

Часть третья



УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭВОЛЮЦИОНИЗМ И ИНФОРМАЦИЯ



Глава 14

ОСНОВЫ СИНЕРГЕТИКИ

Эволюция Природы

Мне неоднократно приходилось задавать студентам на лекциях следующий вопрос: «Как Вы представляете себе эволюцию, то есть развитие Природы? При ответе постарайтесь не прибегать к каким-либо „ученым“ формулировкам, а обратитесь к своему подсознанию, интуиции. Изобразите этот процесс графически: как в Природе происходит, на Ваш взгляд, изменение от точки *A* к точке *B*». Подавляющее большинство моих слушателей рисовали некую возрастающую кривую, и лишь немногие сомневались и изображали «возвращения» в виде обратных петель. Но никто не мог объяснить, почему он так думает. Подсознание говорит нам: «Вперед, вверх, а там...? Что дальше?»

Столь же неопределенен и ответ на вопрос, куда стремится наш мир, человечество, вообще Природа. На него и пытается ответить новая наука — синергетика, возникшая в 70-х годах XX века. Остановимся подробнее на смысле этого термина. В переводе с греческого слово это означает совместное, кооперативное действие; наиболее близкий перевод на русский, пожалуй, «соработничество». Оказалось, что законы этой науки объединяют разные области: физику, химию, биологию, психологию, социальные науки, астрономию, философию и другие.

На протяжении последних десятилетий число научных дисциплин, методов исследования непрерывно росло. Но именно синергетика впервые сформулировала законы эволюции, справедливые как для физического (косного), так и биологического (живого) миров, а также для социума.

Вопрос о пути развития Природы не является чем-то новым. Естественно, ответ на него пытались дать в различные времена. Рассмотрим ответы, которые давала наука XIX и первой половины XX века. Выделим в Природе три составляющие: косный (мертвый) мир, живой и социальный, и будем искать ответ на вопрос для каждого из них.

Косный мир иногда называют мертвым миром. Его закономерности изучают физика, химия, и представители этих наук уверены, что развитие косного мира определяется вторым началом термодинамики. Согласно последнему, все в конечном итоге разрушится и завершится хаосом, выравнивающим любые различия, то есть не будет перепадов энергии, температуры, давления и так далее. Косный мир необратимо приблизится к состоянию полного равновесия и однородному хаосу. Позже мы покажем, что хаос количественно оценивается так называемой энтропией и связан с ее ростом.

Развитие живого мира следует противоположным законам, а именно: растет разнообразие его форм, порядка, он непрерывно обогащается. Другими словами, в нем порядок увеличивается, и формально это должно приводить к уменьшению энтропии, то есть нарушению второго начала термодинамики.

Диапазон взглядов на эволюцию социума чрезвычайно велик. Кто-то убежден в фатальной гибели социума в результате того, что человечество уничтожит само себя, или об этом позаботится Природа. Другие верят в то, что человек совершенствуется, что в своем развитии он достигнет высшего уровня и постепенно будет приближаться к божественной сущности.

Естественно предположить, что в Природе должны соблюдаться единые законы эволюции. Синергетика пытается сформулировать эти законы — законы, справедливые как для физического и биологического миров, так и для со-

циума. Формулировка этих законов связана с необходимостью дать новую концепцию эволюции, которая будет лишена упомянутых выше противоречий.

В индустриальную эпоху эволюция косного мира рассматривалась как постепенное изменение свойств системы. При этом сами системы не обменивались с окружающей средой ни энергией, ни материей, то есть были изолированы. В таких системах небольшим изменениям аргумента соответствуют небольшие изменения функции. На этом свойстве систем построен линейный математический аппарат, который приводит к анализу бесконечно малых величин. Развитие наук заставило расширить взгляд на процессы в Природе и перейти к рассмотрению открытых систем, обменивающихся с окружающей средой материей, энергией и информацией. В таких системах возможны отклонения от равновесия.

В реальной системе бытуют резкие перемены, связанные со значительными качественными изменениями. Иногда их называют катастрофами. Переход к анализу таких процессов привел к необходимости изменить научную парадигму, применить интегрированный подход, охватывающий различные области наук. Так и зародилась синергетика.

Эту новую область знания можно рассматривать как науку об универсальных законах эволюции в Природе, получивших название принципа универсального эволюционизма.

Некоторые авторы, определяя синергетику, подчеркивают способность физических, биологических и социальных систем к самоорганизации, что, по их мнению, и составляет сущность данной науки.

Отдельные исследователи при рассмотрении эволюции различных систем подчеркивают, что эти процессы в своем развитии рано или поздно достигают неустойчивого состояния, которое обычно предшествует катастрофам. Исходя из этого, они рассматривают синергетику как теорию катастроф.

Исторически синергетика сложилась как продукт развития термодинамики. Выше было отмечено, что в термодинамике рассматривались так называемые изолированные системы. Развитие термодинамики открытых систем, а так-

же создание теории катастроф привело к формированию синергетики как науки.

Итак, различные авторы, подчеркивая ту или иную особенность эволюции, склонны определять синергетику как:

- науку об универсальном эволюционизме;
- науку о катастрофах и термодинамике открытых систем;
- науку о самоорганизации Природы.

Каждое из этих определений выделяет какую-то отдельную грань этой науки.

Термодинамика изолированных систем. Энтропия

Итак, на основе классической термодинамики родилось направление, которое привело к возникновению новой науки — синергетики. Знакомство с некоторыми положениями термодинамики позволяет перейти к рассмотрению важнейшего вопроса о явлениях порядка (детерминизма) и беспорядка (стохастичности) в Природе и их количественного определения. Количественно степень беспорядка определяется с помощью понятия об энтропии системы.

Поясним основные положения термодинамики, рассматривая изолированные и открытые термодинамические системы. Первые относятся к некоторой системе, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни материей, ни информацией. Открытые системы, наоборот, обмениваются всем этим с окружающей средой. Классическая термодинамика рассматривает изолированные системы, которых в Природе практически не бывает, но даже такой грубый подход к описанию процессов помог разобраться во многих сложных явлениях и оказался весьма продуктивным.

Понятие энтропии ввел в науку в 1865 году немецкий физик Р. Клаузиус.

Энтропия представляет собою отношение энергии (Дж), которая выделяется в изолированной системе, к величине ее

абсолютной температуры (К), то есть равняется энергии, деленной на абсолютную температуру, соответственно единица измерения энтропии — это Дж/К. Обычно энтропия обозначается буквой S , а ее изменение — ΔS — определяют как отношение изменения энергии ΔQ к ее абсолютной температуре $T = t + 273$ К (t — температура в градусах Цельсия), то есть

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{\text{энергия}}{\text{абсолютная температура}}.$$

Эта величина обладает следующей удивительной особенностью: ее числитель и знаменатель могут меняться самыми различными образами, то есть, например, энергия может и расти и падать, знаменатель (абсолютная температура) также. Но, тем не менее, их отношение, то есть энтропия, всегда изменяется только в одну сторону: она только растет!

Долгое время самым сложным вопросом для студентов (и не только для них) оставался вопрос о физическом смысле энтропии. Ответ на него дал в конце XIX века австрийский физик Л. Больцман. Он обратил внимание на то, что менее упорядоченное состояние (хаос) может быть реализовано в Природе большим числом способов. Возьмем, к примеру, распределение молекул в некотором помещении: они равномерно распределены по всему пространству, и при этом неупорядочены. Трудно представить ситуацию, когда молекулы занимают только одну часть пространства, а в другой их нет. Хотя отклонения от равновесного состояния присутствуют, и их называют флуктуациями. Малые флуктуации допустимы, на этом положении базируется вся наука индустриального периода цивилизации.

На рис. 50 изображена замкнутая система, в которой благодаря поглощенному теплу кристаллы льда превращаются в газ. В первом сосуде лед при $t = 0^\circ$ начинает плавиться, и температура его при этом не меняется. Далее нагревается вода до $t = 100^\circ\text{C}$, и при этом температура опять не меняется, пока вся вода, наконец, не превратится в пар.

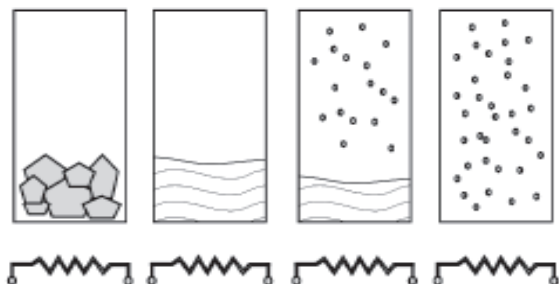


Рис. 50. Превращение льда в газ.

Заметим, что лед — кристаллическое состояние воды, то есть молекулы расположены в определенных местах; это наиболее упорядоченное состояние для воды. Далее, жидкая вода состоит из тех же молекул, но расположение их в пространстве менее упорядочено, и совсем неупорядочено расположение молекул пара. Таким образом, идет переход ко все более неупорядоченному состоянию, и энтропия при этом увеличивается.

Плавление льда — «энтропийно выгодный» процесс, так как неупорядоченное состояние молекул более вероятно, чем упорядоченное. Поэтому энтропия жидкости $S_{\text{ж}}$, кристалла $S_{\text{кр}}$ и пара $S_{\text{п}}$ подчиняются неравенству

$$S_{\text{п}} > S_{\text{ж}} > S_{\text{кр}}.$$

Второе начало термодинамики. Энтропия и энергия

Вообразим возможные распределения явлений природы и жизни с позиций второго начала термодинамики.

На рис. 51а изображен сосуд с коктейлем 1 (температура T_1) и лед 2 (температура T_2). Характерен следующий ход процесса: лед тает, и устанавливается средняя температура

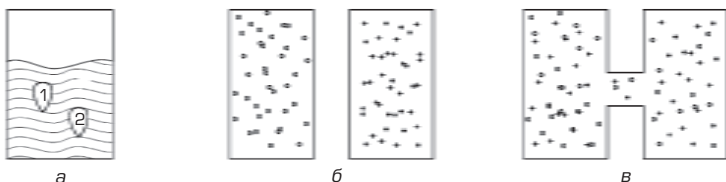


Рис. 51. Выравнивание различных градиентов:

а — сосуд с коктейлем 1 и льдом 2; *б* — два сосуда с разными газами;
в — выравнивание концентраций при соединении сосудов.

между T_1 и T_2 , то есть $T_1 > T > T_2$. На рис. 51б в двух сосудах находятся разные газы, при соединении сосудов (рис. 51в) устанавливается равномерное распределение газа.

Пусть в луже находится капля бензина; она со временем растечется по поверхности. К этому же классу относятся наблюдения типа: колечко сигаретного дыма увеличивается; огонь костра гаснет и т. д.

Из этих наблюдений следует, что в Природе господствует тенденция к рассеянию энергии, выравниванию температур, концентраций, давлений. При этом состояние вещества меняется в одном направлении — выравнивания различных градиентов.

Состояние однообразия является как бы наиболее вероятным, что и позволило Л. Больцману так сформулировать второе начало термодинамики: «Природа стремится к переходу от состояний менее вероятных к состояниям более вероятным».

Количественно этот закон выражается в росте энтропии.

Л. Больцман рассматривал газ как ансамбль огромного числа движущихся молекул. Беспорядочное движение молекул в газе есть тепловое движение, и чем больше скорость молекул, тем выше температура газа; температуру можно выразить через скорость. То же самое можно сказать относительно энтропии. В конечном итоге Больцману удалось получить строгую формулу, соответствующую терминам ньютоновской физики, и дать физическое обоснование «роста энтропии»: рост энтропии ведет к росту хаоса, то есть нарушению порядка.

Сопоставим два важнейших параметра в физике — энтропию и энергию. В гигантском концерне естественных процессов Природы принцип энтропии играет, так сказать, роль директора, который предписывает направление сделок, а закон сохранения энергии — роль главного бухгалтера, который приводит в равновесие дебет и кредит. В изолированной системе процессы идут так, что энтропия всегда растет, то есть $\Delta S > 0$ — это направление сделки.

Обратим внимание на еще одну особенность энтропии: в обратимых процессах она, как и энергия, сохраняется, а в необратимых растет. Происходит это до тех пор, пока не возникает состояние равновесия. Развитие естественных процессов связано с ростом энтропии, а движение времени (так называемая «стрела времени») также растет в направлении от прошлого к будущему.

На центральном кладбище города Вены покоится прах австрийского физика Л. Больцмана (1844–1906). На его надгробии выгравирована формула, которая носит его имя:

$$S = k \ln P.$$

Здесь через k обозначена фундаментальная мировая постоянная Больцмана, а через P — статистическое состояние (вес) системы. Последнее означает число способов P , которыми можно осуществить данное состояние.

Безупречно выполненный Больцманом математический анализ привел к выводу: статистический вес системы имеет наибольшее значение при равновесном распределении всех элементов, из которых состоит система. Это может быть ансамбль молекул, шаров, яблок, любых элементов. Но возможны, как указывалось, и отклонения от такого состояния — флуктуации.

Рассмотрим опять же молекулы, находящиеся в воздухе вашей комнаты. Наиболее вероятное их состояние — равномерное распределение, но теория допускает и другие случаи, когда, например, все молекулы сосредоточатся в правой половине комнаты, а в левой их не будет. Расчеты,

конечно, показывают, что вероятность такого случая ничтожно мала.

Работа Больцмана — прорыв в совершенно новую область понимания Природы: в физику вошла вероятность, законы статистики. Это значит, что, хотя и редко, энтропия может и убывать. Но физики оставили на целые столетия анализ этих случаев и вернулись к ним только в середине XX столетия, о чем речь будет идти дальше.

«Тепловая смерть» Вселенной

Работы Л. Больцмана вызвали среди ученых бурю негодования, яростную критику, хотя гораздо раньше, в середине XIX века, уже возникало сомнение в правильности выводов о росте энтропии во Вселенной. В то время английский физик Томсон и немец Клаузиус высказали предположение о возможной тепловой смерти Вселенной.

Тепловая смерть — это такое состояние вещества и энергии во Вселенной, когда исчезают все различия, то есть градиенты их параметров. Больцман объяснял нынешнее неоднородное состояние Вселенной как грандиозную флуктуацию. Такая флуктуация теоретически возможна, но маловероятна, то есть все, что мы видим вокруг нас — цветение жизни, многообразие ее форм — имеет, с позиции второго начала термодинамики, ничтожно малую вероятность существования. Наиболее вероятное состояние — однообразие. Как писал астроном Джинс, «не остается ничего, кроме скучного единообразия, от которого можно ожидать только небольших и незначительных местных изменений».

Возникло противоречие между безупречными математическими доказательствами Больцмана о фатальном росте энтропии и опытом реальной жизни, ее бесконечной неповторимостью. Современники Больцмана не признавали его взглядов, что вызвало жестокую критику его работ, и, по-видимому, привело к болезни и самоубийству Л. Больцмана в 1906 году.

Современное состояние науки также не наталкивает на предположение о тепловой смерти Вселенной.

Прежде всего, этот вывод имеет отношение к изолированной системе, и не ясно, почему Вселенную можно отнести к таким системам. Далее, во Вселенной действует поле тяготения, которое не принималось Больцманом во внимание, а оно, как известно, ответственно за появление звезд и галактик: силы тяготения могут привести к образованию структуры из хаоса, могут породить звезды из космической пыли.

Интересно, что еще задолго до раскрытия в общей теории относительности роли гравитации в структурировании хаоса норвежский поэт и прозаик Ибсен написал такие строки:

Принесена была на Землю весть,
 Что там, где бесконечность простиралась,
 Звездой блестящей стал безмолвный хаос,
 Что там законы тяготенья есть.

Теперь на Севере туман клубится,
 Пускай сегодня хаотичен он,
 Но есть в нем тяготения закон,
 И, стало быть, Звезда здесь загорится.

Итак, классическая термодинамика содержала какую-то неточность, что приводило к существенному расхождению выводов термодинамики с реальной жизнью. Дальнейшее развитие этой науки и заложило главный камень в фундамент синергетики, но об этом речь будет идти в дальнейшем.

Детерминизм и вероятность

Вторым опорным столпом синергетики явилась возникшая в 70-х годах XX века новая дисциплина, названная «теорией катастроф». Она возникла при более углубленном развитии идей классической механики Ньютона.

Французский астроном, физик и математик П. Лаплас (1749–1827) был продолжателем Ньютона. Его основные

работы посвящены астрономии и содержатся в пятитомном труде «Трактат о небесной механике», где объяснено движение тел Солнечной системы на основе закона всемирного тяготения. Лапласом предложена гипотеза происхождения Солнечной системы. Его физические исследования относятся к молекулярной физике, теплоте, акустике, электричеству, оптике. Он является одним из создателей теории вероятности.

Рассмотрим вкратце взгляды Лапласа на проблемы случайности и закономерности (детерминизма) в развитии мира, в частности законы движения молекул. Молекулы в сосуде движутся как попало, сталкиваясь друг с другом. Их громадное количество, и проследить за движением каждой из них невозможно, поэтому для описания свойств газа пользуемся усредненными характеристиками молекул — средней скоростью \bar{V} и температурой T . Лаплас считал, что движение молекул детерминировано и никакой случайности в их поведении нет. Случайность, статистичность есть понятие субъективное, которое отражает наше незнание. Если бы существовал некий демон (как его впоследствии назвали, «демон Лапласа»), способный определить начальные параметры молекул (координаты и скорости), то, зная законы движения, законы механики Ньютона, можно было бы наперед рассчитать, что будет с молекулами (газом). Иными словами, случайность объективно не существует, за ней скрываются детерминированные законы. Их знает «демон Лапласа», но мы, простые люди, пребываем в неведении.

Лаплас писал в «Опыте философии теории вероятностей»: «...мы должны рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие его предыдущего состояния и как причину последующего... Для достаточно обширного и информированного ума возможно объять... в одной формуле движения величайших тел Вселенной наравне с движением легчайших атомов, не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверно, и будущее, как и прошлое предстало бы перед его взором».

Как упадет подброшенная монета? Ее поведение зависит от того, как ее подбросили, от сопротивления воздуха и так далее. «Демон Лапласа» может рассчитать, как выпадет жребий. Развитие Вселенной следует фаталистическим законам, то есть в мире все детерминировано, предопределено. С этих позиций энтропию можно трактовать как меру нашего незнания, меру недостатка информации о системе.

Такой взгляд на случайность (стохастичность) и закономерность (детерминизм) сохранился и до наших дней. Мне вспоминается, как на одной из научных конференций докладчик уверял аудиторию, что все в мире предопределено, и никаких случайных событий быть не может. Моя реплика о том, что докладчик отстал от современной трактовки этого вопроса примерно на 200 лет, вызвала лишь легкое замешательство. Все предопределено, и точка!

Проблема соотношения механики и статистики ведет к глубоким философским вопросам и подробно исследовалась учеными в середине XX века. Изучая устойчивое и неустойчивое состояние маятника, можно показать, что в нижнем положении (рис. 52) маятник устойчив, так как малые отклонения приведут к малым колебаниям. Верхнее состояние маятника неустойчиво, так как малейший толчок рез-

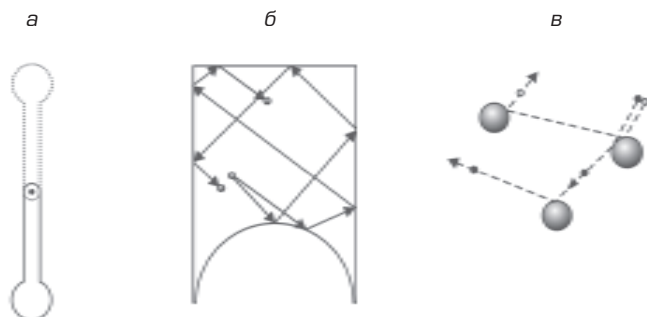


Рис. 52. Неустойчивые состояния:

а — физический маятник; б — бильярд Синая; в — движение маленького шарика в системе больших неподвижных шаров.

ко изменит состояние маятника, и неизвестно, куда он качнется, влево или вправо.

При сильной неустойчивости траектория отдельной частицы лишена смысла. Ее можно наблюдать, но расчет и опыт не будут находиться в согласии: неустойчивая траектория «забывает» о своих начальных условиях. В неустойчивых системах (малое воздействие приводит к большим отклонениям) единственный способ рассмотрения малых возмущений — статистический, основанный на их случайном характере. Невозможно описывать поведение такой системы на языке механики. Приходится вводить вероятность — вероятность того или иного отклонения в движении частиц.

Вероятностное описание более естественно, в нем выражается не наше незнание, а объективно существующая нестабильность, то есть случайность поведения. Вследствие невозможности полного описания такого поведения механической системы возникает необратимость. Неполнота описания, вообще говоря, может быть обусловлена различными причинами: недостатком задания начальных условий, изменением сил в процессе движения — появлением случайных сил.

Для разъяснения возникновения и развития неустойчивости рассмотрим необычный бильярд (бильярд Синая) — сосуд с одной выпуклой стенкой (рис. 52б). Легко показать, что две вначале близкие траектории далее неограниченно расходятся, то есть процесс неустойчив.

На рис. 52в изображено прохождение мелкого шара через неоднородную систему, состоящую из произвольно расположенных неподвижных шаров разных диаметров.

Итак, лапласовская детерминированность невозможна: попытка предсказать будущее, исходя из начальных условий и законов движения, немедля наткнется на неустойчивость и кончится провалом.

Следовательно, энтропия действительно есть объективная мера нашего незнания, мера отсутствия информации о системе. Это — мера принципиальной невозможности знания, определяемой неустойчивостью траекторий... Отсут-

ствие информации есть свойство системы, а не свойство наблюдателя.

Интересна критика лапласовского детерминизма с позиций учения об этике, которая приводится в трудах русского естествоиспытателя Тимофеева-Ресовского. Если верен лапласовский детерминизм, то свободы совести, свободы мнений не существует: любое верное утверждение уже содержится в некоей формуле мира. Лишена смысла практическая деятельность — обществу не к чему стремиться, так как все предопределено единой формулой. Новая физика дает свободу совести. Это и есть один из главных результатов естествознания XX века.

Две великие теории эволюции

Итак, термодинамика ввела в научный обиход понятие вероятности. Однако примерно тогда же это понятие возникло и в биологии. В XIX веке английский ученый биолог Ч. Дарвин открыл основной закон эволюции живого мира, который существенно отличался от закона эволюции косного мира. В органическом мире Дарвин подметил механизм естественного отбора.

Каждая популяция обладает наследственной изменчивостью. Последняя означает случайное отклонение от наиболее вероятного среднего значения какой-либо характеристики организма. Рассмотрим отклонение от среднего роста в какой-либо большой группе людей (рис. 53). Рост следует закону распределения случайных величин: по мере удаления от среднего значения роста число отклонений N в группе убывает симметрично. Такому же закону подчиняется распределение скоростей молекул в газе. Но в отличие от молекул в живом мире, наследственная изменчивость не затухает, как всякая флуктуация. Наследственные признаки в живом мире закрепляются, если они имеют приспособительный характер, то есть обеспечивают виду лучшие условия существования и размножения. Случайное распределение эволюционирует, изменяется.

