологическое описание динамики разумной системы, а с другой — позволяет хотя бы на качественном уровне на общей платформе динамической теории информации соединять различные взгляды философов на развитие гуманитарных систем. Этой задаче мы посвятим следующие главы.

## Глава 4

### Эволюция логической информации: развитие социокультурных систем

Мы допускаем, что идеи самоорганизации адекватны по отношению к эволюции социокультурных систем. Эти системы изучаются гуманитариями, которые всегда настороженно относились к попыткам перенесения понятий и методов естественных наук в область культурно-исторического знания. Следует признать, что теория самоорганизации сформировалась в рамках физики, химии и биологии, поэтому уместно вспомнить возражения В. Виндельбанда, считавшего, что пути естественных наук и наук об истории и культуре принципиально различны. Если первые описывают в терминах законов явления природы, то вторые изучают индивидуальные пути культурно-исторических процессов. С этими соображениями нельзя не считаться: между природными и социально-гуманитарными процессами, бесспорно, имеются различия. Но, с другой стороны, нельзя не признать, что синергетике уже удалось объединить науки о живых и неживых системах в терминах эволюции и становления, так что теперь с равным правом можно говорить как о биологизации физики, так и о физикализации биологии. Поэтому есть основания считать, что между миром природы и миром человека также имеется взаимосвязь, а поскольку человек это продукт эволюции природы, то не могут не эволюционировать и объединения людей, их культура и цивилизация в рамках единства, стержнем которого является участие в процессах эволюции информационных процессов. Это и определяет целесообразность междисциплинарных исследований, сосредоточенных на общности закономерностей развития сложных систем. Наиболее эффективной при этом оказывается парадигма самоорганизации, опиравшаяся на фундаментальные свойства нелинейности, необратимости и неравновесности множества развивающихся систем.

Рассмотрение эволюции социокультурных систем в парадигме самоорганизации требует некоторых методологических уточнений. Они относятся к сопоставлению роли случайности в познавательных и креативных процессах. Одно и то же открытие может быть сделано несколькими учеными одновременно, потому что объект науки существует до совершения открытия. В сфере искусства это невозможно.