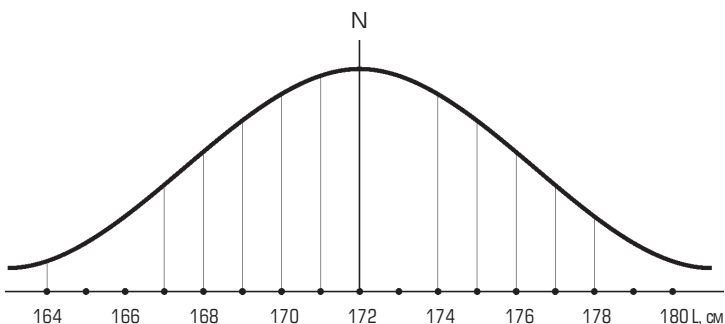


Рис. 53. Распределение по росту
в произвольной большой группе людей.

В нашем примере величина роста людей не обеспечивает им лучшие условия существования, и поэтому они не закрепляются. Физическая природа тоже эволюционирует в направлении роста энтропии $S \rightarrow S_{\max}$, если она изолирована. «Стрела времени» направлена в сторону равновесия в изолированной системе. Когда равновесие достигнуто — событий нет, время остановилось.

Так в чем же отличие эволюций физического и биологического миров?

Физический мир не несет памяти о своем эволюционном развитии; биологический мир несет эту память. В биологических системах наследственная изменчивость не затухает, как в физических, а наследует и закрепляет те признаки, которые позволяют выжить. По Дарвину, в мире происходит непрерывное рождение все более сложных организованных живых форм, структур и систем. **В косном (физическом) мире эволюция ведет для изолированной системы к состоянию равновесия, то есть к затуханию разнообразия. Биологическая теория говорит о повсеместном и непрерывном созидании Природы, а косный мир стремится к разрушению структур, выравниванию различий.**

Спор двух великих теорий эволюции начался в XIX веке и продолжается поныне.

В середине XX века известный физик Шредингер высказал мысль: а что если в Природе существует два типа законов: для живой и неживой материи? Этот вопрос оставался открытым вплоть до возникновения нового учения об эволюции, выраженного в синергетике.

Краткое отображение изложенных выше законов эволюции биологического мира содержится в триаде Дарвина: **изменчивость, наследственность, отбор**. Заметим, что Дарвин не создавал эволюционного учения, оно было сформулировано ранее. Гениальность его в том, что он первый усмотрел в Природе принцип естественного отбора и выразил его в этой триаде.

Взгляды на эволюцию в XVIII и XIX веках

Прежде всего, следует отметить различие во взглядах на эволюцию в XVIII и XIX веках. Классическая наука (Ньютон, Лаплас) рассматривает случайность как нечто внешнее и несущественное. Мировые процессы представлялись обратимыми во времени, предсказуемыми и ретросказуемыми на неограниченно большие промежутки времени. Эволюция — процесс, лишенный отклонений, возвратов, побочных линий.

Первый удар нанесли термодинамика и эволюционная теория живого мира. Термодинамика ввела в науку случайность и рассматривала ее как объективное понятие.

XIX век породил две великие теории эволюции для косного и живого мира. В косном мире развитие идет однонаправленно, в сторону роста энтропии, то есть к выравниванию разнообразий форм, градиентов и так далее. В живом мире, напротив, развитие приводит к росту многообразия форм, то есть к увеличению порядка и падению энтропии. Только в конце XX века будет выработан единый взгляд на эволюцию.

Лауреат Нобелевской премии И. Пригожин заметил, что картина мира в понимании классической науки XVIII

века — лапласовский детерминизм — выглядит с современной точки зрения почти как «карикатура на эволюцию» [45, 80].

XIX век замечателен успехами не только в термодинамике, но и в других науках. Например, были расширены представления о формах материи. В XVIII веке знали только одну форму существования материи — корпускулярную, имеющую четкие очертания, в которые заключено тело. В XIX веке введено понятие полевой формы материи. Введение последней в обиход науки связано с успехами в изучении явлений электричества, магнетизма и электромагнетизма. Природа этих явлений была изучена на протяжении первой половины XIX века группой ученых-экспериментаторов (Ом, Био, Савар, Фарадей и другие) и обобщена во второй половине века в теории электромагнитного поля Максвелла.

Интересно дальнейшее развитие термодинамики. На протяжении XIX века были сформулированы основные положения (начала) термодинамики изолированных систем. В первой половине XX века термодинамика развивалась в основном не вглубь, а вширь, возникали различные ее разделы: техническая, химическая, физическая, биологическая и так далее. Только в 40-х годах появились работы по термодинамике открытых систем вблизи точки равновесия, а в 80-х возникла синергетика. Последнюю можно трактовать как термодинамику открытых систем вдали от равновесия.

Термодинамика открытых систем вблизи равновесия

Перейдем к изложению основ синергетики. Принятие этих основ специалистами позволило сделать очень важный шаг в развитии общей мировой науки. Рассматривается новая, неожиданная картина эволюции Природы.

В 1977 году бельгийский физик русского происхождения, директор Международного института физики и химии

в Брюсселе, академик Илья Пригожин, американский профессор химии Л. Онзагер и французский физик профессор Де Дондье за работы по термодинамике необратимых процессов и их использованию в химии и биологии получили Нобелевскую премию. Присуждение ее, как правило, связано со следующими факторами:

- качественно новый взгляд на явления примелькавшиеся, не таящие, казалось бы, ничего интересного;
- экспериментальное обнаружение какого-либо необычного факта [45, 87].

В данном случае нестандартность подхода заключалась в том, что авторы сразу подошли к описанию процессов в открытых системах. Напомним, что все системы в Природе делятся на изолированные и открытые. Изолированные системы не обмениваются с окружающей средой ни материей (M), ни энергией (E), ни информацией (I), в то время как открытые системы этими параметрами обмениваются. Мы уже упоминали о том, что изолированные системы — это идеализация, в Природе практически их нет, хотя классическая термодинамика занималась изучением именно этих идеальных моделей.

Надо было найти подход к изучению открытых систем, и авторы теории обратили внимание на поведение их энтропии.

Изменение энтропии такой системы складывается из внутренних изменений (производство энтропии $\Delta_i S$) и ее притоком или оттоком в систему или из системы $\Delta_e S$ из-за теплообмена с окружающей средой и в результате обмена веществом и информацией.

Мы воспользуемся международными обозначениями: символ Δ говорит об изменении (массы, энергии, энтропии), символ S — выбранный параметр энтропии, индексы i и e у символа Δ обозначают производство (i) и приток или отток (e) энтропии во внешнюю среду. Необычным является написание индексов у символа Δ , наверное, этим подчеркивалась неадекватность рассматриваемого процесса.

Приведем некоторые примеры.

Пример 1. В живой клетке вырабатывается энергия, она может рассеиваться в окружающую среду. Выработка энергии связана с производством энтропии зависимостью

$$\Delta_i S = \frac{\Delta_i Q}{T},$$

а ее отток или приток в окружающую среду связан с параметром $\Delta_e S$

$$\Delta_e S = \frac{\Delta_e Q}{T}.$$

Пример 2. Человек парится в бане, в его организме происходят следующие процессы: идет выработка энергии и, соответственно, производится энтропия $\Delta_i S$ и осуществляется обмен энергией с окружающей средой, что связано с притоком или оттоком энтропии $\Delta_e S$.

Пример 3. Перенос теплового потока через газ от пластины с температурой T_1 к пластине с более низкой температурой T_2 . В этом процессе присутствуют явления внутреннего трения, теплопроводность, приводящая к производству энтропии $\Delta_i S$. Рассматриваемая система обменивается потоком теплоты с окружающей средой, то есть можно найти и поток энтропии $\Delta_e S$. Следовательно, общее изменение энтропии открытой системы ΔS состоит как бы из двух частей

$$\Delta S = \Delta_i S + \Delta_e S.$$

Термодинамика показывает, что знак производства энтропии всегда положителен, то есть $\Delta_i S \geq 0$, а знак обмена энтропией может быть как положительным (при притоке энтропии из окружающей среды), так и отрицательным (при оттоке из системы в окружающую среду). Покажем, что возможен случай, когда энтропия может уменьшаться, то есть когда $\Delta S > 0$! Обратите внимание, сейчас мы намерены показать то, чего на основании второго начала термодинамики быть не должно: энтропия может уменьшаться!

Очевидно, возможны четыре ситуации, которые мы внимательно рассмотрим. От читателя требуется владение алгеброй в объеме пятого класса средней школы. Взамен

Вы будете вознаграждены выводом, потрясшим ученых, который и привел в конечном итоге к присуждению Нобелевской премии. Итак, в путь!

Ситуация 1. В случае притока энтропии из окружающей среды $\Delta_e S > 0$. Так как $\Delta_i S$ всегда положительно, то их сумма, как следует из последней формулы, тоже положительна, следовательно:

$$\Delta_e S > 0, \Delta_i S \geq 0, \Delta S > 0.$$

Ситуация 2. В случае оттока энтропии во внешнюю среду $\Delta_i S < 0$, абсолютная его величина меньше производства энтропии в системе $|\Delta_e S| < \Delta_i S$. Следовательно,

$$\Delta_e S < 0, |\Delta_e S| < \Delta_i S, \text{ и } \Delta_i S + \Delta_e S = \Delta S > 0,$$

и величина ΔS положительна.

Ситуация 3. В случае отрицательного оттока энтропии из системы в окружающую среду $\Delta_e S < 0$, а абсолютная его величина равна производству энтропии $|\Delta_e S| = \Delta_i S$.

$$\Delta_e S < 0, |\Delta_e S| = \Delta_i S, \Delta_i S + \Delta_e S = \Delta S = 0,$$

и их сумма равна нулю.

Ситуация 4. Происходит отток энтропии из системы в окружающую среду, $\Delta_e S < 0$, но его абсолютная величина больше производства энтропии в системе $|\Delta_e S| > \Delta_i S$. Следовательно, в данном случае

$$\Delta_e S < 0, |\Delta_e S| > \Delta_i S, \Delta_i S + \Delta_e S = \Delta S < 0,$$

и их сумма ΔS оказывается отрицательной.

Таким образом, из ситуации 4 видим, что в открытых системах возможны случаи отрицательного изменения энтропии, то есть изменение $\Delta S < 0$.

Напомним, что отрицательная энтропия может рассматриваться как движение системы от хаоса к порядку. Это означает, что в хаотической системе возможно самопроизвольное (спонтанное) появление порядка. Это — принципиально новый вывод, открывающий интересные перспективы в исследовании эволюции систем.

Отток энтропии в среду иногда представляют как извлечение из среды отрицательной энтропии (иногда ее называют негэнтропией). Она приводит к уменьшению хаоса в системе, возникновению упорядоченности. Другими словами, должен возникнуть своего рода «насос», выкачивающий энтропию из системы.

Итак, в процессе эволюции из неупорядоченных состояний в системе могут возникать упорядоченные. Этот вывод противоречит здравому смыслу и до сих пор не понятен многим представителям науки, не говоря уже о широкой публике. В самом деле, как может в системе самопроизвольно возникнуть порядок?

Иной нетерпеливый читатель воскликнет: «Да что Вы такое говорите?! Ну, допустим, над свалкой старых автомобилей пронесся тайфун, и что же, из груды металлолома выскочит новенький „Мерседес“?» Такая трактовка вывода об уменьшении энтропии слишком прямолинейна. Но в последующих главах будут рассмотрены примеры из косной природы, а также технические устройства, подтверждающие возможность самоорганизации и перехода от беспорядка к порядку.

Рост упорядоченности системы, процесс структурообразования соответствует термину онтогенез (от греч. *ontos* — сущее, *genesis* — происхождение). Многообразие возникающих при этом форм описывается термином морфогенез (от греч. *morphe* — форма). **Онтогенез обычно сопровождается морфогенезом.** Эти процессы связаны с оттоком энтропии из системы, работой «энтропийного насоса». Доказано, что это — общий закон, применимый к онтогенезу эмбриона, возникновению звезд и прочее, и прочее.

Итак, процесс онтогенеза приводит к возникновению морфогенеза и связан с оттоком энтропии из системы. В ходе развития этого неравновесного процесса при некотором критическом значении внешнего потока энергии или вещества возникает неустойчивое состояние, в результате чего могут появиться новые формы и структуры. Это и есть самоорганизация, она присуща так называемым синергетическим системам. Рассмотрим несколько таких систем, принадлежащих к косному миру [80–87].

Конвективные ячейки Бенара

В 1901 году французский физик Бенар при анализе переноса теплоты через слой жидкости или газа, подогреваемых снизу (рис. 54а), обнаружил странный эффект. При определенной разности температур $\Delta T = T_1 - T_2$ между пластинами и расстоянии L между ними происходит смена механизма переноса энергии и характера движения газа или жидкости: от хаотического, так называемого броуновского, движения, среда переходит к четко организованному конвективному процессу (рис. 54б). При этом движущаяся между пластинами среда приобретает вид вращающихся валиков.

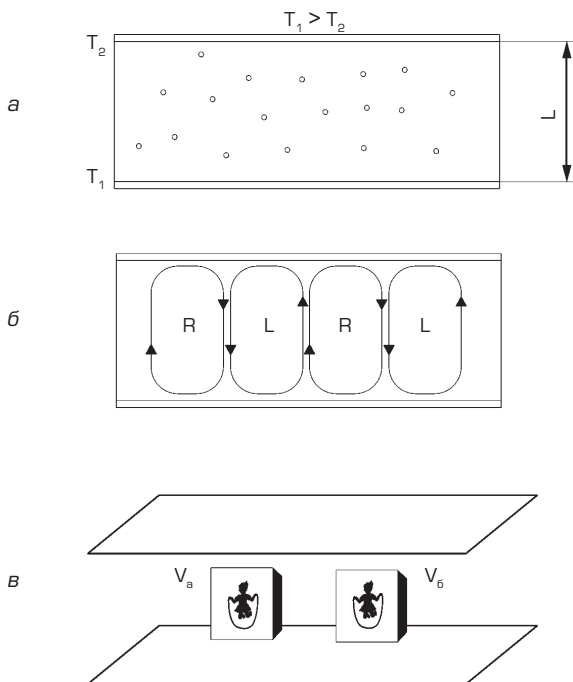


Рис. 54. Перенос теплового потока в газе между пластинами:
 а — молекулярный перенос; б — конвективные токи, вращающиеся по часовой стрелке R и против стрелки L; в — наблюдатель в объектах V_a и V_b .

Конвективное движение возникает благодаря действию на каждый элементарный объем жидкости различных сил. Из-за разной плотности нагретых и холодных слоев возникает подъемная сила, уравновешенная силой тяжести и силой вязкости.

В результате игры этих сил и возникает конвективное движение объемов жидкости. В этом «танце» объемов жидкости, содержащем большое количество молекул, не принимают участия известные в физике силы межмолекулярного взаимодействия, так как они действуют на очень малых расстояниях (порядка 10^{-9} метра). Конвекция же в этом опыте возникает в пространстве, размеры которого в десятки миллионов раз больше.

Попробуем взглянуть на явления хаоса и порядка глазами миниатюрного наблюдателя, помещенного в объемы V_a и V_b жидкости (рис. 54в) в условиях хаотического движения газа (рис. 54а). Наблюдатель строит свои суждения, наблюдая за окружающей средой, он не может определить, в каком объеме — V_a или V_b — он находится, так как все, что он видит, одинаково. У наблюдателя нет других возможностей воспринимать пространство. Если такая система перейдет к случаю (рис. 54б), когда возникают токи конвекции, то по характеру вращения (по часовой стрелке или против) он определит ячейку V_a или V_b .

Возникает вопрос, каков же механизм согласованного (синергетического) взаимодействия молекул на расстояниях, в десятки миллионов раз превышающих расстояния межмолекулярных взаимодействий?

В конце 80-х годов XX века этот процесс удалось смоделировать на компьютере. При одних и тех же условиях и при разности температур, соответствующей некоторому критическому значению $\Delta T = \Delta T_{кр}$ всегда возникала конвекционная картина, в которой ячейки вращались в разные стороны (рис. 54б). Однако, убедительно ответить на вопрос, кто выполняет роль «дирижера» в этом «танце», пока не удалось.

Можно было бы привести и другие примеры, когда совокупность частиц превращается в систему, имеющую

свойства, связанные с конвективным взаимодействием. Этот эффект можно представить количественно в виде зависимости потока теплоты q Вт/м от разности температур ΔT на пластинах. При $\Delta T > \Delta T_{кр}$ происходит резкий излом этой зависимости, в системе начинается структурообразование, появляются конвективные ячейки, и тепло нижней поверхности начинает интенсивно переходить к верхней (рис. 55a).

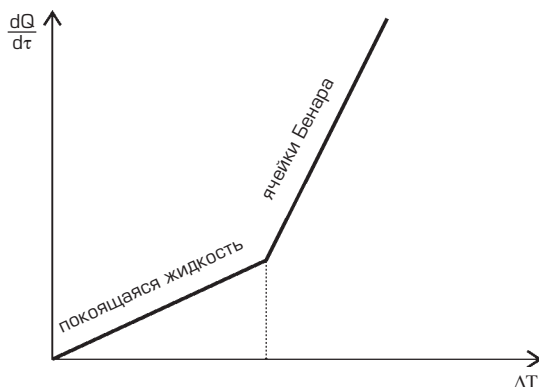


Рис. 55. Зависимость теплового потока $q \frac{Дж}{м^2с}$ от разности температур ΔT между пластинами.

В этих условиях жидкость начинает более интенсивно экспортировать энтропию.

До этого отток энтропии ($\Delta_e S$) компенсировался ее производством ($\Delta_i S$) за счет внутреннего трения и теплопроводности. После перехода точки $\Delta T_{кр}$ отток энтропии начинает существенно превосходить ее производство, и в системе возникают новые структуры: у совокупности частиц возникают новые свойства, отсутствующие у ее элементов. Эти свойства называют свойствами кооперативности, или когерентности.

Эффект Бенара можно также наблюдать в следующем опыте: в неглубокий сосуд помещают растительное или си-

ликоновое масло и равномерно подогревают его снизу. Возникает разность температур между верхней и нижней поверхностями масла. При $\Delta T > \Delta T_{кр}$ возникает конвекция и в жидкости появляются правильные гексагональные ячейки (рис. 55б), то есть опять возникает порядок [45, 80, 82, 85, 87].

Турбулентность

Проанализируем еще раз процесс переноса теплоты между нагретыми пластинами и зададимся вопросом, что произойдет в случае, когда порог структурирования $\Delta T = \Delta T_{кр1}$ превышен, а разность температур продолжает возрастать.

Опыт показывает, что при некотором значении $\Delta T > \Delta T_{кр1}$ ячейки Бенара продолжают существовать, однако, некоторые их характеристики начинают меняться. Оказывается, что после перехода через второе критическое значение $\Delta T_{кр2}$ возникает новый, так называемый турбулентный, режим. Он характеризуется тем, что параллельное течение жидкости в валах (ламинарный режим) начинает размываться и переходить в неупорядоченное вихреобразное перемешивание (турбулентный режим). Особенности турбулентного режима можно наглядно продемонстрировать на примере обтекания шара или цилиндра.

Рассмотрим цилиндр, ось которого перпендикулярна скорости v движущейся жидкости. На рис. 56а схематически показаны линии тока жидкости при малой скорости ее движения. Характер этих линий зависит не только от скорости, но и от кинематической вязкости $\nu = \mu/\rho$ (μ — вязкость жидкости, ρ — ее плотность) и от диаметра d цилиндра. Эти числа объединяют в безразмерный комплекс Рейнольдса $Re = \frac{vd}{\nu}$, который более полно, чем одна скорость, описывает картину обтекания цилиндра жидкостью. Итак, при малых числах $Re \leq 20$ линии тока стационарны, то есть не меняются со временем. Но после того, как скорость превысит некий порог, в следе за цилиндром появляются рециркуляционные

вихри (рис. 56б). Стационарный режим исчезает, уступая место цепочке вихрей, вращающихся попеременно то в одну, то в другую сторону. Это явление носит название вихревой дорожки Бенара–Кармана. На рис. 56 изображена эволюция вихрей для различных значений $20 \leq Re \leq 10^6$. При $Re > 20$ появляется пара вихрей, при $Re > 10^2$ вихри осциллируют. При еще более высокой скорости ($R > 10^6$) появляется нерегулярная картина — турбулентный поток. В последней можно также усмотреть появление новой картины самоорганизации — порядка в хаосе.

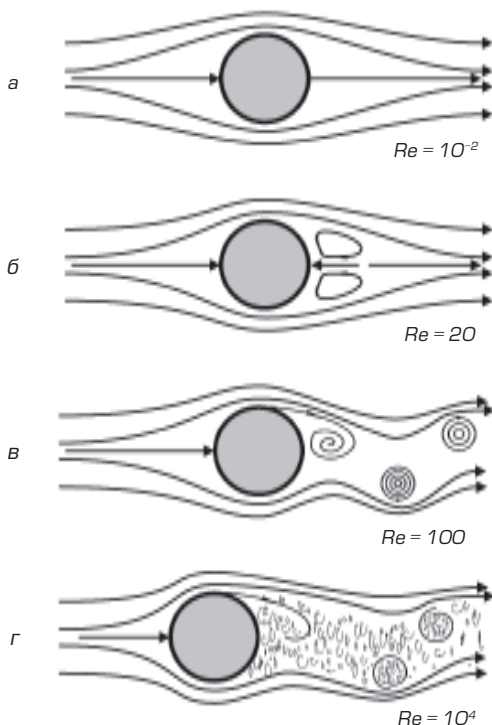


Рис. 56. Рождение турбулентности при обтекании шара потоком жидкости:

а — ламинарное течение; б — появление отдельных вихрей в кормовой части; в — развитие вихрей; г — развитая турбулентность.

Подобные периодические явления носят универсальный характер: след Бенара—Кармана можно обнаружить в структуре облаков, создаваемых ветром над городом, за Большим красным пятном на Юпитере [45, 80, 84].

Лазер – нелинейная самоорганизующаяся система

Лазер является весьма распространенным прибором. В XX веке его стали широко применять в различных областях науки и техники. Не будем вдаваться в особенности устройства этого прибора и происходящие там физические процессы, а лишь опишем на простом примере рубинового лазера схему его работы [45, 87].

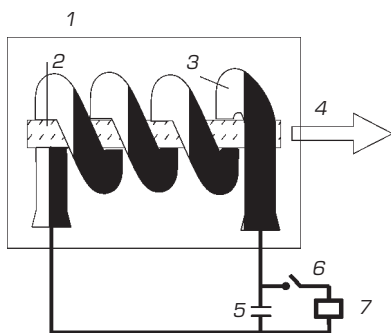


Рис. 57. Схема рубинового лазера:

1 — корпус; 2 — рубин; 3 — ксеноновая лампа накачки; 4 — излучение; 5 — конденсатор; 6 — ключ; 7 — источник постоянного напряжения.

В корпусе 1 помещен рубиновый стержень 2, на одном конце которого имеется зеркало, а на втором — полупрозрачное зеркало 4 (рис. 57). При разряде ксеноновой лампы 3 освещается рубиновый стержень, и ее излучение поглощается рубином; этот процесс называется «накачкой» лазера. Процесс разряда осуществляется по следующей схеме: при замыкании ключа 6 от источника питания 7 заряжается конденсатор 5; при разрыве этой цепи происходит разряд конденсатора, импульсное излучение ксено-

новой лампы, и определенные длины волн поглощаются рубиновым стержнем. Излучение, поглощенное атомами рубинового стержня, как бы заряжает их дополнительной энергией и переводит в неустойчивое состояние. При возвращении к устойчивому состоянию происходит излучение рубинового лазера, но уже на другой длине волны. При ограниченной мощ-

ности накачки лазер работает как газоразрядная лампа, то есть поглощение и излучение рубина происходит беспорядочно в разных длинах волн и в разные моменты времени (рис. 58). При некотором критическом значении мощности (рис. 59) резко возрастает мощность лазерного излучения, оно соответствует одной длине волны и протекает в одной фазе. Происходит согласованное кооперативное излучение волн, осуществляется переход от режима лампового излучения к лазерному режиму (когерентное излучение), в котором множество атомов излучает на одной длине волны и в одной фазе.

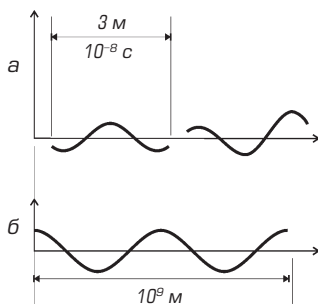


Рис. 58. Волновые цуги, испускаемые газоразрядной лампой (а) и лазером (б).

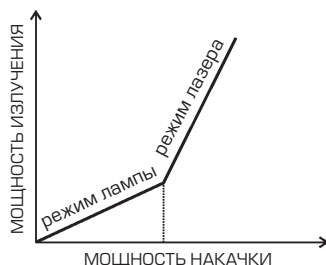


Рис. 59. Зависимость мощности излучения от мощности накачки.

Иными словами, атомы, ранее испускавшие волны хаотично и независимо, начинают испускать один громадный по длине цуг волн, совершающий как бы одно коллективное движение. В этом состоит сущность кооперативного процесса и происходящей самоорганизации.

До разработки лазера в 1960 году все доступные человечеству источники излучения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра были некогерентны. Отметим особенности лазерного излучения:

- монохроматичность (одна-единственная длина волны);
- высокая временная и пространственная когерентность (излучение происходит в одной фазе);

- большая интенсивность; узость пучка (низкая расходимость) — например, на расстоянии от Земли до Луны в 360 000 км расширение пучка составляет всего 3 м.

Генерация когерентных излучений произвела революцию в науке и технике. Было показано, что это явление можно рассматривать как своего рода процесс самоорганизации, возникающий при неравновесных условиях.

Реакция Белоусова–Жаботинского

Замечено, что вдали от равновесия могут возникать не только пространственные, но и временные структуры. Появление колебаний и волн было обнаружено в химических диссипативных системах. Особенно ярко этот эффект проявился в так называемой реакции Белоусова–Жаботинского: в стакан налита некая розовая жидкость, из пипетки в него капают другую, бесцветную. Спустя минуту раствор в стакане становится голубым, еще через минуту жидкость вновь окрашивается розовым и так далее (рис. 60). Возникают как бы химические часы. Это явление было открыто в 1951 году химиком-экспериментатором Б. П. Белоусовым, заведующим лабораторией в институте Биофизики АН СССР. Позднее, в 1959 году научный сотрудник того же института А. М. Жаботинский детально изучил эту реакцию и дал ее качественное объяснение. Математическое

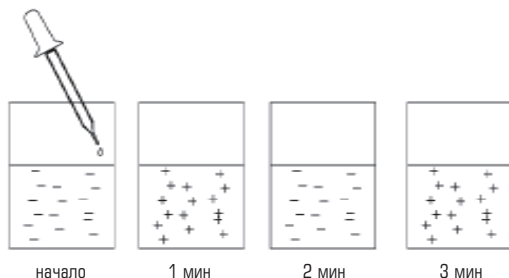


Рис. 60. Схема реализации химических часов.

моделирование подобных процессов в 1970 году провел в Англии профессор Тьюринг. За совокупность исследований реакций рассматриваемого типа Б. П. Белоусов и А. М. Жаботинский были удостоены в 1980 году Ленинской премии [45, 87].

Вернемся к дальнейшим работам Б. П. Белоусова, А. М. Жаботинского и их последователей. Смена цветов в стакане продолжается длительное время: розовый, голубой и так далее с периодичностью, равной одной минуте (рис. 60). Периодический процесс прекращается в конце концов из-за необратимости расходования бесцветной жидкости (бромноватой кислоты).

Жаботинский описал широкий класс химических волновых явлений, в которых наблюдалась пространственно-временная упорядоченность. При этом были реализованы как одномерные реакции в тонких трубках, так и двухмерные процессы (тонкие слои раствора между пластинами).

На рис. 61 показано развитие волны при плоской реализации явления. Сначала (а) возникает центр 1 изменения окраски, он появляется из-за локальной флуктуации концентрации; одновременно (б) возникают и новые концентрационные центры 2 и 3, последние потом могут быть поглощены (в) волнами от центра 1 и способствовать развитию (г) волновой концентрационной структуры 4. Возможен вариант (д и е) появления более сложной картины от многих начальных центров.

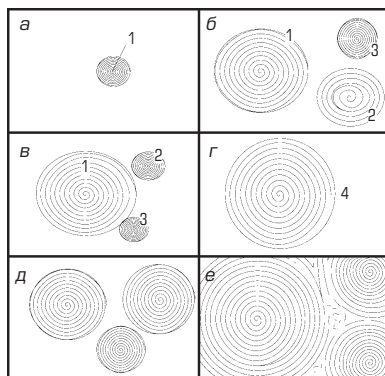


Рис. 61. Последовательные кадры волновых химических процессов в тонких стеклах:

- а — появление ведущего центра;
- б — несколько центров; в — рост центра 1 за счет 2 и 3;
- г — возникновение суммарного центра;
- д и е — дальнейший ход процесса.

Можно показать, что пространственно-временная устойчивость поддерживается за счет оттока энтропии из системы. При этом могут образовываться спиральные волны, они носят название *ревербераторов*. Такого типа образования довольно часто встречаются в биологических системах, например, в строении лишайников. Большой вклад в изучение этих процессов внес бельгийский физик И. Пригожин, который в Международном институте физики и химии установил связь между физико-химическими процессами в открытых неравновесных системах и биологической упорядоченностью [80, 81].

Основное внимание в синергетике уделяется анализу нелинейных процессов развития. Заметим, что ранее (в период индустриальной цивилизации) основные результаты были получены для систем, находящихся в условиях, близких к равновесию. Такие системы однозначно реагируют на сильные возмущения, возвращаясь к состоянию равновесия. Математический аппарат был приспособлен для обслуживания систем, эволюция которых протекает довольно спокойно, в математике господствовали линейные уравнения.

Но при удалении таких систем от состояния равновесия, при обмене их с окружающей средой энергией, веществом и информацией (открытые системы) положение кардинально меняется. Мы переходим в иной мир, где господствует неустойчивость, малейшие флуктуации не гасятся, а начинают расти, образуя новые структуры, возможна перестройка всей системы и ее поведения, то есть сценарии эволюции становятся неоднозначными. В таких системах возможны эффекты согласования, когда частицы как бы устанавливают связь друг с другом на больших расстояниях, значительно превышающих, например, действие межмолекулярных сил.

Такое кооперативное согласованное поведение можно встретить в системах, образованных из молекул, клеток, нейронов, социальных групп и так далее. Это поразительное явление приводит к образованию высокоупорядоченных структур из зародышей, находящихся в хаотическом

состоянии. Исследование процессов эволюции, приводящих к такому состоянию, проводится в синергетике.

Мне кажется, что здесь уместно будет привести определение системы, данное физиологом П. К. Анохиным: «Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимное действие и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов на получение фиксированного полезного результата». Иными словами, в этом определении заложено свойство синергетичности элементов [88].

Единство процессов самоорганизации в Природе

Картина мира, диктуемая классической наукой, ведет свое начало от лапласовского детерминизма. Она исключает случайность как нечто внешнее, несущественное. Процессы в мире представляются ею как обратимые во времени, предсказуемые и ретросказуемые на необозримо большие промежутки времени; эволюция рассматривается как процесс, лишенный отклонений, возвратов, побочных линий. Все это, по замечанию Пригожина, выглядит почти как «карикатура на эволюцию» [80].

Синергетика создает новый образ мира. Она основана на идеях **системности и целостности** мира, то есть в ней присутствуют идеи общего закона, общего пути, которому следует как весь мир в целом, так и человек в нем. В ней рассматриваются общие законы развития всех уровней, не только материальных, но и духовных. Синергетика связывает хаос и порядок. Такой подход, я бы даже сказал, такое мышление характерно для Востока. У Запада же взяты традиции анализа, опыт, математическое моделирование и другое. Заимствован также общий принцип познания, который начинается с качественного описания процесса, затем с помощью фундаментальных идей и законов устанавливаются количественные связи на семантическом уровне, а вершиной познания счи-

тается математическое моделирование процесса. Синергетика изучает преимущественно нелинейные процессы, которые для своего описания требуют использования нелинейных уравнений, имеющих несколько решений. Множеству решений соответствует множество путей эволюции, отсюда многовариантность и альтернативность путей эволюции, ее необратимость. Нечто подобное рассматривается в науке об информации. Заметим, что отдельные выводы синергетики и теории информации перекликаются (см. главу 16).

Русский естествоиспытатель В. И. Вернадский ввел весьма емкое понятие «эмпирического обобщения». Это субъективная интерпретация познаваемого, то есть доступного наблюдению; либо же некоторое утверждение, которое не противоречит нашему опыту [61].

Большое число наблюдателей и инструментария, конечно, приводит к самым разным пониманиям и толкованиям, к спорам. Но это не так уж и плохо. Совокупность умов — коллективный интеллект — дает некоторый общий вектор, приближает нас к многомерному представлению картины Мира.

В основе построения современных взглядов на Природу лежит утверждение (эмпирическое обобщение): Вселенная (Мир, Природа) представляет некую единую систему, то есть все ее элементы так или иначе связаны между собою, и человек является неотъемлемой частью этой системы.

При изучении свойств конкретного объекта исследователь сталкивается с проблемой выделения объекта, его локализации. При обычном ходе исследования объект рассматривается как объективная реальность, существующая независимо от наблюдателя.

Можно взглянуть и по-иному: все то, что доступно нашему наблюдению, представляет собою систему, а значит и **наблюдатель тоже принадлежит этой системе, как ее элемент.**

Заметим, что изучение системы Вселенная происходит изнутри, и наблюдениям доступно лишь то, что доступно.

Эти замечания по-новому определяют место исследователя и его возможности познания мира. Постороннего

наблюдателя просто не существует, это — абстракция, которая далеко не всегда справедлива. Иными словами, **принципиально невозможно отделить исследователя от объекта исследования**. Из этого положения следует вывод, что нет ни Абсолютного наблюдателя, ни Абсолютной истины [43, 44].

Схема эволюционного процесса

Ранее мы рассматривали универсальную схему эволюционного процесса (рис. 1). На начальном этапе развития (отрезок AB) происходит медленное изменение свойств системы. Ситуация предсказуема с точностью до случайных флуктуаций — шумов, не меняющих характера развития. В какой-то момент B (точка бифуркации) или внешние воздействия достигают критического значения или происходит накопление и объединение внутренних воздействий, при которых параметры системы начинают быстро изменяться; ранее стабильное состояние теряет устойчивость и возникает возможность разных путей развития BC , BD , $BE...$ Неустойчивость при этом означает, что флуктуации перестают быть просто «шумом» и превращаются в фактор, направляющий глобальную эволюцию системы. Теми же событиями, теми же флуктуациями вполне можно пренебречь, если система устойчива, но они могут стать существенными для неустойчивой системы.

Среди различных ветвей эволюции после точки бифуркации B есть траектория (или достаточно узкий коридор траекторий), которая отличается сравнительно долгой устойчивостью и как бы притягивает к себе все множество траекторий систем с разными начальными состояниями. Эти траектории носят название аттракторов (это слово можно перевести как «цель»). Если система попадает в этот коридор (конус) траекторий, то она неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию. Аттрактор можно также определить как асимптотический предел

(спустя бесконечный промежуток времени $\tau \rightarrow \infty$) решений, предел, на который не оказывают прямого влияния начальные условия. Математическое описание процессов в таких системах требует применения нелинейных уравнений. Из-за вероятностного характера бифуркационных процессов эволюция не может иметь обратного хода. Это приводит к необратимости не только эволюции, но и времени.

В заключение подчеркнем, что случайность — это творческое, конструктивное начало Природы, способное вывести систему на аттрактор, на одну из новых собственных структур среды, которая отвечает ее внутренней тенденции.

И. Пригожин и Н. Н. Моисеев сформулировали принцип эволюции систем: **если законы сохранения (материи, энергии, импульса) допускают несколько равновесных состояний (решений), то реализуется состояние движения, которому отвечает минимальный рост энтропии.**

Изложим общую схему эволюционных процессов, справедливую для всех трех уровней организации материального мира — неживой (косной) материи, живого вещества и общества. Замечательно, что процессы эти в силу естественных законов развития направлены в сторону усложнения организации Природы и роста разнообразия ее форм (морфогенеза). Для описания процесса самоорганизации удобно использовать язык дарвиновской триады: **изменчивость, наследственность, отбор.**

Новые качественные особенности системы появляются благодаря **изменчивости**. Последняя вызывается стохастичностью, случайными изменениями в системе, возникновением флуктуаций. Приведенные термины несколько отличаются по содержанию, но все они пригодны для выявления причины того явления, которое называют изменчивостью.

Далее в мире царствуют принципы **отбора**, позволяющие выбрать из возможных виртуальных состояний некоторое множество допустимых. К числу правил отбора, прежде всего, относятся законы сохранения, закон роста энтропии в изолированной системе и некоторые другие. Иными словами, законы отбора — это законы физики, химии, био-

логии, законы общественного развития, которые из виртуальных движений **отбирают** те, что мы наблюдаем.

Во Вселенной господствует наследственность; настоящее и будущее зависят от прошлого.

Принципы отбора допускают существование бифуркаций, то есть возможен переход объекта во множество новых состояний. Это приводит к принципиальной непредсказуемости эволюции.

Последние эмпирические обобщения практически совпадают с дарвиновской триадой — изменчивость, наследственность, отбор. Подчеркнем, что приведенные эмпирические обобщения справедливы для процессов, протекающих в **неживой, живой природе и в обществе**.

В развивающейся системе всегда существует зависимость от прошлого, то есть от него зависят как настоящее, так и будущее. Эту зависимость можно условно назвать **наследственностью** системы, она связана с **памятью**. Память, как правило, ограничена, но можно привести примеры крайних состояний, то есть бесконечную и нулевую память. В детерминированных системах память бесконечна: здесь настоящее определяет будущее, а прошлое — настоящее. Например, движение планет и вообще небесная механика — система с бесконечной памятью, хотя бы на конечном интервале времени.

Малая память характерна для турбулентных потоков и вихрей — по заданному распределению вихрей в турбулентном потоке нельзя нарисовать картину предшествующего состояния. Для этих случаев память приближается к нулю. Пример системы с ограниченной памятью — погода. Она «помнит» свое предшествующее состояние не более двух-трех недель.

Новая тенденция управления. Память системы

В реальных системах резонансное, пусть даже слабое, воздействие приводит к большему эффекту, чем сильное, но не согласованное с системой.

Традиционный («линейный») взгляд на проблему управления сводится к тому, что чем больше вложишь (энергии, материальных средств, нервов и так далее), тем больше отдача.

Синергетика преподносит нам новый подход к проблеме управления: чрезмерная централизация может привести к непредсказуемым последствиям, к кризису, так как существует много путей развития системы, и она стремится выйти на один из аттракторов. Если есть алгоритм выхода на аттрактор, сохраняются время, усилия и прочее. В резонансном воздействии важна не величина, не сила управления, а его правильная пространственная организация, «архитектура». Надо раздражать, «укалывать» среду в нужное место и время, топологически согласованное с ее собственной структурой.

«Следование естественности», «ненасилие над природой вещей» — вот принципы синергетики. Надо не строить и перестраивать, а выводить, инициировать социальные системы на собственные механизмы развития. Отсюда следует, что:

- необходимо учитывать личность и не увлекаться жестким планом и командами;
- важно помнить о роли многообразия интересов, устремлений личностей и групп.

Общественный прогресс стимулируется, питается своеволием и эгоизмом индивидуумов, корыстью, хаотичностью, неповторимостью, личностной окрашенностью их интересов. Если все члены общества станут вдруг добродетельными, то их организация приведет к упадку и запустению. Но разнонаправленность, хаотичность поведения, связанная с их подвижностью, приводит к прогрессу.

Итак, хаос — необходимое условие для вывода системы на аттрактор, на собственную устойчивую тенденцию к развитию. Приведем слова И. Пригожина по этому поводу: «Все, чем отличается этот мир от серого, однородного хаоса, возникло и существует вследствие оттока энтропии в окружающую среду. Отрицательной энтропией питается

все живое и все созданное жизнью, а значит, наука и искусство. Человек творит отрицательную энтропию, создавая новую, незаменимую информацию» [45, 80, 87].

Важным следствием из эмпирических обобщений является утверждение, что стохастичность и бифуркации приводят в процессе эволюции к непрерывному росту форм мира — морфогенезу. Природа дает возможность появиться новым формам организации материи, эти формы как бы потенциально ею заготовлены, но детали процесса непредсказуемы.

И напоследок приведем три ключевых слова, которые достаточно полно определяют смысл синергетики: **открытость**, **когерентность**, **нелинейность**. Прежде всего синергетические свойства могут проявляться в открытых системах, которые обмениваются с окружающей средой материей, энергией и информацией. Далее, такие системы проявляют свойство когерентности, когда отдельные ее элементы действуют синхронно, согласованно друг с другом. И, наконец, описание подобных систем осуществляется с помощью нелинейного математического аппарата.

Выше мы привели ряд синергетических систем и косного мира. В живом и социальном мире синергетические системы превалируют, в дальнейшем мы подробно рассмотрим ряд примеров из области социального мира.



Глава 15

ЭВОЛЮЦИЯ ОБЩЕСТВА

Механизм Рынка

Остановимся на понятии механизма Рынка (с большой буквы). В процессе самоорганизации происходит непрерывное разрушение существующих структур, которые дают материал для возникновения новых. Среди них возможно появление более сложных. Процесс эволюции состоит как в совершенствовании новых структур, так и, в большей степени, замены «стабильных» более «стабильными», то есть более приспособленными к изменившейся обстановке [43, 45].

Появление новых структур — следствие стохастического начала. Это творчество Природы происходит на всех этапах системы. Закрепление новых форм есть следствие их конкуренции, то есть отбора. В этом состоит механизм Рынка. Не следует путать понятие «Рынок» (с большой буквы) с широко используемым ныне термином «рынок». Рынок в обобщенном смысле подразумевает не только обмен продуктами материального труда, но также и услугами, идеями, научной информацией. Такой обобщенный Рынок является саморегулятором социальных процессов. При их анализе весьма важно определить механизм отбора.

Обратим внимание на то, как поддерживается стабильность системы типа биоценоза или экономической системы. Происходит это, в основном, вследствие выбывания

менее совершенных элементов и замещения их новыми, возникшими в процессе самоорганизации. В технических же системах стабильность поддерживается за счет стабильности элементов системы. В этом отличие технических систем от природных, где происходит разрушение менее стабильных элементов и их замена. Так Природа обеспечивает стабильность систем, живущих в изменяющейся среде, без четко заданной программы своего совершенствования.

То же происходит и на Рынке, где непрерывно заменяются одни элементы системы на другие, более приспособленные к изменившейся обстановке.

Повторим, что среди этих новых форм организации появляются все более сложные: рост разнообразия сопровождается увеличением сложности.

В рамках единого эволюционного процесса на каком-то этапе возник разум Человека, он непрерывно совершенствуется и превращается в разум Человечества. Что будет дальше, пока предсказать невозможно.

Выше была описана общая схема универсальной эволюции на всех этажах Системы. Процесс самоорганизации, несмотря на его стихийность, обладает направленностью: растет разнообразие форм организации, сложность структур, объем информации, с помощью которой они могут быть описаны.

Механизмы кооперации. Редукционизм и холизм

Остановимся на тех тенденциях в эволюции, которые ведут к объединению. Назовем их проявление механизмом кооперации. Проявление кооперативности наблюдается уже на уровне неживой природы, в живой они играют существенную роль: одноклеточные существа объединяются в многоклеточные. В обществе кооперативность занимает особое место.

Объединения элементов в системы условимся называть (по предложению академика Н. Н. Моисеева) «механизмами сборки». Кооперативные механизмы приводят к новым организационным структурам, обладающим системны-

ми свойствами. Как правило, свойства систем невыводимы из свойств элементов. Нельзя, например, предсказать поведение толпы, зная все о каждом составляющем ее человеке. Системные свойства зависят от структуры связей и количества элементов. Свойства толпы проявляются, когда число составляющих ее лиц приближается к критическому.

Алгоритмы «механизмов сборки» далеко еще не ясны и, по-видимому, носят характер фундаментальных законов.

Одним из простейших «механизмов сборки» можно считать подход, получивший название **редукционизма**: свойства системы можно вывести, зная свойства составляющих ее элементов и законы взаимодействия между ними.

Широкое использование этого принципа в науке привело к замечательным результатам. Первой успешной попыткой реализации идей редукционизма является «небесная механика», созданная Лапласом.

Метод редукционизма предполагает также возможность замены реального сложного явления сильно упрощенной моделью, построение которой наглядно демонстрирует искусство исследователя.

По замечанию академика Н. Н. Моисеева, классический рационализм и идеи редукционизма, сводящие изучение сложных систем к анализу отдельных ее составляющих, являются важнейшим этапом в истории не только науки, но и цивилизации. Но эти подходы оказались не универсальными: формирование коллективного поведения и коллективного сознания подчиняются, как выше указывалось, иным законам, требуют другого методического подхода. Последний получил название холистического (целостного). Иногда для его описания применяется термин «синергетический» [43, 44].

«Рынок» с большой и «рынок» с маленькой буквы

Рынок (с маленькой буквы) в обычном экономическом или житейском смысле — это инструмент распределения. Он

представляет собой частный случай Рынка (с большой буквы), который создан Природой и служит для сопоставления «качества» различных форм организации материи и их отбраковки. Он определяет развитие косной, живой материи и общественных структур.

В самом общем смысле слова рынок — реализация общих принципов самоорганизации материального мира в производственной и торговой сфере. В развитии общества рынок сыграл выдающуюся роль.

В начале XIX века английский экономист Дэвид Рикардо (1772—1823) начал изучать рыночные отношения и сформулировал закон стоимости для рынка товаров в том случае, когда количество продавцов и покупателей велико. Оказалось, что рынок формирует такую петлю отрицательной обратной связи, при которой **возникает стремление цены товара к его стоимости, т. е. к общественно необходимым затратам труда** (рынок Рикардо).

При относительной слабости монополий этот рынок является удовлетворительной моделью рыночного механизма.

Вернемся к понятию «Рынок», который способен поддерживать равновесие системы за счет конкуренции ее элементов, их борьбы за ресурсы (условия). В процессе конкуренции часть элементов погибает и замещается новыми, более соответствующими этим условиям. Таким образом, Рынок выступает в качестве сложнейшей, иерархически организованной системы, постоянно бракующей старые свои структуры и замещающей их новыми, непрерывно нарождающимися. Весь процесс самоорганизации материи можно представить себе как функционирование грандиозного рыночного механизма: существует множество правил, по которым этот механизм действует, и все они нацелены на то, чтобы выбраковывать различные виртуальные структуры и пути дальнейшего развития. Любая попытка заменить эту схему в соответствии со своими личными, субъективными критериями, заведомо обречена на провал. Однажды она будет неизбежно отбракована Рынком.

Рынок отбирает далеко не самое лучшее и перспективное, он безжалостен и слеп, ему не дано предвидеть эволюционные тупики. Утверждение на Земле популяции *Homo sapiens* произошло без какой-либо определенной цели. Рынок непрерывно развивается: правила отбора множатся и усложняются.

Принципиально важно то, что в эволюции существует путь многократного сокращения временных затрат и материальных усилий. Это путь резонансного возбуждения, реализующий желаемые структуры в соответствующей социальной среде. В живой Природе выход на нужные структуры путем матричного дублирования посредством ДНК многократно сокращается. Этот механизм также можно отнести к резонансному возбуждению [43—45].

Разум и Рынок

На определенном этапе эволюции Рынка в него включается разум Человека. Рассмотрим его возможности.

Механизм Рынка сохраняет и дальше свое место в эволюции биосферы, так как нет другого механизма в самоорганизующейся Вселенной. Но разум Человека вносит в работу Рынка качественно новые элементы. До появления Человека Рынок осуществлял отбор по способности претендентов адаптироваться к внешним условиям. При этом не учитывались тенденции изменений условий. Такой Рынок слеп, а особенность разума состоит в том, что он способен предвидеть особенности развития, его тенденции, предсказать сценарии эволюции.

Таким образом, включение разума усовершенствует структуру обратных связей, в нее вводятся производные (тенденции), то есть замена статистических обратных связей динамическими. Но основная особенность Рынка — непрерывная замена менее совершенных структур более совершенными — сохраняется. Рынок остается Рынком, но с некоторым горизонтом предвидения, за которым скрываются детали

возможного развития. Человеку трудно предугадать ход событий, но дано предвидеть опасности в ближайшем будущем и сформулировать систему запретов. Рынок отбирает решения, отвечающие наилучшим образом сиюминутной ситуации, и разворачивает процесс истории в ту или иную сторону.

В кризисных условиях гражданское общество, его институты, государство берут на себя бремя обязанностей. На механизм рыночного развития набрасывается «узда» разума. Но при этом важно не «перегнуть палку», памятуя, что обществу всегда грозят две беды — тоталитаризм и хаос. Необходимо найти оптимальные меры государственного воздействия. С одной стороны, нельзя скатиться к тоталитаризму — чрезмерной регламентации развития, встать на путь рабства и сопутствующего ему застоя и деградации общества. С другой стороны, обществу грозит хаос — трата сил, и в конечном итоге — также застой и деградация. Здесь Разум проявляется в подборе таких воздействий на общественное развитие, при которых механизмы Рынка работают в нужном для всех нас направлении.

В 1929 году неожиданно разразился кризис на бирже Нью-Йорка. За ней начали рушиться и другие биржи. Вследствие этого волна банкротств прокатилась по всему капиталистическому миру, и существующая система рыночных отношений оказалась перед угрозой развала. Люди не чувствовали приближения угрозы, регулярные спады и взлеты деловой активности казались естественными. Но на самом деле умирала эпоха «дикого капитализма», эра Клондайка, «дикого рынка», Рынка без Разума. Несоответствие производства и потребления перешло возможные границы, и рыночные механизмы регулирования перестали действовать.

В этой ситуации трижды избиравшийся на свой пост президент США Теодор Рузвельт предложил и реализовал государственную жестко управляемую программу использования финансовых, людских, производственных ресурсов страны. Эти мероприятия позволили в течение нескольких лет преодолеть кризис, не разрушая свободы частного предпринимательства.

Можно привести еще целый ряд удачных политико-экономических решений. Это и экономическая политика Эрхарда в Западной Германии, и «экономическое чудо» Японии, и удивительные взлеты Тайваня и Южной Кореи. Подобные успехи были результатом целенаправленных действий правительств этих стран, умело воздействующих на рыночные отношения [43, 44].

Эволюция и экологические кризисы

Понятие **биосфера** введено в науку в конце XIX века и связано с учением об оболочках Земли, верхняя из которых и является биосферой. В начале XX века в трудах академика В. И. Вернадского было сформулировано учение о биосфере как о **динамической системе**, участвующей в развитии живого вещества и его взаимодействии с земной оболочкой. Биосфера включает в себя атмосферу, гидросферу и ту часть твердой поверхности Земли, в которой обитает живое вещество и продукты его жизнедеятельности [61].

На протяжении всей истории планеты сложность биосферы как системы непрерывно возрастала. При этом далеко не все составляющие биосферы развивались непрерывно, некоторые экосистемы (биоценозы) останавливались в своем развитии, а затем деградировали и гибли, не выдержав конкуренции. Вместо них в борьбу вступали другие формы жизни. Биосфера в своем развитии является практически неустойчивой системой. Очень важно найти критерии хотя бы в какой-то степени устойчивого развития того или иного вида биоценоза (полностью устойчивым это развитие, исходя из сформулированных выше правил, в принципе не может быть).

В качестве примера рассмотрим два таких состояния системы «Земля», а именно: мезолитическая и неолитическая революции, произошедшие на ней.

Первая из них началась в эпоху палеолита, тянулась десятки тысяч лет и закончилась накануне неолита. Напомним, что палеолит относится к древнему каменному веку,

хронологические границы палеолита 3 млн—10 тыс. лет до н. э. Эта эпоха подразделяется на древний (нижний), средний (мезолит) и поздний палеолит (неолит); на протяжении этого времени человеческое общество прошло путь от первобытного стада к матриархально-родовой общине. В эпоху неолита впервые появляется глиняная посуда, начинается зарождаться земледелие и скотоводство. В эпоху мезолита произошла кардинальная перестройка процесса эволюции Человека: от рядового представителя животного мира он перешел к некоторой общественной организации; появилось понятие нравственности.

Развитие техники обработки камня и кости, овладение огнем выделили человеческие существа среди животных. Возникла потребность более высокой формы обучения и формирования коллективного поведения, так называемой коллективной памяти. Коллективная память и механизм обучения в стаде построены по принципу «делай как я». Этот принцип позволяет сохранить ограниченный набор сведений, однако нарождающемуся обществу требуется больше — необходимо сохранять умельцев, знатоков и передавать знания другим поколениям.

Механизм естественного отбора мог попросту смести этих умельцев и учителей, так как в большинстве своем они не обладали бойцовскими качествами. На этом этапе антропогенеза и стали появляться табу на уничтожение таких лиц, так как это могло нарушить сохранение знаний, интеллектуального начала популяции. Среди этих табу особое место занял принцип «Не убий!». Общество (семья, первобытное стадо) начало брать под защиту умельцев, учителей и мудрецов. Этот запрет вошел в жизненные нормы всех племен и народов, то есть практически ознаменовал исчезновение внутривидовой борьбы.

Произошел скачок: затухание внутривидовой борьбы перевело эволюцию Человека на новые рельсы, организменный отбор как бы уступил место надорганизменному. Те племена, которые не сумели перестроиться, исчезли с лица Земли, ибо Рынок беспощаден.

Дальнейшая эволюция вида *Homo Sapiens* лежала в плоскости общественной организации племен. Утверждение принципа «Не убий!» привело к новой форме коллективной памяти, способной запоминать и передавать потомкам большие массивы информации.

В результате возник институт, который академик Н. Н. Моисеев называет «Учитель», сыгравший особую роль в истории человеческого рода.

Итак, создание коллективной памяти, сложно организованного коллективного интеллекта, развитие коммуникаций между индивидуумами — революционный шаг в эволюции *Homo Sapiens*. Это ключевой момент утверждения основ нравственности. Тогда-то и зародился феномен, который иногда называют духовной жизнью. Если бы эволюция не пошла по такому пути, человек извел бы себя во внутривидовой борьбе. Однако он «предпочел» чисто биологическому развитию общественные формы существования, то есть формирование коллективного интеллекта при развитии индивидуальности.

Но, выделившись из живого мира характером своей эволюции, в остальном Человек принадлежал и принадлежит сейчас к животному царству, так как он еще не изменил круговорот веществ в Природе.

Неолитическая революция произошла в начале неолита и многократно ускорила развитие общества. В это время появились луки, копья, более совершенное каменное оружие, развились методы коллективной охоты. Охотничий азарт привел к уничтожению мамонтов и крупных копытных, которые составляли основу рациона людей. Убивали больше, чем было необходимо для пропитания.

Тогда-то впервые и возникла «проблема Мальтуса», намечился первый глобальный экологический кризис, охвативший многие континенты. Человечество оказалось на грани катастрофы. Но люди вышли победителями, изобретя земледелие и скотоводство. В дальнейшем это привело к появлению частной собственности, неизвестной ранее в живом мире. Частная собственность оказалась мощным стимулом в развитии цивилизации.

Обладая землей и скотом, Человеку стало легче обеспечивать свое выживание, кроме того, у него появился дополнительный продукт, а это привело к новым целям и интересам. Возник новый тип производственных отношений. С появлением частной собственности возникают новые потребности и мощный стимул их удовлетворения. Неолитическая революция представляла собою бифуркационный процесс с непредсказуемым результатом — человечество могло бы пойти по иному пути, могло бы и исчезнуть вовсе.

С появлением земледелия и скотоводства Человек начинает все более активно перестраивать биосферу под свои нужды. До этого Человек, как и весь животный мир, вписывался в биосферу, теперь подчиняет ее под свои нужды. В Природе человечество видело источник неограниченных возможностей. «Стратегия Природы» и «стратегия Человека» не были согласованы, и это привело к тому, что мы снова оказались на пороге грозного экологического кризиса, а значит и новой бифуркации. Об этом предупреждали многие ученые, и сейчас ясно, что его не избежать. Нужно согласовать «стратегию Природы» и «стратегию Человека», т. е. прийти к общему плану развития, получившему название коэволюции.

Подчеркнем, что неотвратимость нового экологического кризиса все более осознается людьми, общественными организациями и правительствами, но к пониманию этого пришли, к сожалению, слишком поздно. Сейчас проблема заключается в том, чтобы смягчить и уменьшить последствия этого кризиса.

Развитие техногенной цивилизации, по-видимому, завершается упомянутой угрозой. Сейчас мы стоим на пороге нового периода истории — переходу к общей стратегии Человека и Природы, то есть к эпохе коэволюционного развития [43—45].

Признаки нового экологического кризиса

Заняв в эпоху неолита свою нишу и став в ней монополистом, человек пошел по пути ее разрушения, «покорения»

Природы. Биосфера не успевает справляться с результатами грандиозной, сравнимой по своим масштабам с геологической, деятельностью Человека. Существует много признаков, подтверждающих эту мысль.

Тепличный эффект. Он состоит в том, что солнечное излучение (короткие волны), проходя через атмосферу Земли, нагревает ее поверхность. При этом часть полученной энергии снова отдается окружающему пространству, но уже в виде длинноволнового излучения. Если небольшую площадь поставить под колпак, сделанный из стекла или полиэтиленовой пленки, через которые длинноволновое излучение не проходит, то оно начнет многократно отражаться. Это приведет к большему нагреву пространства под колпаком и самой поверхности Земли. Данное явление и представляет собою так называемый парниковый (тепличный) эффект. Роль колпака в масштабах Земли играют верхние слои атмосферы, в которых накапливаются газы, не пропускающие длинноволнового излучения Земли.

Антропогенные выбросы углекислого газа, метана, аэрозолей приводят к повышению средней температуры. Работы многих исследователей показали, что к середине XXI века из-за парникового эффекта заметно возрастет температура в полярных областях нашей Планеты, изменится ледовый покров, поведение районов с вечной мерзлотой, границы тундры и леса. Разность температур между полярной и экваториальной зонами уменьшится, а это приведет к изменению структуры атмосферной циркуляции. Опуская ряд промежуточных явлений, остановимся на результате этих глобальных процессов: резко расширятся области пустынь и полупустынь, продуктивность основных житниц Планеты — степей Евразии, Средиземноморья, кукурузного пояса Северной Америки — заметно сократится (примерно на 20—25%). Следует ожидать поднятия уровня Мирового океана, изменения границ тундры. Эти процессы затронут практически все северное полушарие Планеты.

Рост генетической неполноценности человечества. Сегодня каждый 700-й ребенок в силу

естественных мутаций рождается с заметными отклонениями от нормы. Раньше такие дети погибали, но успехи современной медицины позволяют им не только выжить, но и давать потомство. Давление социальных факторов (алкоголь и наркомания), перенаселенность городов, загрязнение воздуха и воды, миграции населения — все это приводит к размыванию генофонда, то есть к увеличению процента неполноценных особей. Возможно, уже к концу XXI века человечество подойдет к опасному порогу такого размывания генофонда.

Загрязнение Океана приводит к угнетению океанической флоры и фауны (биоты), следовательно, к сокращению пищевых ресурсов. Далее возникает сокращение испарения с морской поверхности, что ведет к изменению энергообмена между океаном и атмосферой.

Сокращение площадей тропических лесов и тайги — легких Планеты, вырабатывающих основную массу кислорода.

Уменьшение плотности озонового слоя может привести к увеличению жесткого ультрафиолетового излучения, попадающего на поверхность Земли, раковым и другим заболеваниям людей.

Проблема Мальтуса. Возникла проблема несоответствия между растущими потребностями человечества и уменьшением ресурса Планеты. Во времена Мальтуса речь шла о несоответствии роста населения и роста производства пищи. Но сейчас эта проблема расширилась и приобрела более грозный характер. Происходит опустошение кладовых углеводородного топлива, уменьшение плодородия почв и вывод их из строя. **Деградация природной среды приобретает характер катастрофы.**

Земля питается энергией Солнца, это приводит к круговороту веществ в природе, к естественным геохимическим циклам. Человечество засоряет Планету отбросами жизнедеятельности. Биосфера должна в процессе самоорганизации поддерживать равновесие, иначе произойдет катастрофа.

Возобновляемые источники энергии обеспечивают лишь около 10% современных потребностей. Значит, надо либо уменьшать потребности, либо раз в десять сокращать население Земли. Распределение и использование земных благ неравномерно, и поднять уровень населения всех стран до уровня промышленных государств невозможно.

Потеря стабильности биосферы. Биосфера — целостная система, частью которой является человечество; кроме того, биосфера — самонастраивающаяся система. До недавнего времени она еще выдерживала нагрузки. Теперь основной опасностью для стабильности биосферы стал человек. Компенсационные возможности биосферы либо уже нарушены, либо находятся на пределе. По-видимому, уже возникла рассогласованность, и она будет дальше расти, а это приведет к катастрофическому срыву, который возникнет неожиданно и необратимо. При этом биосфера может перейти в новое состояние, параметры которого, возможно, окажутся неподходящими для жизни человека.

Описанные кризисные явления могут возникнуть уже в ближайшем будущем. Мы находимся на пороге нового периода в истории цивилизации.

Перед человечеством встали столь сложные проблемы и решить их надо в столь короткий срок, что уместно дать им наименование «экологического императива». Это совокупность ограничений в деятельности людей, нарушение которых может привести к катастрофе.

Экологический императив сводится к обеспечению возможности коэволюции, то есть совместного развития человека и биосферы, причем это развитие происходит в изменяющейся динамической среде.

Эта задача содержит множество неизвестных. Например, возможно ли вообще совместное развитие Природы и Человека? Способно ли человечество пойти на самоограничение, возможно ли реализовать регламентацию поведения людей, выполнение ими запретов, то есть соблюдение в конечном итоге правил новой нравственности?

Эти ограничения назовем «нравственным императивом». Должны появиться новые табу, подобные принципу «Не убий!» в эпоху мезолита. Ясно, что потребуются подчинять свою индивидуальность общественной необходимости. Но даже если такие правила и будут выработаны, неясно, насколько удастся подчинить свою деятельность новым канонам.

Ведь, прежде всего, Человек должен отказаться от опасной иллюзии главенства над Природой и научиться жить, следуя ее законам. Человек должен осознать также свою принадлежность не только к науке, государству, но и ко всему планетарному сообществу.

Для осознания всего этого времени, скорее всего, не осталось, так как мы не можем позволить себе эволюционный или «рыночный» способы выхода из кризиса, как было на заре возникновения цивилизации. Человечество может спасти только Коллективный Разум. Здесь очень важны религиозные и философские убеждения, их разнообразие на разных континентах.

Заметим, что основные положения новой нравственности давно известны человечеству. Взять хотя бы принципы «Нагорной проповеди» или философские максимы Востока. По-видимому, они должны составить основу новой нравственности, и к ним следует добавить постулаты о взаимоотношении Человека и Природы, научные данные и т. д. Следует так построить систему воспитания подрастающего поколения, чтобы эти принципы вошли в плоть и кровь людей с момента их рождения.

С общеэволюционной точки зрения грядущий этап истории человечества означает дальнейшее увеличение роли Разума и формирование Коллективного Интеллекта общепланетарного масштаба [43—45].

Гармонично организованное общество

Ранее упоминалось, что термин «коэволюция» означает согласование «стратегии Природы» и «стратегии Челове-

ка». Общество, которому удалось добиться такой реализации, назовем рационально или гармонично организованным обществом (ГОО). На каком-то этапе своего развития общество подходит к реализации ГОО, а затем это состояние можно потерять, если страна подошла к экологическому кризису. История знает примеры обществ, близких к ГОО. Например, 5—6 тысяч лет тому назад в низовьях Тигра и Евфрата существовало древнее Шумерское государство. С помощью ирригационной системы жителям этой страны удалось создать технологию поливного земледелия. Производительность труда в древнем Шумере в несколько раз превосходила производительность труда у соседей. Естественными ограничителями деятельности людей были законы природы, эти ограничения формулировались в форме запретов, табу, правил поведения и служили основами нравственности. Если люди сознательно или неосознанно отступали от этих правил, природа жестоко мстила им, возникали экологические кризисы, переходящие в катастрофы и деградацию цивилизаций. Так случилось и с Шумером: из-за чрезмерного использования воды для полива началось засоление и эрозия почвы. Следствие этого — падение урожайности, миграция населения. Цивилизация стала слабеть, и пришедшие с севера варвары ее уничтожили.

Другой пример: две с половиной тысячи лет назад в Южном Китае назревал кризис — численность населения быстро возрастала, а пищевые ресурсы были ограничены, так как возможности земледелия были исчерпаны. Выход нашли в изобретении технологии поливного рисоразведения. Рис высаживался в залитые водой чеки, а в них разводили рыбу. Рыба питалась сорняками и снижала труд прополки плантаций. Рыба также удобряла почву и, наконец, шла в пищу крестьянам. Возникло гармоничное взаимодействие биоты и человека, то есть древние китайцы нашли рациональную форму коэволюции человека и биосферы. На ее основе возникла удивительная древнекитайская цивилизация.

Подобные примеры встречаются и среди менее развитых, в частности кочевых народов. Известно, что если плот-

ность стад копытных не очень велика, то животные копытами взрыхляют почву, открывая доступ кислороду; кроме того, удобряют почву. Но так происходило, пока количество скота, а, следовательно, и людей, не превышало некоторого предела — емкости экологической ниши. За этим пределом падало плодородие почвы, народы беднели, возникали политическая неустойчивость, распри, междоусобицы.

Похожая ситуация была и в Римской империи: деградация сельского хозяйства, уменьшение народонаселения, приход варваров...

Цивилизациям, попавшим в беду, не удавалось справиться со своими экологическими кризисами. На место одних народов приходили другие, принося с собой новые технологии, обеспечивающие выход из создавшегося положения.

Развитие общества приводит к разнообразию форм собственности, и, по законам эволюционизма, общества ближайших десятилетий будут многоукладными. Одновременно требования экологического императива привнесут в жизнь ограничения, накладываемые на использование собственности: станут необходимыми система экологических законов и органов контроля, ограничение суверенитетов и так далее. Эти ограничения должны перевести общество и биосферу в эпоху ноосферы.

Гармонично организованное общество третьего тысячелетия — это общество, идущее в эпоху ноосферы. Не касаясь деталей структуры этого общества, сформулируем, следуя Н. Н. Моисееву, ряд общих его свойств [43, 44].

Такое общество должно:

- обеспечить личности раскрытие ее потенциала: таланта, интеллектуальных возможностей, воли;
- быть предельно раскованным, то есть не стесненным системой догм, открытым новым идеям, иметь общую культуру, что породит необходимую дисциплину труда;
- обладать высоким уровнем социальной защищенности и справедливости, способной смягчить противостояние из-за неравенства, находить компромиссы;

- выполнять условие экологического императива — не нарушать запретной черты;
- обеспечивать рациональное сочетание свободы рыночного механизма с направляющим воздействием общества, или рынка и антирынка;
- исключать геноцид, как со стороны отдельных партийных, так и государственных структур.

Все это обеспечит новую общую культуру и образованность народа, что породит необходимую дисциплину труда.

Управление и направление в развитии общества

Одним из ключевых понятий теории управления является понятие «цель управления», так как бесцельных управлений не бывает.

Мне запомнилось выступление по телевидению ректора Санкт-Петербургского государственного университета профессора Л. А. Вербицкой. Она поведала о том, как в 90-х годах Университет посетил президент России Б. Н. Ельцин. Вербицкая задала ему вопрос: «Какое государство мы строим, к чему стремимся?» Президент ушел от ответа. Спустя какое-то время в СПбГУ приехал председатель правительства В. Н. Черномырдин. С этим же вопросом Л. А. Вербицкая обратилась и к нему. Ответ был по-черномырдински афористичен: «А кто его знает, вот когда построим, тогда я Вам и отвечу». Это или отсутствие цели, или ее сокрытие из-за опасения широкого возмущения граждан страны.

В технических системах цель не принадлежит системе, а задается, то есть это внешний по отношению к системе фактор. Управление — процедура выбора и реализации определенных целенаправленных действий.

В некоторой степени этот подход может быть применим и в социальной сфере. Однако в социальных системах не бывает единой цели, существует совокупность целей (ста-

бильность, высокий уровень жизни, безопасность страны, величина национального дохода и так далее). Существенно, что эти цели не задаются извне, а вырабатываются внутри самой системы. Возникает чрезвычайная сложность связей, детальное исследование которых практически невозможно: объем информации, которую нужно переработать для принятия решения, многократно возрастает вместе со сложностью управляемой системы.

Разработанные в технике методы управления становятся бессильными, поэтому требуется для систем типа «социальных» изменить понимание самого термина «управление». Прежде всего, уместно в таких системах от термина «управление» перейти к термину «направление». Наши воздействия должны быть направлены не на жесткое управление с точно поставленными целями, а на поддержание желаемых тенденций или на отход системы от катастрофы.

Речь идет о направлении естественных процессов самоорганизации в желаемое русло развития, которое приведет к сравнительно долгой стабильности.

Направление есть своего рода «принцип кормчего»: кормчий не направляет корабль наперекор стихии, а использует силы Природы дабы идти нужным курсом.

Такое понимание управления противоречит, например, постулату марксизма о планомерности развития общества, о его управляемом характере. Для реализации этого принципа потребовалось уничтожить частную собственность, реализовать диктатуру пролетариата и еще много чего натворить. Финал известен.

В социальной сфере необходимо пройти между регламентируемым обществом типа термитов и разносящей все и вся анархией. При этом словно балансируешь над пропастью, один неверный шаг — и все пропало. Вихри страстей и «неандертализм» могут напрочь уничтожить все благие намерения.

Таким образом, общество не является управляемой системой, его развитие следует законам самоорганизации, реализуемым механизмами Рынка, включая и рынок Рикардо, соизмеряющий производство и потребности.

Выше подчеркивалось, что рынок Рикардо слеп, он не способен предвидеть будущее, тенденции развития, предугадывать катастрофы. Необходимо вмешательство Разума, направляющая Воля людей (налоговая политика, поощрение инвестиций в перспективные технологии, социальная защита).

Возможность управляемого и жестко регламентированного развития экономики, социального проектирования — иллюзия. Но управление и возможность целенаправленного воздействия на характер процессов — не одно и то же.

Рассмотрим личностное начало в ГОО. Как следует из общих законов эволюции, для процветания человечества необходимо разнообразие составляющих его элементов, своеобразная цивилизационная мозаика. В мире выдвигаются те народы, структура которых содействует раскрытию творческих способностей личности. ГОО должно создать такие условия, в которых могли бы совместиться «иррациональное» начало человека с целенаправленной деятельностью людей.

Но одновременно в обществе также возрастает и кооперативное начало, развитие коллективного разума. Обе эти тенденции — проявление личности и совершенствование коллективного разума — естественно сочетаются и служат основой развития. Это и есть проявление «нового индивидуализма», при котором личность в максимальной степени проявляет творческие способности.

Интересно проследить путь развития в нашей стране и степень приближения ее к ГОО. Как утверждает академик Н. Н. Моисеев, в 1917 году Россия сошла с траектории естественного развития — было нарушено нормальное функционирование Рынка, и деятельность в стране подчинилась определенным догмам и регламентациям. С позиции эволюционизма произошла «противоестественная» смена принципа отбора, и система стала неконкурентоспособной.

На определенных этапах истории навязанная «свыше» система догм все же отвечала чаяниям населения. Были не только падения, но и взлеты (победа в Великой Отечест-

венной войне, развитие науки и промышленности, реализация ядерной и космической программ и другие). Но именно жесткая система управления привела к тому, что интеллектуальный потенциал использовался недостаточно. Организация общества была нерациональной, и Рынок ее смел.

Отсюда и родилась идея перестройки, хотя управляющая элита плохо представляла себе этот процесс. Предшествующая перестройке система была не способна воспитать личностей, способных раскованно мыслить в области социальной сферы, взаимодействовать по данному направлению с другими. Были лишь «винтики», способные следовать правилам определенной игры, в том числе элита и генсеки, обладавшие всей полнотой власти.

Что же следует делать обществу в создавшейся ситуации? Прежде всего, усвоить общие принципы эволюции, искать пути к ГОО с учетом особенностей нашей страны, пути к обществу с либеральной многоукладной экономикой. Объемы государственной (детерминированной) и рыночной (стихийной) экономики должны соответствовать «правилу золотого сечения», то есть относиться как $2/3$ и $1/3$. Такое соотношение многоукладной экономики приведет к гармоничному ее развитию. К настоящему моменту мы уже наверняка убедились, что отход от магистрального пути развития цивилизации, то есть от магистрального пути создания рационально организованного общества, несет беду.

В начале третьего тысячелетия

В конце XIX столетия интеллектуальная мысль вращалась вокруг различных доктрин и систем взглядов, главной из которых была «классовая борьба» или «классовый мир». В конце XX века размышления переместились на проблемы экологии, кризиса цивилизации, построения гармонично организованного общества и тому подобные.

Послевоенные десятилетия изменили характер мировой экономики. Мы вступили в постиндустриальный период

развития. Общество переходит от энергетических технологий к информационным: реализуются лазерные, сверхточные, сверхчистые и другие «сверхтехнологии». Но их применение немыслимо без качественно нового подхода, понимающего образование и дисциплину.

Экономики отдельных стран объединяются в общепланетарный экономический организм. Решающую роль стали играть транснациональные корпорации (ТНК), возникшие в результате естественного процесса самоорганизации.

Совокупность ТНК — единая сеть, владеющая более чем 30% всех фондов планеты и производящая более 40% общемирового продукта; 50% составляет их внешнеторговый оборот. За последние два десятилетия объем промышленного производства увеличился почти в два-три раза, а объем внешней торговли — более чем в десять раз; 90% вывоза капитала контролируют ТНК.

Страны разделились на развитые (с производительностью труда выше среднемировой) и отсталые (с производительностью ниже этого уровня). Будучи открытой системой, Рынок начинает беспощадно расправляться с последними. А так как Рынок открыт, то и деньги, соответственно, стали перетекать в более развитые страны.

Происходит и так называемая «утечка мозгов» — наиболее талантливые люди эмигрируют в страны **«золотого миллиарда»**, то есть в группу развитых стран, где проживает примерно миллиард человек (Западная Европа, США, Канада, Австралия, Япония и некоторые другие).

Включился «дьявольский насос», выкачивающий из отсталых стран капиталы, ресурсы, таланты. Развивающимся странам (по старой терминологии) не остается шанса — они отстали навсегда и лишены надежд. Развитие отраслей, современные технологии способны обеспечить те нации, которые обладают высоким уровнем образованности. Это относится и к ученым, и к инженерам, и к рабочим. Сформировавшийся общепланетарный экономический механизм не поднимает, а уничтожает экономику отсталых стран, в лучшем случае превращая их в сырьевые придат-

ки. Понимали ли это те, кто пришел к власти на волне перестройки?

Что касается дальнейшего развития событий, то здесь можно лишь строить гипотезы, ведь прогнозировать развитие той или иной системы в неустойчивом состоянии невозможно. Можно предположить, что в течение двух-трех десятилетий реализуется следующий сценарий эволюции:

- будет происходить дальнейшая стратификация стран, то есть будет увеличиваться разрыв между развитыми и отсталыми государствами;
- развитие промышленности будет продолжаться, но это не приведет к повышению благосостояния слабо развитых стран; скорее наоборот, будет расти благополучие стран «золотого миллиарда»;
- продолжится тенденция к утверждению планетарного тоталитаризма со стороны транснациональных корпораций и отдельных государств.

Возможен и другой сценарий: емкость рынка отсталых стран будет падать или не будет расти. Это приведет к нарушению стабильности системы ТНК и стран «золотого миллиарда».

Все эти сценарии весьма условны, так как, например, из описанной схемы выпадает полуторамиллиардный Китай, который в ближайшие десятилетия перейдет в число передовых стран: прирост валового национального продукта там составляет около 10%.

В результате второй мировой войны США стали государством номер один в экономике, политике, в военной сфере. Этот миропорядок иногда принято называть *Rax Amerikana*. Вторым государством был СССР, который создавал противовес США.

Такая полярность гарантировала всем странам определенную стабильность.

После распада СССР нашей стране была отведена роль отсталой — могучий, энергичный народ облачили в шкуру побитой собаки. Но и для США наступают не лучшие времена: они начинают проигрывать в конкурентной борьбе

многим экономическим соперникам, особенно в уровне производительности труда.

И хотя вместо двух полюсов сегодня налицо лишь один, глобальная война вряд ли случится — система ТНК не допустит саморазрушения. Центр военной силы планеты (США) станет играть роль всемирного полицейского. Начнут возникать и другие центры, прежде всего это будут прогрессирующие страны Атлантического, Тихоокеанского и Азиатского регионов. Европейский полуостров не только поднялся на ноги после второй мировой войны, но и почти сравнялся с Америкой по производительности труда: средний уровень жизни 400-миллионного населения выше среднеамериканского.

Итак, наступает эпоха угасания *Pax Americana*, и США будут постепенно утрачивать свое монопольное положение в военной и экономической сфере. Распад СССР ускорил этот процесс.

Начало третьего тысячелетия ознаменовалось тем, что мир стал сложнее. Впереди окажутся те страны, которые делают ставку на интеллект и бескорыстность своих лидеров.

Зарождение теории ноосферогенеза. Взаимодействие или взаимоСОдействие

В книге приводилось много примеров разрушения одних систем и возникновения новых определенных условиях. Может создаться впечатление, что имеет место некая неопределенность: и без Рынка нельзя, и с Рынком плохо. Что же определяет развитие системы: конкуренция ее элементов или их взаимоСОдействие?

«Сумеет ли мы предотвратить превращение мира в один гигантский Рынок, где господствует сильнейший, где главной целью является получение максимальной прибыли в короткие сроки, где спекуляция за несколько часов сводит на нет плоды труда миллионов мужчин и женщин? Не отдаем ли мы будущие поколения во власть этих слепых сил?»

Я считаю, что наш мир требует переосмысления, и он будет переосмыслен, если мы введем социальный аспект как ключевой элемент, волнующий всех нас.» Это — горькие откровения покойного президента Франции Ф. Миттерана, произнесенные им на форуме ООН по социальному развитию в Копенгагене 11 марта 1995 года. Умудренный политический деятель высшего ранга предупреждает об опасности погружения стран в волны дикого торгового моря.

Конец XX века поставил перед человечеством глобальные, общепланетарные цели. Но, чтобы осуществить их, необходимо опираться на науку о сохранении цивилизации. Академик Н. Н. Моисеев назвал ее теорией ноосферогенеза. Эту необходимость начинает осознавать все большее число людей, что приводит к многочисленным идеям и теориям, появляющимся в наши дни в печати. Авторами этих работ являются и гуманитарии, и представители научно-естественных и технических наук, и религиозные деятели, и многие, многие другие. Все они пытаются осмыслить фундаментальные проблемы Вселенной, происхождения и устройства материального мира, возникновения и развития жизни на Земле, соотношение материи и сознания, пути развития социума [43, 44].

Синергетика — одно из направлений такого рода поисков — привлекла достаточное количество ученых. Это направление содержит большое число публикаций и оформилось в самостоятельную научную дисциплину.

Однако центральная идея этой науки — эволюция через борьбу, развитие социума через Рынок — оставляет чувство неудовлетворенности, а порой даже обреченности. Не всегда удовлетворительно объяснение механизма самоорганизации. Это связано с тем, что не всегда ясно, что же заставляет отдельные части системы, между которыми отсутствует заметное физическое взаимодействие, приходить к согласованному поведению на больших расстояниях.

Выше мы об этом уже говорили, когда шла речь о механизмах сборки, кооперации. Объединение элементов в системы условно названо там «механизмом сборки», приводя-

щим к новым организационным структурам. Последние обладают системными свойствами.

В эпоху индустриальной цивилизации полагали, что свойство системы возможно вывести из свойств составляющих ее элементов и законов их взаимодействия. Этот подход, как уже упоминалось, получил название редукционизма. Он широко использовался в технике последние несколько веков. Но редукционизм не является единственным и универсальным взглядом на вещи. Формирование коллективного поведения элементов и образование из них системы требуют перехода от **взаимодействия** к **взаимоСОдействию**. Нужен иной методический подход, и такой подход получил название холистического (целостного).

В слово «система» можно вкладывать разный смысл. Мы уже цитировали высказывание выдающегося русского физиолога П. К. Анохина, который говорил, что «системой можно назвать только такой комплекс избирательного вовлечения компонентов, у которого взаимное действие и взаимоотношения принимают характер **взаимоСОдействия** компонентов на получение фиксированного полезного результата» [88].

Здесь следует еще раз подчеркнуть два фундаментальных свойства любых систем:

- обмен с окружающей средой материей, энергией и информацией;
- **взаимоСОдействие**, то есть когерентность поведения между компонентами.

Рассматривая различные примеры развития из области физики и химии, биологии и социума, синергетика подметила общие принципы эволюции. Если система находится в устойчивом состоянии, то возникающие флуктуации гасятся, и система продолжает оставаться в прежнем состоянии, или ее эволюция происходит «спокойно», не под влиянием флуктуаций. В неустойчивом состоянии под влиянием флуктуаций начинают возникать новые структурные образования, которые вступают в конкуренцию со старыми. Происходит взаимодействие (борьба) старых структур с новыми, кото-

рые в свою очередь могут оказаться слабыми и рассеяться. В этом случае система вернется в прежнее состояние.

Процесс может пойти по-иному: флуктуация начнет увеличиваться, а новые структуры укрепляться, и в конце концов произойдет перестройка старой структуры в новую. При этом наступит новое, более устойчивое состояние системы. Здесь присутствует как борьба старых структур с новыми, так и возникновение на определенном этапе взаимодействия элементов структуры, их кооперирование, сотрудничество. В результате возникает новая устойчивая структура.

Иными словами, на определенном этапе эволюции возникает явление кооперирования, но этому предшествует этап конкуренции. Следовательно, эволюция систем связана как с взаимодействием, так и с взаимодействием. Это эмпирическое обобщение, очевидно, лежит в основе Природы, включая общество.

Итоги развития цивилизации за пятьсот лет. Научная парадигма нашего времени

Подведем итоги развития научных взглядов на Природу и изложим научную парадигму, формируемую на заре информационной цивилизации.

Ключевыми понятиями для этой эпохи являются информация, синергетика, кооперативные процессы. Последние иногда называют согласованными, или когерентными.

Выше подчеркивались два фундаментальных свойства систем любой природы: их открытость, то есть способность обмениваться с окружающей средой энергией, веществом и информацией, а также взаимодействие ее элементов, то есть свойство когерентности элементов. Но этим не ограничивается содержание новой научной парадигмы, так как в сознание людей постепенно входит понятие о Тонком мире, исследование которого осуществляется все большим числом ученых. Эти идеи подробно обсуждаются во второй части книги, и мы здесь только упомянем о них.

Сравним старую парадигму (XIV—конец XX века) с новой, сформировавшейся при переходе в XXI век.

В период расцвета и становления европейской науки в XVII—XX веках в обществе господствовала научная парадигма, которую можно охарактеризовать ключевыми словами: классический рационализм и эволюционизм, детерминизм, редукционизм, линейность.

Классический рационализм утверждает, что связь между причиной и следствием может быть только детерминированной. Случайность (стохастичность) стала рассматриваться как объективная причина некоторых явлений лишь в XX веке. Предполагалось, что развитие Природы подчиняется правилам эволюционизма. Правда, почти до конца XX века считалось, что принципы косной, биологической и социальной Природы различны.

Так, косная Природа, согласно второму началу термодинамики, стремится к росту энтропии и, в конечном итоге, к хаотическому состоянию. Диапазон путей развития социальной природы, по мнению разных философов, довольно широк: от полного уничтожения человечества до приближения к божественному уровню, когда начнется совместное творчество (синергия) человека и Бога [47].

Преобладающее число людей интуитивно воспринимает принцип эволюционизма как движение «вперед, вверх», как непрерывное совершенствование, без возвратных движений, тупиков и так далее.

В рамках рационализма для исследования сложных явлений сложился подход, получивший название редукционизма. Редукционизм сводит анализ сложной системы к анализу ее отдельных составляющих и их взаимодействий. При этом реальные явления заменяются, как правило, весьма упрощенными моделями, а для их описания используется преимущественно линейный математический аппарат. Подобный подход сложился в XVIII—XIX веке и ярко проявился в работах Лапласа по небесной механике (начало XIX века).

Классический рационализм и метод редукционизма озаменовали важнейший этап в истории не только науки, но

и цивилизации в целом. Они оказали определяющее влияние на систему образования. В частности, предполагалось, что человек в этом мире накапливает знания, постепенно увеличивая число относительных истин, и непрерывно продвигается к истине абсолютной. Полученные знания обеспечивают господство человека над Природой.

С приходом в физику понятия вероятности пришлось пересмотреть сложившиеся в XVIII веке представления о детерминизме и случайности. Понятие случайности вошло в XIX веке в науку не только в физике, но и в биологии. Примером этому является учение об эволюции в живой природе. Из него следует, что эволюция в биологическом мире происходит по схеме: изменчивость — наследственность — отбор (триада Дарвина), причем изменчивость во многом определяется случайными причинами.

В конце XX века произошло событие, последствия которого до конца еще не осмыслены: развитие термодинамики, механики и электроники привело к анализу открытых систем (они встречаются в радиотехнике, лазерной технике и так далее), теории катастроф и согласованных (когерентных) кооперативных процессов. В открытых системах возможны процессы, при которых энтропия уменьшается, и системы спонтанно переходят от хаотических состояний к упорядоченным. Именно на базе этого сформировалось новое научное направление — синергетика.

В синергетике рассматриваются кооперативные, согласованные процессы. В подобные процессы могут вовлекаться объекты, у которых взаимодействие компонентов превращается во взаимодействие, что приводит порой к неожиданному результату. Основными понятиями синергетики являются открытость, когерентность, нелинейность. И хотя эта наука пока еще только встает на ноги, она уже заставляет пересматривать многие взгляды на мир и ведет к существенному изменению самой научной парадигмы, более широкой схеме познания и описания Природы. В ее основе лежат современный рационализм и универсальный эволюционизм, сочетание детерминизма и стохастичности,

редукционизма и холизма, линейного и нелинейного математических аппаратов, в сферу науки входит не только материальное, но и духовное начало.

В конце XX века произошел переход к новой научной парадигме, характерной для информационной цивилизации. В соответствии с ней требуется развитие представлений о фундаментальных взаимодействиях в Природе, необходимы исследования проблемы «сознания» с одновременным исследованием достижений физики и психологии, остается открытым вопрос о происхождении мира. По-видимому, синергетика является одной из первых уже признанных наук эпохи информационной цивилизации; наука о Тонком мире только развивается и подвергается ожесточенным нападениям ряда ученых.

Принципы синергетики в социальных проблемах (краткие итоги)

Изменение взгляда на эволюцию Природы. Еще раз рассмотрим пути сохранения человеческой цивилизации в современном мире, который стоит на пороге грандиозных социальных перемен. Мы являемся свидетелями рождения нового цивилизационного уклада, который затронет сферу труда, управления, образования, быта, досуга. Как упоминалось ранее, по мнению американского философа и социолога Э. Тоффлера, *развитие науки и образования осуществляется волнами*. Таких волн он насчитывает три: на смену первой волне (аграрная цивилизация) и второй (индустриальная цивилизация) *приходит новая, третья по счету волна, ведущая к созданию сверхиндустриальной, или информационной, цивилизации* [1].

Аграрная цивилизация развивалась на протяжении нескольких тысячелетий, индустриальная — нескольких столетий (примерно с XIV до конца XX века), сколько продлится развитие информационной цивилизации — неизвестно.

Рассмотрим одну из проблем, возникших в науке в начале информационного периода цивилизации, т. е. букваль-

но в последнее десятилетие. Речь пойдет об изменении взгляда на эволюцию в Природе.

На протяжении индустриальной цивилизации было принято считать, что эволюция Природы, ее развитие *осуществляется в устойчивом режиме*, т. е. флуктуации приводят к небольшим отклонениям системы и гасятся; в системе не предвидятся изменения структуры, перестройки, катастрофы.

Новый взгляд на эволюцию в эпоху информационной цивилизации помимо устойчивого состояния рассматривает и *неустойчивые*, т. е. флуктуации могут не гаситься, а наоборот возрастать, старые структуры разрушаться, а на их месте возникать новые. При этом в точке, где система теряет устойчивость (точке бифуркации), могут возникнуть различные пути (траектории) развития [2, 34, 44].

Далее синергетика рассматривает различные кооперативные процессы, которые иногда называют согласованными, или когерентными. В связи с этим может возникнуть вопрос, что же определяет развитие системы: конкуренция составляющих ее элементов, как было принято думать ранее, их согласованное действие (взаимоСОдействие), или сочетание и того и другого? Выше упоминалось новое определение системы, предложенное выдающимся русским физиологом П. К. Анохиным: «Системой можно назвать только такой комплекс избирательно вовлеченных элементов, у которых взаимное действие и взаимоотношения принимают характер взаимоСОдействия компонентов на получение фиксированного полезного результата». При развитии реальных систем должны проявляться элементы как взаимодействия, так и взаимоСОдействия [88].

Триада Дарвина. В главе 14 уже упоминалось о том, что с позиций синергетики Вселенная построена по *иерархическому* принципу, и на всех ее «этажах» присутствуют случайные (стохастические) факторы. Они влияют на развитие процессов, придавая им некоторую неопределенность. *Стохастичность пронизывает все «этажи» организации материи и приводит к ее изменчивости.*

Иными словами, нельзя игнорировать вероятностный характер многих процессов, протекающих в окружающем мире, и присутствие в них большого количества неопределенных факторов. *В системе возникают конкурирующие элементы и происходит отбор по признакам, позволяющим системе выжить. Эти признаки закрепляются, т. е. имеет место наследственность. Схема эволюции по формуле «изменчивость, наследственность, отбор» была предложена для биологических систем английским естествоиспытателем Ч. Дарвиным в конце XIX века и получила название триады Дарвина. Синергетика в конце XX века распространила эту схему на эволюцию косной, живой и социальной Природы.*

Синергетика все больше проникает в физику, химию, биологию, психологию и социальные науки, расширяя представление о процессе эволюции. Если раньше сценарии эволюции для косного, живого и социального миров были различными, то синергетика вводит концепцию универсального эволюционизма, в соответствии с которой разные миры развиваются по единому сценарию. Это утверждение позволило найти общие закономерности развития в разных науках и, применительно к образованию, решить проблему деления учащихся на «естественников» и «гуманитариев», предложить им общую платформу для изучения эволюции природы и общества [2, 34].

Еще раз остановимся на узловых социальных проблемах, вставших перед нашей цивилизацией в XX веке. Их объединяют тема согласования «стратегии Природы» и «стратегии Человека», что подразумевает термин «коэволюция», и характеристики общества, где такого согласования можно добиться.

Экологический и нравственный императив. Итак, человечество встало перед необходимостью решать сложные экологические проблемы в чрезвычайно короткий срок. Для достижения цели нужно ввести определенные ограничения в деятельности людей, нарушение которых может вызвать экологическую катастрофу.

Назовем совокупность таких ограничений «*экологическим императивом*». Его соблюдение может привести к коэволюции. Процесс будет происходить в изменяющейся динамической среде, таким образом стратегии развития Человека и Природы совпадут. Реализация экологического императива потребует соблюдения определенных ограничений и запретов в поведении людей. Необходимо сформулировать правила новой нравственности, которые можно назвать «*нравственным императивом*». Прежде всего, Человек должен отказаться от опасной иллюзии главенства над Природой и научиться жить, следуя ее законам. Для исправления опасной ситуации почти не осталось времени, т. е. Человек не может позволить себе эволюционный или «рыночный» способы выхода из кризиса, как это было возможно на заре цивилизации. Человечество может спасти только Коллективный Разум. Важную роль могут сыграть разнообразные религиозные и философские убеждения. Принципы «Нагорной проповеди» и философские максимы Востока могут составить основу *новой* нравственности. К ним следует добавить кое-что о взаимоотношениях Человека и Природы, научные данные и т. д. Далее нужно так построить систему воспитания, чтобы эти принципы вошли в плоть и кровь людей [3].

Гармонически организованное общество. Гармонически организованное общество третьего тысячелетия — это общество, идущее в эпоху ноосферы. Оно придет на смену систем капитализма или социализма.

Сформулируем, следуя Н. Н. Моисееву, ряд особенностей этого общества [34, 44]. Такое общество должно:

- обеспечить личности раскрытие ее потенциала — *таланта, интеллектуальных возможностей, воли*;
- быть достаточно раскованным, т. е. не стесненным системой догм, открытым новым идеям; иметь общую культуру, что породит необходимую дисциплину труда;
- обладать высоким уровнем *социальной защищенности и справедливости*, способным смягчить противостояние из-за неравенства, находя компромиссы;

- выполнять условия экологического и нравственного императива;
- обеспечивать гармоничное сочетание свободы рыночного механизма и направляющего воздействия общества, или иными словами сочетание Рынка и Антирынка. Необходимо соблюсти золотую пропорцию в соотношении детерминизма (плановости, Антирынка) — $2/3$ и стохастики (случайности, Рынка) — $1/3$. И это соотношение должно соблюдаться не только в экономике, но и в организации коллективов, архитектуре, искусстве, в быту;
- исключать всякий геноцид, возникающий под действием определенных групп или государства.

В заключение отметим, что основные результаты в науке второй волны цивилизации были получены для систем, находящихся в условиях, близких к равновесию, они описывались с помощью линейного математического аппарата. Однако мы живем в мире неустойчивости и необратимости, где развитие и разрушение идут рядом; для их описания необходим нелинейный математический аппарат. Цивилизация третьей волны опирается именно на эти особенности реального мира. Синергетика предлагает не только философское обоснование этого мира, но и аппарат для его описания.

Напомним главный постулат синергетики: *единство мира требует и единства науки, требует рассмотрения с единых позиций не только различных ветвей технического образования, но и гуманитарной сферы.*

Изложенная выше концепция потребует при ее реализации огромной интеллектуальной работы профессорско-преподавательского состава.



Глава 16

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИИ

Мир духовный и материальный

В самом начале книги мы упоминали об информационной цивилизации, к которой перешло человечество в конце XX века. Наступила эра Водолея. Нынешнее поколение людей жило в эру Рыб, которая длилась примерно 4500 лет, лютую эру тотальной лжи и обманов.

Общаясь с человеком, нужно было не столько слушать, что он говорит, сколько думать о реальных мотивах его поведения. В подавляющем большинстве случаев за высокопарными словами скрывались весьма прозаичные или даже низменные цели.

Принято думать, что новая эра — эра Водолея — будет совсем иной, более удачной для людей. Однако мы пока еще лишь собираемся сделать первый шаг на этом пути. Информационная цивилизация привнесла в жизнь людей такие материальные изменения как телевидение, компьютеры, Интернет и так далее.

Вокруг понятия «информация» до сих пор ведутся споры. Обычно оно трактуется как «сведения», но желательно было бы получить более четкое определение того, что пока воспринимается на интуитивном уровне.

Определение понятия «информация» становится еще более трудным, когда возникают попытки как-то увязать

его с понятием Духа. Остановимся более подробно на этом вопросе и обратимся за разъяснением к религии, ее трактовке так называемого Тонкого мира. Иисус Христос постоянно подчеркивал качественное своеобразие потустороннего духовного мира, говоря, что царство его не от мира сего, предупреждал не искать аналогий между земным и небесным миром, в котором господствуют ценности Духа: любовь, красота, сострадание. Эти ценности приобретают там иной смысл, недоступный людям, привязанным к земным благам.

Понять и описать духовный мир неоднократно пытались философы, но все их попытки войти в мир Духа с помощью обычных земных средств оказались несостоятельными. В конечном итоге все сводилось к утверждению, что материя и дух кардинальным образом отличаются друг от друга, хотя и взаимосвязаны.

Весь опыт нашей жизни говорит о том, что духовный мир может проявляться в ощущениях свободы, вдохновения, в творчестве, в страстях и т. п. Иногда кому-то удается заглянуть «по ту сторону» через так называемые «откровения». Существует масса описаний таких «откровений». Во многих произведениях искусства и религиозных работах говорится о видениях.

Духовный и физический (материальный) миры настолько различны, что связать их в единое целое может пока, пожалуй, только вера. Она позволяет принять мир духа и включить его в жизненный опыт человека (духовные ценности, этические и эстетические принципы, ощущение гармонии). В этой книге автор в меру своих скромных сил делает попытку рассуждения на эту тему.

Восприятие Духа позволяет человеку вырваться за пределы чисто материального мира, в который он включен и который прочно удерживает его. В последние годы среди ряда ученых утверждается существование в Природе Тонкого мира. Иногда его называют миром Духа, горним (высшим) миром сознания, миром информационных полей, хотя все эти понятия далеко не синонимы. В главах 12 и 13 мы

также касались этой проблемы и пытались увязать Тонкий мир с физическими представлениями. В этой главе мы попытаемся более глубоко проникнуть в понятие информации и с этой стороны снова вернуться к волнующему вопросу.

Информационная энтропия

Одним из первых создателей теории информации считают американского инженера Клода Шеннона. Его заслуга состоит в том, что он дал определение понятию информации и в 1948 году ввел ее количественную меру [42, 45, 46].

До создания теории информации никто не пытался вкладывать строгий научный смысл в это понятие. Слово «информация» толковалось как осведомленность о чем-либо. Факты, новости, сведения, полученные путем общения, чтения или наблюдения объединялись в одном слове «информация» практически во всех толковых словарях и энциклопедических справочниках. Такое определение казалось вполне исчерпывающим как для науки, так и для повседневной практики до тех пор, пока не возникла необходимость в количественном ее измерении. Для этой цели ввели специальную единицу (бит).

Для измерения количества информации американский ученый К. Шеннон предложил использовать заимствованную у термодинамики вероятностную формулу энтропии ($S = k \ln P$). Сначала многие ученые склонны были объяснять это ссылками на удобство расчетов, но постепенно открылся более глубокий смысл. Информация содержится не только в книге. Она есть в живой клетке, в мертвом кристалле. Информационное взаимодействие также присуще материальному миру, как и другие формы взаимодействия [46].

Сейчас термины «бит» или «байт» знакомы многим. Для их понимания требуются знания математики на уровне средней школы, а потому мы рискнем разъяснить смысл понятия информации.

К. Шеннон использовал для этой цели известную формулу Л. Больцмана, в которой устанавливает связь между термодинамической энтропией S и статистическим весом P системы

$$S = k \ln P, \quad (1)$$

где k — постоянная Больцмана.

Эта формула рассматривалась в главе 14. Напомним читателю, что есть и иное представление формулы (1), совершенно ей тождественное, а именно:

$$S = -k \sum_i w_i \log w_i, \text{ где } w_i = \frac{1}{P_i}, \quad (2)$$

w_i — вероятность появления объекта, например, молекулы в i -й ячейке.

К. Шеннон принял, что зависимость между количеством информации I и так называемой информационной энтропией $S_{\text{и}}$ выражается аналогичной формулой, то есть

$$S_{\text{и}} = I, I = \ln P, \text{ или } I = - \sum_i w_i \log w_i \quad (3)$$

Позже мы приведем вывод формулы (3), а пока рассмотрим связь между S и I . Напомним, что Л. Больцман пытался уяснить поведение большого ансамбля молекул и предпринял попытку с помощью математики проникнуть умственным взором в загадочный микромир. А поведение молекул заключалось в том, что каким бы случайным образом они не сталкивались друг с другом, в конечном итоге молекулы равномерно заполняют все отведенное им пространство. Было показано, что газ, выведенный из состояния равновесия тем или иным способом, всегда стремится вернуться в состояние равновесия, и по мере приближения к этому состоянию энтропия будет расти.

Эти свойства молекулярного мира удачно описываются формулой (2). Действительно, разобьем все занимаемое газом пространство на N равных по объему ячеек и найдем по формуле (2) энтропию газа. Доказано, что энтропия достигает максимума, когда вероятность нахождения молекул в ячейке № 1 равна вероятности нахождения ее в любой другой ячейке, например, ячейке № 5. Обозначим через $w_i = N_i/N$ вероятность нахождения N_i молекул в ячейке i , а через N — общее число молекул.

В рассматриваемом случае равновероятного распределения молекул по ячейкам

$$w_1 = w_2 = \dots = w_i = \dots = w_N.$$

При последнем условии функция $-\sum w_i \log w_i$ имеет наибольшую величину. В этом и есть главное свойство этой функции и смысл роста энтропии при стремлении элементов равномерно расположиться в пространстве.

Итак, Шеннон для измерения информации предложил использовать введенную Больцманом функцию $-\sum w_i \log w_i$, и в середине XX века эта функция пережила второе рождение. Она стала применяться для исследования не только хаотических, но и обладающих порядком систем. Для таких систем появление разных элементов (букв, яркостей и так далее) имеет не одинаковую, а разную вероятность. Поэтому мы видим на телеэкране изображение различных предметов, лиц, событий вместо танца светлых и темных пятен, напоминающих снежный буран. Именно поэтому в книге предстает перед нами не беспорядочное расположение букв, а осмысленный текст. Оказалось, что всякую информацию (и ту, которая в газетах, и ту, которая возникает при движении молекул) можно измерять с помощью одинаковых единиц, о чем пойдет речь в следующем разделе.

Пока, как мне кажется, при всем старании мне еще не удалось достаточно ясно изложить смысл термина «информация». Потребуется окунуться чуть глубже.

Мера информации по Шеннону

Формулу (1) можно получить прямым путем при помощи достаточно простых рассуждений, не связанных с термодинамикой. Для этого потребуется еще раз подробнее остановиться на понятиях статистического веса системы P и вероятности появления события w . Приведем ряд примеров.

При бросании монеты, как известно, выпадает или «орел», или «решка». Это — определенная информация о результа-

те бросания. Вероятность выпадения «орла» или «решки» $w = 1/2$, а число возможностей или способов реализации системы («орел или решка») равно 2. Эта величина и есть статистический вес системы $P = 2$.

Второй пример связан с игральной костью — кубиком с метками на гранях: 1, 2, 3, 4, 5, 6. При бросании кости получаем информацию о выпадении количества очков — от одного до шести. Вероятность появления того или иного количества равна $1/6$, а число равновероятных возможностей реализации системы (статистический вес) $P = 6$.

Из этих примеров следует, что связь статистического веса P и вероятности w имеет вид

$$P = 1/w. \quad (16.4)$$

Зададимся вопросом, в каком случае больше информации: при бросании монеты или при бросании игральной кости. Вероятность выпадения «орла» w равна $1/2$, вероятность выпадения указанного количества очков кости w равна $1/6$. Следовательно, менее вероятное событие (бросание кости) дает больше информации: чем больше неопределенность (количество очков кости) до получения сообщения о событии (бросание кости), тем большее количество информации поступает при совершении события и получении сообщения о нем. Информация связана с числом равновероятных возможностей: для монеты это $P = 2$, для кости $P = 6$.

Из теории вероятностей известно, что при бросании двух костей сразу получаем вдвое больше информации, чем при бросании одной кости: **информация I независимых событий складывается, а числа равновероятных возможностей P_1 и P_2 перемножаются** [42, 45].

Бросаем две кости сразу, возможно выпадут при этом два набора событий P_1 и P_2 , они равновероятны, и поэтому полное число событий перемножаются

$$P = P_1 \cdot P_2, \quad (16.5)$$

а количество информации складывается, то есть

$$I(P) = I(P_1 \cdot P_2) = I(P_1) + I(P_2). \quad (16.6)$$

Вот здесь мы подошли к узловому моменту наших рассуждений, а именно: в какой из известных функций $y_1 = f(x_1)$ и $y_2 = f(x_2)$ общий результат складывается $y = y_1 + y_2$, а аргументы перемножаются, то есть $x = x_1 \cdot x_2$ $y = y_1 + y_2 = f(x_1 \cdot x_2) = f(x)$.

В математике известно, что этим правилам (16.4) и (16.5) подчиняются только логарифмические функции, поэтому зависимость количества информации I от числа равновероятных событий P должна иметь вид

$$I = a \log_2 P, \quad (16.7)$$

где произвольные постоянная a и основание логарифма (двоичное, десятичное и так далее) могут быть выбраны по соглашению. Иными словами, не прибегая ни к каким модельным представлениям, например, об ансамбле громадного числа молекул, мы выбрали вид функции (16.7) из общих правил, взятых из теории информации и математики, или «сконструировали» вид этой функции.

В теории информации условились полагать $a = 1$, а основание логарифма выбрали равным двум, то есть

$$I = \log_2 P, \quad (16.8)$$

При бросании монеты число равновероятных событий (возможностей) $P = 2$ («орел» или «решка»), эту информацию примем за единицу информации $I = 1$, то есть

$$\log_2 2 = 1, \quad (16.9)$$

и будем называть ее битом (двоичная единица информации — *binary digit*). Бит оперирует двумя возможностями: «орел» или «решка», да или нет, точка или тире, нуль или единица. Числа в двоичной системе записываются последовательностью нулей или единиц.

Из формулы (16.3) и связи между статистическим весом и вероятностью (16.7) можно получить выражение для так называемой информационной энтропии $S_{\text{и}}$

$$S_{\text{и}} = \frac{I}{N} = - \sum_i w_i \log_2(w_i). \quad (16.10)$$

В этой формуле N — число всевозможных состояний системы, N_i — число i -х состояний, $w_i = N_i/N$ — вероятность появления i -го состояния. Вероятность w_i больше или равна нулю и меньше или равна единице, а логарифм величины, которая находится в этих пределах, отрицателен, поэтому в формуле (16.10) появился знак $[-]$, так как информационная энтропия I , исходя из ее физического смысла, должна быть величиной положительной.

Из формул (16.1) и (16.2) можно установить связь между термодинамической (S) и информационной (I) энтропией

$$S = k \cdot I, \quad \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = k \cdot \frac{\text{бит}}{\text{с}} \quad (16.11)$$

Эта зависимость была нами уже использована ранее при рассмотрении вопроса о передаче информации от оператора к субъекту или объекту. Там проводили измерения величины термодинамической энтропии в $\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ и с помощью формулы (16.10) пересчитывали полученный результат в информацию $\frac{\text{бит}}{\text{м}^2}$, то есть какая-то польза от формулы (16.10) уже получена.

Другие взгляды на термин «информация»

Введенное Шенноном количественное определение параметра «информация» к полной ясности не привело, но породило много новых вопросов. Основной недостаток этого определения в том, что оно не учитывает таких важных свойств информации, как ее ценность и смысл. Делались попытки исправить этот недостаток и учесть качество информации, но при этом терялась универсальность: для разных процессов различны критерии смысла, они субъективны. Например, некоторые запахи несут огромное количество информации для животного, но неуловимы для человека. Человеческое ухо не воспринимает ультразвуковые сигналы, но дельфинам они говорят очень многое. В то же время предложенная Шенноном мера информации пригодна для исследования всех видов информационных процессов, независимо от «вкусов» потребителя. Эта мера чем-то напоминает число: можно сказать «пять», не подразумевая под этим ни пять человек, ни пять чувств, ни пять планет, ни пять яблок.

Итак, «информация» пока весьма неопределенное понятие, про которое удачно сказал основатель кибернетики Норберт Винер: «Информация есть информация, а не материя и не энергия» [97].

Интуитивно люди чувствуют важность понятия «информация», научную количественную основу ему придал К. Шеннон, но, несмотря на это, и в настоящее время вокруг этого понятия идут споры. Разные исследователи вкладывают различный смысл в этот термин — от всеохватывающего взгляда типа «все законы физики можно воспринимать как информацию, заложенную в веществе природой» до утверждения, что это понятие историческое, и необходимость его возникает на тех этапах развития материального мира, когда возникает живая природа и общество. А во всех остальных случаях можно обойтись без термина «информация», и для описания протекающих процессов вполне достаточно законов химии и физики.

Мы рассмотрели две крайние спорные современные точки зрения. Приведем также классическое определение информации, сформулированное в пятидесятых годах ученым У. Р. Эшби: **информация есть мера структурного разнообразия.**

Обратите внимание, не просто «разнообразия», а структурного, то есть понятие «информация» предполагает, что изучаемый объект не просто хаос, а имеет некоторую структуру. Именно она определяет ценность информации, а ее количество связано с набором таких структур, то есть с их разнообразием. Профессор Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана В. Н. Волченко пошел дальше и предложил такое определение [6]: **информация — мера структурно-смыслового разнообразия и степени свободы его выбора.**

Можно утверждать, что каждому явлению соответствует некоторая информация. Особенно ясно это положение было раскрыто при анализе мира сознания и информационного мира. Любому явлению должна предшествовать информация о нем, мыслеобраз, проект. Профессор В. Н. Волченко ввел понятие проявленной и непроявленной информации и утверждает, что «непроявленная информация — это информация „в потенциале“, в закодированном виде, как бы “до востребования”, смысл которой скрыт от челове-

ческого сознания. ...В компьютере, например, непроявленная информация содержится на запоминающих устройствах» [6]. Проявленная информация — это изображение на дисплее или «распечатка». Отображенная информация предполагает объект восприятия, то есть наличие информационного или энергоинформационного взаимодействия. Творящая информация стимулирует процесс творчества и так далее. Мы видим, что определить этот термин единственным образом невозможно [6].

Оценка информации в тексте

Для того, чтобы лучше освоить, ощутить понятие «информация», приведенное в формулах (16.3)—(16.10), следует перейти к примеру, который относится к гуманитарной сфере — так называемой математической лингвистике.

Предполагается проделать следующий опыт. На 32 карточках выписать все буквы русского алфавита, а 33-ю оставить пустой (интервал). После тщательного перемешивания карт их извлекают наугад, записывают букву, а также интервал между буквами, возвращают карту в коробку, снова перемешивают, извлекают карту, записывают букву и интервал. Проведя такую процедуру 30–40 раз, получим набор букв. Математик Р. Добрушин в результате такого эксперимента получил набор букв, приведенный в первой строке таблицы 1 [42].

Чередование букв беспорядочно, хаотично. Энтропия текста велика. По предложенной методике вероятность извлечения любой из букв одинакова, то есть

$$w_A = w_B = \dots = w_{\text{я}} = 1/32.$$

Вероятность извлечения пустой карточки (промежуток между словами) также равна $1/32$: на 32 буквы выпадает один интервал.

Энтропия появления каждой следующей буквы в тексте подсчитывается по формуле (16.10)

$$I = -\sum_{i=A}^{\text{я}} w_i \log_2 w_i = -(w_A \log_2 w_A + w_B \log_2 w_B + \dots + w_{\text{я}} \log_2 w_{\text{я}}). \quad (16.11)$$

Если вероятности появления букв одинаковы $w_A = w_B = \dots = w_D$, то получаем энтропию $I \approx 5$ бит.

В реальных текстах частота появления каждой буквы и интервалы различны. В таблице 2 приведены частоты w_i букв в русском языке. Из-за неодинаковой вероятности появления различных букв в реальных текстах их энтропия меньше, чем в первом опыте. Во втором опыте в коробку помещается уже не 32 карточки, а больше: число карточек пропорционально вероятностям появления букв. Например, на одну карточку с буквой Ф ($w_\Phi = 0,002$) приходится 45 карточек с буквой О ($w_O = 0,090$). Затем, как и в первом опыте, идет вытаскивание и возвращение карточек. В результате появляется фраза № 2 (таблица 1), которая более упорядочена.

Во-первых, из текста исчезли несуразно длинные слова.

Во-вторых в фразе № 2 гласные и согласные чередуются более равномерно, но, тем не менее, не все можно даже прочитать, не говоря уже о смысле.

Подставим в формулу (16.11) вероятность появления отдельных букв

$$I_1 = -0,175 \log_2 0,175 - 0,090 \log_2 0,090 - \dots - 0,002 \log_2 0,002 = 4,355$$

Количество информации в сообщении, приходящейся на одну букву, уменьшилось с 5 до 4,35 бит, так как мы располагаем сведениями о частотах встречаемости букв.

Но в языке существует частотный словарь, где учтены не только частоты отдельных букв, но и их сочетаний (парных, тройных и так далее). Если учесть вероятность четырехбуквенных сочетаний в русском тексте, то получим фразу № 3 (таблица 1).

Анализ зависимости (16.10) позволяет выявить внутреннюю структуру, организованность системы. Эта зависимость связывает энтропию с элементами системы. Если все события равновероятны, то данная система не имеет структуры, организованности, то есть хаотична. Энтропия при этом максимальна. Если элементы системы (вероятность системы) перераспределены — чего-то больше, чего-то меньше — это свидетельствует о структуризации системы, ее большей организованности, ее упорядоченности.

По мере учета все более протяженных корреляций возрастает сходство полученных «текстов» с русским языком, но до осмысленности все еще далеко, а исходная фраза приведена в таблице 1 за номером 4.

Таблица 1

| № фразы | Фраза | Условия получения фразы |
|---------|--|--|
| 1 | СУХЕРРОБЬДШ ЯЯХВУИ ЮАЙЖТЛФВНЗАГФО ЕНВШТУР ПХГБКУЧТЖЮ РЯМЧЬЙХРЫС | Равная вероятность всех букв алфавита и интервала между словами. |
| 2 | ЕЫНТ УИЯБЬА ОЕРВ ОДНГ БУЕМЛОЛЙКЗБЯ ЕВНТША | Учтены вероятности отдельных букв и пробелов между ними. |
| 3 | ВЕСЕЛ ВРАТЬСЯ НЕ СУХОМ И НЕПО И КОРКО | Учтены вероятности 4-буквенных сочетаний |
| 4 | ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ ПОЗВОЛЯЕТ ИЗУЧИТЬ ЭТО СВОЙСТВО РЕАЛЬНЫХ | Соблюдены реальные вероятности сочетания всех букв, всех правил грамматики |

Таблица 2

| Частота букв w_i в русском языке | | | | | | | |
|------------------------------------|-------|---|-------|------|-------|---|-------|
| Пробел | 0,175 | Р | 0,040 | Я | 0,018 | Х | 0,009 |
| О | 0,090 | В | 0,038 | Ы | 0,016 | Ж | 0,007 |
| Е, Ё | 0,072 | Л | 0,035 | З | 0,016 | Ю | 0,006 |
| А | 0,062 | К | 0,028 | Ь, Ы | 0,014 | Ш | 0,006 |
| И | 0,062 | М | 0,026 | Б | 0,014 | Ц | 0,003 |
| Т | 0,053 | Д | 0,025 | Г | 0,013 | Щ | 0,003 |
| Н | 0,053 | Г | 0,023 | Ч | 0,012 | Э | 0,003 |
| С | 0,045 | У | 0,021 | Й | 0,010 | Ф | 0,002 |

Избыточность информации и коэффициент стохастичности

Запишем последовательные значения информационной энтропии при учете все более протяженной корреляции для русского языка.

| I_0 | I_1 | I_2 | I_3 | ... | I_∞ |
|----------|----------|----------|----------|-----|------------|
| 5,00 бит | 4,35 бит | 3,52 бит | 3,01 бит | ... | 1 бит |

Вернемся к текстам, представленным в таблице 1.

С помощью функции $-Sw_i \log w_i$ можно подсчитать, что при переходе от фразы № 1 к фразе № 4 энтропия текста уменьшилась примерно в 5 раз. Во фразе № 2 неопределенность появления каждой буквы составляет примерно 4 бита на букву. Во фразе № 4 неопределенность составляет 1 бит на букву. Это вызвано тем, что в структуре реального текста содержится информация обо всех грамматических и фонетических правилах русского языка. Разница между энтропией реального текста $I_\infty = 1$ бит/буква и максимальной энтропией фразы $I_\infty = 5$ бит/буква и есть количество информации.

Язык характеризуется избыточностью информации R , которую можно вычислить как

$$R \approx 1 - \frac{I_n}{I_\infty}, \quad (16.12)$$

где I_n — значение информационной энтропии при данном уровне n корреляций.

Для русского языка избыточность для корреляций $n = 0, 1, 2, 3$ составляет

| R_0 | R_1 | R_2 | R_3 | ... | R_∞ |
|-------|-------|-------|-------|-----|------------|
| 0 | 0,13 | 0,30 | 0,40 | ... | 0,80 |

Однако на избыточность информации можно посмотреть по-иному: исследование сообщений текстов телеграмм, кодов и так далее показало, что все они обладают избыточной информацией, которую можно и не передавать по каналам связи. Но то, что избыточно для каналов связи, вовсе не лишнее для самого языка. Именно избыточная информация, накапливаемая в совокупности всех грамматических и фонетических правил и сделала язык языком. Функция $-Sw_i \log w_i$ отразила в себе весь процесс упорядочивания как постепенный переход от равенства всех вероятностей к их существенному различию, когда вероятность буквы О воз-

растает до 0,09, а буквы Ф — падает до 0,0002. Если процесс упорядочивания текста будет и дальше продолжаться, то можно предсказать, что же в конце концов получится. Бессмысленная фраза № 1 получила подобие знакомых нам текстов, когда разные буквы стали иметь разные вероятности. Но чем больше вероятности одних букв, тем меньше вероятности остальных в силу условия $\sum w_i = 1$: преимущество одних букв оплачивается бесправием других.

Продолжим этот процесс далее, и тогда одна какая-нибудь буква, например, А, заберет все права, то есть $w_A = 1$, а вероятности появления остальных букв $w_i = 0$. Предельное значение энтропии $S = 0$, так как $\ln 1 = 0$, то есть система обладает наибольшей упорядоченностью 0. Здравый смысл подсказывает, что крайние состояния системы $S = 0$ и $S = S_{\max}$ нереальны.

Итак, доведенное до конца упорядочивание приводит к странному тексту типа АААААА... — происходит вырождение.

Однако в некоторых случаях и такой текст может оказаться полезным: он может служить сигналом какого-нибудь события. Например, сообщение о том, что прибыл груз. Пока вероятности букв одинаковы, текст бессмысленно хаотичен; вероятности появления букв различны — в тексте появляется некоторый порядок; продолжаем этот процесс дальше, и текст превращается в повторение одной буквы. Избегнув хаоса, текст устремляется к упрощению, не несущему информации. Но это только на первый взгляд. На самом деле, дело гораздо сложнее: в мире есть и такие явления, которые похожи на текст из одной буквы, но, тем не менее, такая информация полезна. Например, на некоторые воздействия внешней среды организм отвечает стереотипно: почувствовали при ожоге боль — отдернули рефлекторно руку. По одной и той же команде осуществляется одно и то же движение, независимо от того, нагрет ли предмет до 70, 100 или 500 градусов. Пока есть различные вероятности, ответы разнообразны. Когда все сводится к одной букве, на любые запросы система дает один и

тот же ответ. Это — жестко детерминированные системы. Примером может служить Солнечная система, где движения планет предопределены на бесконечно долгое время. Но ведь эта система была когда-то энтропийной и непредсказуемой, хаосом движущихся в пространстве частиц.

Из хаоса возникла жестко детерминированная система, ведь условия существования системы тоже жестко определены. Возможно, что в отдаленном будущем, исчерпав энергию, погаснет Солнце, либо произойдет какое-либо космическое столкновение, и Солнечная система опять превратится в хаос частиц.

В значительной степени детерминированной системой можно считать сердце, задача которого — ритмично сжиматься, разжиматься и гнать кровь. При изменении внешних условий ритмичность работы сердца может нарушиться. Для регулировки процесса созданы нервная и гормональная системы. Без них сердце (при изменении условий) не сможет выполнять свои функции и станет непригодным, как текст из одной буквы А.

Для выявления закономерностей, присущих информации, удобно использовать письменный текст, который отражает более сложную систему — человеческий язык. Отметим, что исследование различных языков показало: все они обладают близкими статистическими характеристиками.

Наш язык — это гибкая, подвижная, легко адаптирующаяся в различных условиях система. В языке существует определенная доля непредсказуемости, доля «энтропии». Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Обозначим через I_{∞} избыточную информацию, которая позволяет прочитать текст, даже при нехватке букв, как было указано $I_{\infty} = 1 - \frac{\text{бит}}{\text{буква}}$.

Величина ΔI_n равна разности между энтропией реального текста $I_{\infty} = 1$ бит на букву и максимальной энтропией, например, фразы № 1 (таблица 2) $I_0 = 5$ бит на букву, то есть

$$\Delta I_n = I_0 - I_{\infty} = 5 - 1 = 4.$$

Введем понятие коэффициента стохастичности. Обозначим его G и определим следующим образом:

$$G = \frac{I_{\infty}}{I_0 - I_{\infty}}. \quad (16.13)$$

Сопоставляя формулы (16.12) и (16.13), найдем связь между избыточностью информации R и коэффициентом стохастичности G

$$G = \frac{1-R}{R}. \quad (16.14)$$

Вычислим коэффициент стохастичности для обычного литературного текста; выше было показано, что $I_{\infty} = 1$, $I_0 - I_{\infty} = 4 \frac{\text{бит}}{\text{буква}}$ и величина G по формуле (16.13) равна $G = \frac{1}{5-1} = \frac{1}{4} = 0,25$. Текст в высшей степени детерминированный, состоящий, например, из одной буквы А, обладает нулевой энтропией, то есть $I_{\infty} = 0$, и формула (16.13) приводит к коэффициенту стохастичности $G = 0$. Текст с максимальной энтропией (как во фразе 1 таблицы 1) обладает нулевой избыточностью $R = 0$, разность между энтропией этого текста и максимальной энтропией $\Delta I = 0$, и по формулам (4.10) и (4.11) получаем $G = \infty$. В официальных документах существует более жестокая детерминированность, чем в литературных текстах, и коэффициент стохастичности $G < 0,25$.

При $G = 0$ ничего нового сообщить нельзя, при $G = \infty$ невозможно ничего понять, так как на нас обрушивается поток бессмысленных слов. Оптимальное соотношение непредсказуемости (энтропийности) и детерминации (правил), как было показано, равен $G = 0,25$; это результат длительной эволюции языка.

Исследование на энтропийность сочетания звуков в музыкальных произведениях выявили оптимальное соотношение детерминированности и стохастичности, оно также $G = 0,25$.

В изобразительном искусстве также соблюдается это правило: если картина несет в себе строгое изображение действительности (фото), то ее G близка к нулю. Напротив, в «творениях без оглядки» (абстрактная живопись) G возрастает. В подобных произведениях не всегда возможно уловить смысл.

В заключение отметим, что для реальных случаев коэффициент G определить очень сложно, здесь можно рассуждать только о тенденциях (тяготению к $G = 0$ или $G = \infty$), окончательный суд могут вынести на интуитивном уровне эксперты.

Рассуждения о коэффициенте стохастичности применимы ко многим явлениям нашей жизни — архитектуре городов, феномену моды, к психике человека и так далее. Психический комфорт, ощущение счастья, по-видимому, определяется тем, насколько условия жизни индивидуума соответствуют потребностям его психики.

Наверное, в любой ситуации должен сформироваться оптимальный коэффициент стохастичности $G_{\text{опт}}$ на всех уровнях организации — в косной, живой и социальной природе.

Смысл бытия человека заключается в непрерывности процесса достижения, иначе сказать, в самой жизни, а не собственно в цели. Когда цель четко сформулирована, и ее достижение связано с выполнением четких правил «дважды два — четыре», то достижение такой цели уже не принесет человеку ожидаемой радости: ведь «дважды два — четыре» есть уже не жизнь, а начало смерти.

Негэнтропийный принцип информации

Французский физик Лион Бриллюэн (1889–1969) сформулировал так называемый *негэнтропийный* принцип информации: количество накопленной и сохраняемой в структуре системы упорядоченности равно уменьшению ее энтропии [42].

Принято считать, что информационная мера упорядоченности (порядка) Π равна разности между максимальным X_{max} и текущим X значениями меры хаоса, то есть

$$\Pi = X_{\text{max}} - X.$$

Иначе говоря, мера хаоса X и мера упорядоченности Π являются взаимодополняющими функциями. Пусть все состояния равновероятны, тогда $X = X_{\max}$ и $\Pi = 0$. При полной упорядоченности, наоборот, $X = 0$ и $\Pi = X_{\max}$. Можно сформулировать следующее правило: **насколько возрастает мера порядка $\Delta\Pi$, настолько же убывает и мера беспорядка ΔX** , то есть негэнтропийный принцип информации, как и утверждал Бриллюэн, принимает вид:

$$\Delta X = \Delta\Pi, \text{ или } \Delta(X - \Pi) = 0. \quad (16.15)$$

Значок Δ в данном случае говорит об изменении, то есть возрастании или убывании величин X и Π . При интегрировании формулы (16.15) получаем великий закон Природы

$$X + \Pi = \text{const}, \quad (16.16)$$

то есть две противоположности — **порядок и хаос — находятся в неустойчивом равновесии, а их сумма есть величина постоянная.**

Отметим, что неживая природа, действуя бесцельно и безразлично, выбирает вариант, дающий малое количество информации. Осмысленное действие живой системы резко сужает поле выбора. Количество информации при этом растет во все убыстряющемся темпе. В процесс вовлекается все больше вещества и энергии. Деятельность разумного и духовно развитого человека направлена на повышение упорядоченности окружающей среды. Если эта деятельность прекращена, слепые силы природы увеличивают неупорядоченность и уничтожают труды человека. В процессе упорядочения человек уменьшает энтропию среды, иными словами, как бы извлекает отрицательную энергию (негэнтропию) из окружающей среды, а затем использует ее для конструирования собственных тканей и для поддержания жизненных процессов. Наряду с другими оценками, результат труда можно характеризовать повышением упорядоченности, то есть количеством управляющей информации или негэнтропии, введенной человеком в окружающую среду.

Вспомним еще раз классическое определение информации по Эшби и подчеркнем — не просто разнообразия, а

структурного разнообразия, что имеет существенное значение, поскольку указывает на связь этого понятия со структурой, то есть каким-то порядком. Если рассматривать большие системы, то их структура определяется функциональным назначением. Следовательно, просматривается связь: информация — функциональное назначение — порядок. Эти соображения становятся более четкими при совместном анализе энтропии и информации.

Информация содержится повсюду: в живой клетке и в мертвом кристалле, в живой и машинной памяти. Информационные взаимодействия присущи как материальному, так и духовному миру. Понимание этого открыло перед естествоиспытателем еще один путь к познанию окружающего нас мира с помощью вероятностной формулы (16.10)

$$I = - \sum w_i \log_2 w_i .$$

Гармония и золотое сечение в Природе

До сих пор основное внимание обращали на степень порядка (детерминизма) и беспорядка (стохастичности) и на их количественное определение. Рассматривались примеры из искусства, живого языка и отмечались элементы как порядка, так и беспорядка в этих областях культуры.

В результате мы получили странный вывод: вроде бы полный хаос плохо воспринимается человеком, но и абсолютный порядок тоже не является идеалом Природы. К чему же стремится Природа, чего нужно добиваться Человеку? Ответ дадим категоричный и неопределенный — Гармонии.

Гармония — строгая согласованность частей одного целого, соразмерное сочетание всех элементов художественного произведения, или соотношение качественных различий, взятых как единое целое [89].

Иными словами, явление или связь состоит из частей, их количественные различия надо рассматривать как единое целое и найти между ними оптимальное соотношение. Мы уже упоминали, что различия могут состоять в степени порядка

(детерминизма) и беспорядка (стохастичности). Может быть, в степени их количественного соотношения и кроется тайна гармонии? Обратимся к раннему опыту человечества.

Допустим, у людей возникла потребность во всеобщем законе Природы. Этот закон мог бы связать воедино всю Природу: живую, неживую, искусство, социальные процессы и так далее. Возникает вопрос, каков тот математический образ, который пригоден для описания гармонии? По-видимому, это не буква, а конкретное число.

Соотношение стохастичности и детерминизма можно усмотреть в старинных правилах так называемого золотого сечения, или правилах гармонии. В древности гармония понималась как всеобщий закон природы. Пифагор считал, что мир есть гармония и ритмика.

Обратим внимание на поиск идеи гармонии в более ранние времена аграрной цивилизации и посмотрим, как пытались математически описать гармонию в Древнем Египте, на Востоке, в Древней Греции. В те далекие времена велся поиск математической сути гармонии, рассматривались идеи симметрии, деления целого отрезка на пропорциональные части. Например, целый отрезок можно разделить на две части по правилам арифметической, геометрической, гармонической пропорциональности. (Позже мы вернемся к этой проблеме и дадим определение этих понятий.) Возникает вопрос, какое из этих делений целого на части приведет человека к ощущению гармонии, красоты?

Прагматика науки отодвинула идеи о красоте и гармонии на второй план, хотя они не переставали волновать ученых, философов, художников. Развитие теории информации и синергетики вновь возвращает людей к этой проблеме. Математический закон гармонии можно усмотреть в количественном соотношении стохастичности и детерминизма.

Вернемся к ранним временам, когда учение о гармонии получило свое развитие как наука о пропорциях.

В математике **пропорцией** (от лат. *proportio*) называется соотношение различных частей a и b от целого $c = a + b$. По мнению древних греков, гармония есть связь различных ча-

стей в единое целое. Напомним основные пропорции, например, когда целое x делится на две части a и b . При этом возможны различные варианты (рис. 62):

среднее арифметическое \bar{x} определяется из соотношения $a - x = x - b$ как $\bar{x} = \frac{a+b}{2}$;

среднее геометрическое \hat{x} — из соотношения $\frac{a}{x} = \frac{x}{b}$ как $\hat{x} = \sqrt{ab}$;

среднее гармоническое \tilde{x} — из соотношения $\frac{a-x}{x-b} = \frac{a}{b}$ как $\frac{1}{\tilde{x}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$.

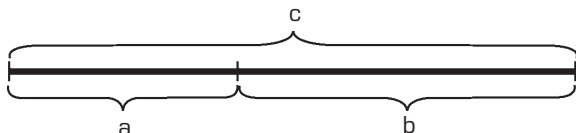


Рис. 62. Деление целого c на части a и b .

Гармония также проявляется в правиле золотого сечения — еще одного закона пропорциональной связи целого и составляющего его частей. Классический пример золотого сечения $x^{(3)}$ — деление отрезка в среднепропорциональном отношении, когда целое $(a+b)$ так относится к большей своей части a , как большая часть a к меньшей b

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}. \quad (16.17)$$

Обозначим $\frac{a}{b} = x$ и запишем это уравнение в виде:

$$x^2 - x - 1 = 0, \quad x = \frac{a}{b}. \quad (16.18)$$

Решение уравнения имеет два корня

$$x_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2},$$

численные значения которых принято обозначать греческой буквой Φ (фи) по имени итальянского математика Леонардо Фибоначчи, и они равны

$$\Phi_1 = 1,618 \quad \text{и} \quad \Phi_2 = -0,618 = -\frac{1}{\Phi_1}. \quad (16.19)$$

Загадочное число Фибоначчи

Остановимся более подробно на работах Фибоначчи, его предшественников и последователей, так как они, на наш взгляд, имеют колоссальное значение для человеческой цивилизации и осознания гармонии [49, 94].

В эпоху аграрной цивилизации эта проблема получила основное решение, затем периодически забывалась, к ней возвращались вновь, и в наше время она опять выходит на первый план при решении задач, с которыми столкнулись индустриальная и информационная цивилизации.

Начнем с древнейших работ по математике. Классики были прекрасными геометрами, мыслили пространственными образами, писали научные работы и обучали детей на примерах геометрической науки. На идеях золотой пропорции базируются основные геометрические фигуры. Например, **золотой треугольник** — равнобедренный треугольник, у которого отношение длины боковой стороны к длине основания равняется 1,618 (рис. 63). В **звездчатом пятиугольнике** (пентаграмме) каждая из пяти линий, составляющих эту фигуру, делит другую в отношении золотого сечения, а концы звезд являются золотыми треугольниками, вершины

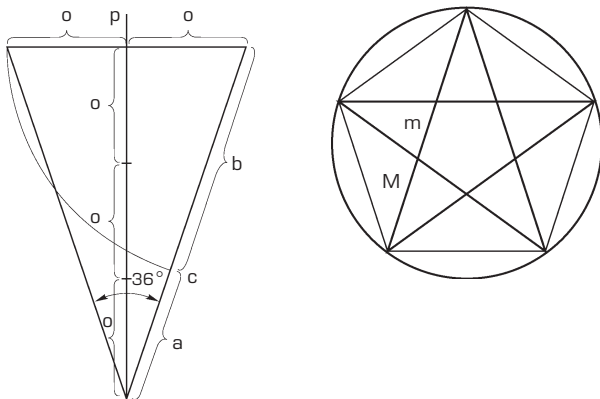


Рис. 63, 64. Золотые треугольник и пентаграмма.

которых образуют угол 36° . Пентаграмма стала для пифагорейцев магическим знаком — символом их тайного ордена.

Думается, будет интересно здесь рассмотреть более подробно историю открытия Фибоначчи.

Итальянский купец Леонардо из Пизы (1180—1240), более известный под прозвищем Фибоначчи (сын Боначчи), был, безусловно, самым значительным математиком средневековья. Трудно переоценить его роль в развитии математики и распространении в Европе математических знаний.

Жизнь и научная карьера Леонардо теснейшим образом связана с развитием европейской культуры и науки. До Возрождения еще было далеко, но эпоха, в которую жил Фибоначчи, может быть названа репетицией надвигающегося Ренессанса. Этой «репетицией» руководил император Священной Римской империи Фридрих II. Воспитанный в традициях южной Италии, Фридрих II был далек от европейского христианского рыцарства. Он совсем не признавал столь любимые его дедом рыцарские турниры. Вместо этого культивировались менее кровавые математические соревнования, на которых обменивались не ударами, а задачами.

На таких турнирах и проявился, заблестал талант Леонардо Фибоначчи. Этому способствовало хорошее образование, данное сыну купцом Боначчи. Отец, взявший Леонардо с собой на Восток, приставил к нему арабских учителей. Покровительство Фридриха и стимулировало выпуск научных трактатов Фибоначчи. По этим книгам, превосходящим по своему уровню арабские и европейские сочинения, учили математику чуть ли не до времен Р. Декарта (XVIII век).

В частности, Фибоначчи рассматривает следующую задачу:

«Некто поместил пару кроликов в некоем месте, огороженным со всех сторон стеной, чтобы узнать, сколько пар кроликов родится при этом в течение года, если природа кроликов такова, что через месяц пара их производит на свет другую пару, а рожают кролики со второго месяца после своего рождения».

Ясно, что если считать первую пару кроликов новорожденными, то на второй месяц мы будем по-прежнему иметь одну пару; на 3-й месяц — $1 + 1 = 2$ пары; на 4-й — $2 + 1 = 3$ пары (ибо из двух имеющихся пар потомство дает лишь одна пара); на 5-й — $3 + 2 = 5$ пар (лишь 2 родившиеся на 3-й месяц пары дадут потомство на 5-й месяц); на 6-й месяц — $5 + 3 = 8$ пар (ибо потомство дадут только те пары, которые родились на 4-м месяце) и так далее (см. рис. 65).

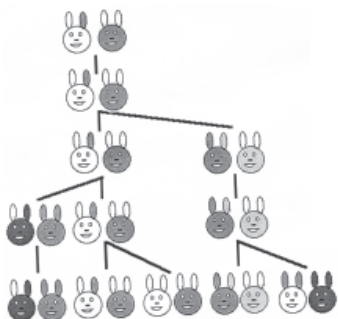


Рис. 65. Задача Фибоначчи.

Таким образом, если обозначить число пар кроликов, имеющихся на n -м месяце, через F_n , то $F_1 = 1$, $F_2 = 1$, $F_3 = 2$, $F_4 = 3$, $F_5 = 5$, $F_6 = 8$, $F_7 = 13$, $F_8 = 21$ и так далее, причем образование этих чисел регулируется законом:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \quad (16.20)$$

при всех $n > 2$, ведь число пар кроликов на n -м месяце равно числу F_{n-1} пар кроликов на предшествующем месяце плюс число вновь родившихся пар, которое совпадает с числом F_{n-2} пар кроликов, родившихся на $(n - 2)$ месяце (ибо лишь эти пары кроликов дают потомство).

Числа F_n , образующие последовательность 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233..., называются «**числами Фибоначчи**», а сама последовательность — **последовательностью, или рядом Фибоначчи**. Суть последовательности Фибоначчи в том, что, начиная с 1, каждое следующее число получается путем сложения двух предыдущих (см. формулу (16.20)).

Возникают два вопроса: чем эта последовательность так важна; и чем она примечательнее других числовых последовательностей?

Данная последовательность, асимптотически (приближаясь все медленнее и медленнее) стремится к некоторому постоянному соотношению. Однако, это соотношение иррацио-

нально, то есть представляет собой число с бесконечным непредсказуемым чередованием десятичных цифр в дробной части. Его невозможно выразить точно. Ранее мы обозначили эту величину греческой буквой $\Phi = 1,618$.

При делении любого члена последовательности Фибоначчи на следующий за ним получается просто обратная к 1,618 величина ($1 : 1,618 = 0,618$). Но это тоже весьма необычное, даже замечательное явление. Поскольку первоначальное соотношение — бесконечная дробь, у этого соотношения также не должно быть конца.

При делении каждого числа на следующее за ним через одно, получаем число 0,382 ($1 : 0,382 = 2,618$). Подбирая таким образом соотношения, получаем основной набор коэффициентов Фибоначчи: 4,235; 2,618; 1,618; 0,382; 0,236. Все они играют особую роль в Природе, в частности, в техническом анализе.

Тут необходимо отметить, что Фибоначчи лишь напомнил эту последовательность человечеству, так как она была известна еще в древнейшие времена.

Этому соотношению начали давать особые названия: божественная пропорция (математик Лука Пачиолли), среднее и крайнее соотношение (Евклид). И. Кеплер сказал по этому поводу: «Геометрия владеет двумя сокровищами: одно из них — теорема Пифагора, другое — деление отрезка в крайнем и среднем отношении. Первое можно назвать мерой золота, второе же больше напоминает драгоценный камень». Термин «золотое сечение» вошел в употребление лишь в XIX веке.

История золотого сечения

Принято считать, что понятие о золотом сечении ввел в научный обиход Пифагор, древнегреческий философ и математик (VI век до н. э.). Существует предположение, что Пифагор свое знание золотого деления позаимствовал у египтян и вавилонян.

И действительно, пропорции пирамиды Хеопса, храмов, барельефов, предметов быта и украшений гробницы Тутанхамона свидетельствуют, что египетские мастера при их создании пользовались соотношениями золотого деления. Французский архитектор Ле Корбюзье выявил, что в рельефе храма фараона Сети I в Абидосе и в рельефе, изображающем фараона Рамсеса, пропорции фигур соответствуют величинам золотого деления. Зодчий Хесира, изображенный на рельефе деревянной доски из гробницы его имени, держит в руках измерительные инструменты, в которых зафиксированы пропорции золотого сечения.

Платон (427—347 гг. до новой эры) также знал о золотом делении. Его диалог «Тимей» посвящен математическим и эстетическим воззрениям школы Пифагора и, в частности, вопросам золотого деления.

В фасаде древнегреческого храма Парфенона присутствуют золотые пропорции. При его раскопках обнаружены циркули, которыми пользовались архитекторы и скульпторы античного мира. В Помпейском циркуле (музей в Неаполе) также заложены пропорции золотого деления.

Монах Лука Пачиолли прекрасно понимал значение искусства для науки. В 1496 году по приглашению герцога Монро он приезжает в Милан, где читает лекции по математике. В Милане при дворе Монро в то время работал и Леонардо да Винчи. В 1503 году в Венеции была издана книга Луки Пачиолли «Божественная пропорция» с блестяще выполненными иллюстрациями, ввиду чего полагают, что их сделал Леонардо да Винчи. Книга была восторженным гимном золотой пропорции.

Будучи монахом, Лука Пачиолли среди многих достоинств золотой пропорции упомянул и ее «божественную суть» как выражение божественного триединства: Бог—Сын, Бог—Отец и Бог—Дух святой (подразумевалось, что малый отрезок есть олицетворение Бога—Сына, большой отрезок — Бога—Отца, а весь отрезок — Бога—Духа святого).

Леонардо да Винчи также много внимания уделял изучению золотого деления. Он производил сечения стереоме-

трического тела, образованного правильными пятиугольниками, и каждый раз получал прямоугольники с отношениями сторон в золотом делении. Поэтому-то он и дал этому делению название **«золотое сечение»**. Таким оно остается до сих.

В то же время на севере Европы, в Германии, над теми же проблемами трудился Альбрехт Дюрер. Он делает наброски введения к первому варианту трактата о пропорциях. Дюрер пишет: «Необходимо, чтобы тот, кто что-либо умеет, обучил этому других, которые в этом нуждаются. Это я и вознамерился сделать».

Судя по одному из писем Дюрера, он встречался с Лукой Пачиолли во время пребывания в Италии. Альбрехт Дюрер подробно разрабатывает теорию пропорций человеческого тела. Важное место в своей системе соотношений он отводил золотому сечению. Рост человека делится в золотых пропорциях линией пояса, а также линией, проведенной через кончики пальцев опущенных рук; нижняя часть лица — ртом и так далее.

Великий астроном XVI века Иоган Кеплер назвал золотое сечение одним из сокровищ геометрии. Он первый обращает внимание на значение золотой пропорции для ботаники (рост растений и их строение).

В последующие века правило золотой пропорции превратилось в канон, и когда началась борьба с академической рутинной, в пылу борьбы «вместе с водой выплеснули и ребенка». Вновь «открыли» золотое сечение в XIX веке. В 1855 году немецкий профессор Цейзинг опубликовал свой труд «Эстетические исследования». Он абсолютизировал пропорцию золотого сечения, объявив ее универсальной для всех явлений природы и искусства.

Остановимся на египетских и мексиканских пирамидах, где также встречается золотое сечение. Многие пытались разгадать секреты пирамид в Гизе. В отличие от других египетских пирамид, это не гробница, а скорее неразрешимая головоломка из числовых комбинаций. Замечательные изобретательность и мастерство архитекторов пирамиды, ис-

пользованные ими при возведении вечного символа, указывают на чрезвычайную важность послания, которое они хотели передать будущим поколениям. Их эпоха была дописменной, доиероглифической, и символы были единственным способом записи открытий.

Ключ к секрету пирамиды в Гизе, так долго бывшему для человечества загадкой, в действительности был передан Геродоту храмовыми жрецами, сообщившими ему, что пирамида построена так, чтобы площадь каждой из ее граней была равна квадрату ее высоты.

Эти интересные наблюдения подсказывают, что конструкция пирамиды основана на пропорции $F = 1,618$. Современные ученые склоняются к мысли, что древние египтяне построили ее с единственной целью — передать знания, которые они хотели сохранить для грядущих поколений. Интенсивные исследования пирамиды в Гизе показали, сколь обширными были в те времена познания в математике и астрологии. Во всех внутренних и внешних пропорциях пирамиды число 1,618 играет центральную роль.

Но не только египетские пирамиды построены в соответствии с совершенными пропорциями золотого сечения, тот же феномен обнаружен и у мексиканских пирамид. Возникает мысль, что как египетские, так и мексиканские пирамиды были возведены приблизительно в одно и то же время людьми общего происхождения.

Принципы формообразования в Природе

Все, что приобретало какую-то форму, образовывалось, росло, стремилось занять место в пространстве и сохранить себя. Это стремление выражается в основном в двух вариантах — рост вверх или расстилание по поверхности земли и закручивание по спирали.

Раковина закручена по спирали. Если ее развернуть, то длина ленты лишь немного уступает длине змеи. Небольшая 10-сантиметровая раковина имеет спираль длиной

35 см. Спирали очень распространены в природе. Представление о золотом сечении будет неполным, если умолчать о спирали.

Форма спирально завитой раковины привлекла внимание Архимеда. Он изучал ее и вывел уравнение спирали. Спираль, вычерченная по этому уравнению, называется его именем. Увеличение ее шага всегда равномерно. В настоящее время спираль Архимеда широко применяется в технике (рис. 66).

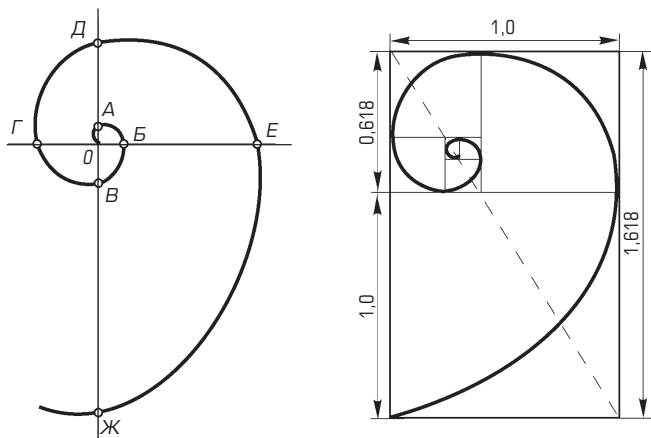


Рис. 66. Спираль Архимеда.

Гете подчеркивал тенденцию природы к спиральности. Винтообразное и спиралевидное расположение листьев на ветках деревьев подметили давно. Спираль усмотрели в расположении семян подсолнечника, в шишках сосны, ананасах, кактусах. Совместная работа ботаников и математиков пролила свет на эти удивительные явления природы. Выяснилось, что в расположении листьев на ветке (фило-таксис), семян подсолнечника, шишек сосны проявляет себя ряд Фибоначчи, а, стало быть, и закон золотого сечения. Паук плетет паутину спиралеобразно; спиралью закручива-

ется ураган; испуганное стадо северных оленей разбегается по спирали; молекула ДНК закручена двойной спиралью.

Гете назвал спираль «кривой жизни». Пьер Кюри в начале XX столетия сформулировал ряд глубоких идей симметрии. Он утверждал, что нельзя рассматривать симметрию какого-либо тела, не учитывая симметрию окружающей среды.

Закономерности «золотой» симметрии проявляются в энергетических переходах элементарных частиц, в строении некоторых химических соединений, в планетарных и космических системах, в генных структурах живых организмов; проявляются в биологических ритмах и функционировании головного мозга и зрительного восприятия, а также в строении отдельных органов человека (рис. 67).

В 1855 году немецкий исследователь золотого сечения профессор Цейзинг опубликовал результаты колоссальной работы — он измерил около двух тысяч человеческих тел и пришел к выводу, что золотое сечение выражает средний статистический закон: деление тела точкой пупка — важнейший показатель — подчиняется закону золотого сечения.

Пропорции мужского тела колеблются около среднего отношения $13 : 8 = 1,625$ и несколько ближе подходят к золотому сечению, чем пропорции женского тела, среднее

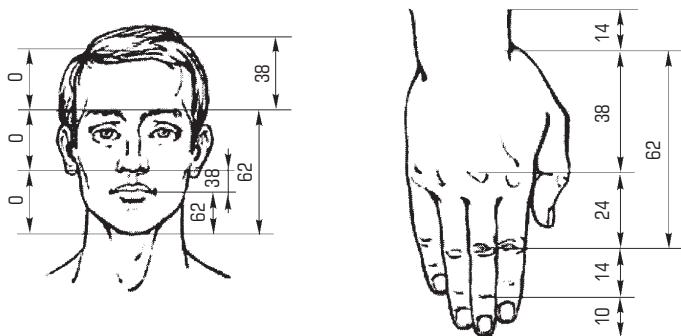


Рис. 67. Золотые пропорции в частях человеческого тела.

значение для которого выражается в соотношении $8 : 5 = 1,6$ (рис. 68). У новорожденного пропорция составляет отношение $1 : 1$; к 13 годам она равна 1,6, а к 21 году равняется мужской. Результаты этих исследований были опубликованы Цейзингом в труде «Эстетические исследования».

Справедливость своей теории Цейзинг проверял на греческих статуях. Наиболее полно он разработал пропорции Аполлона Бельведерского. Подверглись исследованию греческие вазы, архитектурные сооружения различных эпох, растения, птичьи яйца, музыкальные тона, стихотворные размеры. Цейзинг дал определение золотому сечению, показал, как оно выражается в отрезках прямой и в цифрах. Когда цифры, выражающие длины отрезков, были получены, Цейзинг увидел, что они составляют ряд Фибоначчи, который можно продолжать до бесконечности в одну и в другую сторону. Следующая его книга имела название «Золотое сечение как основной морфологический закон в природе и искусстве». В 1876 году в России была издана небольшая книжка, почти брошюра, с изложением этого труда Цейзинга. Автор укрывался под инициалами Ю. Ф. В.

Как уже указывалось, исследователи, изучая уникальные особенности золотого сечения, находили его в строевании музыкальных произведений, архитектуре, ботанике и других областях и придавали ему значение критерия красоты и гармоничности.

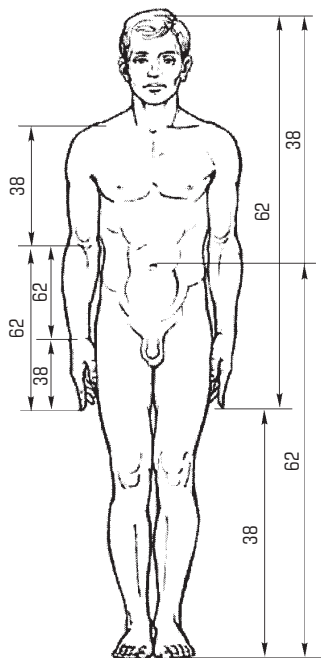


Рис. 68. Золотые пропорции в фигуре человека.

Приведем выборку целых отраслей знания, где в том или ином виде обнаружено золотое сечение:

- 1) растительные и животные организмы,
- 2) пропорции тела и органов человека,
- 3) биоритмы головного мозга,
- 4) строение почвенного плодородного слоя,
- 5) планетарные системы,
- 6) свойства элементарных частиц,
- 7) темперируемый звукоряд,
- 8) произведения всех видов искусств, включая архитектуру.

Золотое сечение является основой построения гармоничных форм, абсолютным законом формообразования в природе, частью которой являемся и мы. Ведь когда мы рассматриваем и оцениваем какой-либо предмет (с точки зрения эстетики), мы не спешим пользоваться при этом определенными измерительными средствами. Нам помогает это осуществить зрительное восприятие формы этого предмета — она должна «радовать глаз». И только тогда мы выносим свой вердикт: «Да, это красиво, гармонично».

Выше рассматривалось отношение стохастичности и детерминизма на основании теории информации и древних правил золотого сечения. Мы говорили о том, что рассуждения о коэффициенте стохастичности применимы ко многим явлениям социальной жизни — к архитектуре городов, феномену моды, к психике человека и так далее.

Психический комфорт, ощущение счастья, по-видимому, определяются тем, насколько условия жизни индивидуума соответствуют потребностям его психики. Последняя как заложена в нем от природы, так и сформирована воспитанием и может также характеризоваться критерием *С* (см. выше). Натуре человека противопоставлены как чрезмерное бравирование спонтанностью (оригинальничанье), так и излишняя детерминированность, подчиненная требованиям выгоды и удобства. Высокая психическая спонтанность приводит к нравственной неустойчивости, беспокойству, лишает способности к сосредоточенной работе. Чрез-

мерно детерминированная психика убивает творческое начало, лишает артистизма. Наверное, должен сформироваться в любой ситуации оптимальный коэффициент стохастичности $G_{\text{опт}}$ на всех уровнях организации — в костной, живой и социальной природе.

С этой позиции задача, например, психиатрии, заключается в создании такой обстановки, которая способна детерминировать слишком спонтанную психику или, напротив, с помощью эмоций «расшевелить» спонтанность. Природа предоставляет человеку свободу выбора, позволяющую внезапным удачным решением найти выход.

Принимая во внимание правила «золотого сечения», можно рекомендовать ориентироваться на $G_{\text{опт}} = 0,62$, то есть детерминированность должна составлять примерно 62%, а стохастичность — 38%. Это должно относиться ко многим проявлениям жизни. Например, можно ответить на вопрос, какой процент рыночной (стохастичной) и плановой (детерминированной) экономики нужно осуществить в гармонично развивающемся государстве; при каком сочетании классического реализма и абстракционизма произведение художественного творчества будет восприниматься как искусство.

Еще раз о природе информации

В главе 15 мы останавливались на проблемах гармонии при решении экономических проблем и организации общества. На основании исследования информационных процессов были даны более расплывчатые рекомендации, и речь шла только о тенденции коэффициента стохастичности к величине $G = 0$ или $G = \infty$. В частности, академик А. Н. Колмогоров нашел значение среднестатистической энтропии русского языка (АЯ), она оказалась равной

$$S_{\text{АЯ}} = 1,9 \frac{\dot{a}\dot{e}\dot{o}}{\dot{a}\dot{o}\dot{e}\dot{a}\dot{a}}. \quad [42]$$

Эта энтропия была получена при анализе самых разнообразных проявлений языка, от поэзии до канцелярских

текстов. Напомним, что максимальное значение энтропии $S_{max} = 5 \frac{áèò}{áóéää}$, разделим $\frac{S_{A\beta}}{S_{max}} = 0,380$, то есть, получаем величину «золотого сечения». Сравнение различных текстов показало, что ближе всего к «золотому сечению» оказались православные молитвы.

Трудно назвать среду человеческой деятельности, где бы золотое сечение не находило практического использования. Оно — вездесуще. Сегодня мы можем, даже обязаны выдвинуть тезис о том, что золотое сечение вовсе не частный случай пропорциональной зависимости, уникальной своими закономерностями, оно есть феномен, пронизывающий собой все и вся. Применяя золотое сечение в искусственно создаваемых системах (в том числе архитектурных сооружениях) мы заведомо обеспечиваем им резонансные свойства и создаем, как утверждает архитектор И. П. Шмелев, органично сбалансированную экосистему «человек — среда». Сооружения древних — это своего рода зоны, структурные свойства которых инвариантны вибрационным (биоритмическим) свойствам человека. Вот почему человек испытывает комфорт, находясь в этом пространстве. Поэтому принято считать, что золотое сечение есть также и условие экологической устойчивости [49].

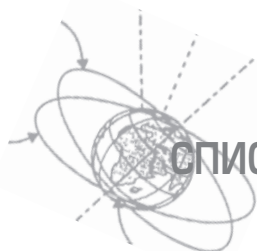
Как мы убедились, введенная Шенноном мера количества информации обладает большой общностью и применяется не только в технических трудах, но и в работах биологов, психологов, лингвистов, искусствоведов, философов и так далее. Как писал Шеннон: «Теория информации как модный, опьяняющий напиток, кружит голову всем вокруг». Впрочем, созданный им «модный напиток» не вскружил голову самому К. Шеннону. Он прекрасно понимал, что его теория далеко не универсальна, что предложенные им для измерения количества информации новые единицы — биты — не учитывают других важнейших свойств информации: ее ценности и смысла [42].

Опираясь на теорию Шеннона, многие ученые пытались найти такие меры количества информации, которые

учитывали бы ее меру и смысл. Но создать универсальные оценки не удалось: для разных явлений различными будут и критерии ценности и смысла. Они субъективны, так как зависят от того, кто именно будет ими пользоваться. Как уже указывалось, запах, несущий огромное количество информации для собаки, не чувствуется человеком. Все эти частные различия игнорируются мерой, предложенной Шенноном, и поэтому она в равной мере пригодна для исследования всех видов информационных процессов.

Соображения о природе информации показывают, что это сложное и не до конца выясненное понятие. Похоже, оно настолько же фундаментально, как и естественно-научные категории материи, пространства, времени, энергии. Проблемы Тонкого мира следует рассматривать, вводя такие фундаментальные категории, как информация и золотое сечение. Их сочетание поможет глубже проникнуть в особенности гармонии и Духа.

В заключение позволим себе немного пофантазировать. Во второй части книги высказывалось предположение о том, что понятие «информация» как бы связывает сознание и материю. Возникла концепция информационных отображений, согласно которой созданная однажды информация сохраняется вечно и каким-то образом отражается во Вселенной. Информационное отображение является дополнением ко всему телесному: отображения вечны, а телесные прототипы преходящи. Предполагают, что каждое отдельное информационное отображение может взаимодействовать со всеми остальными информационными отображениями во Вселенной мгновенно. Эти свойства информации — нетленность и распространение с бесконечно большой скоростью — служат гарантом однородности и стабильности Вселенной. Этим, в частности, пытаются также объяснить точность передачи генетической информации, обеспечивающей сохранность генотипов на протяжении сотен миллионов лет. Однако мы начинаем слишком уж дерзко заглядывать в информационную эру цивилизации и предугадывать ее научное развитие. Возможно, эти идеи окажутся далекими от действительности...



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Главный проспект*, областной еженедельник, Екатеринбург, № 1 (290), январь 1999.
2. *Тоффлер Э.* Третья волна. — М.: АСТ, 1999.
3. *Налимов В. В.* В поисках иных смыслов. — М.: ИГ «Прогресс», 1993.
4. *Лесков Л. В.* На пути к новой картине мира. // *Сознание и физическая реальность*, № 1, 1996.
5. *Шипов Г. И.* Теория физического вакуума. — М., 1997.
6. *Волченко В. Н.* Миропонимание и экоэтика XXI века. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001, 430 с.
7. *Джан Р. Г., Данн Б. Д.* Границы реальности, роль сознания в физическом мире. — М.: Институт высоких температур, 1995.
8. *Путгофф Н., Тарг В.* Перцептивный канал передачи информации на дальние расстояния. История вопроса и последние исследования. // *Журнал ТИИЭР*, т. 64, № 3, 1976.
9. *Моуди Р.* Жизнь после жизни. — М., 1992.
10. *Дубров А. П., Пушкин В. Н.* Парапсихология и современное естествознание. — М.: Соваминко, 1990.
11. *Винокуров И., Гуртовой Г.* Психотронная война. — М.: Мистерия, 1993.
12. *Порвин Л. М., Сперанский С. В.* Исследование связи «человек—животное» на дистанции Москва—Новосибирск. // *Парапсихология и психофизика*, № 1 (9). — М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. М. Васильева, 1993, с. 8—29.

13. Кругляков Э. П. «Ученые» с большой дороги. — М.: Наука, 2001.
14. Гроф С. За пределами мозга. — М.: Изд-во. Трансперсонального института, 1993.
15. Шюре Э. Великие посвященные. — СПб.: Книга-Принтшоп, 1990.
16. Планк М. Религия и естествознание. // Вопросы философии, № 8. — М.: Правда, 1990, с. 35–38.
17. Менделеев Д. И. Заветные мысли. — М.: Мысль, 1995, с. 393–394.
18. Обухов В. Л., Зобов Р. А., Сугакова Л. И., Ситников В. Л. Основы человековедения. Человек как микрокосм. — СПб.: Химиздат, 2001.
19. Вулдридж Д. Механизмы мозга. — М.: Мир, 1965.
20. Кобозев Н. И. Избранные труды. — М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, т. 2, 1978, 398 с.
21. Фресс П., Пиаже Ж. Экспериментальная психология. Вып. 1 и 2. — М.: Прогресс, 1966.
22. Цехмистро И. Э. Поиски квантовой концепции физических оснований сознания. — Харьков: Вища школа, 1981.
23. Дрейфус Х. Чего не могут вычислительные машины: критика искусственного разума. — М.: Прогресс, 1978.
24. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? — М.: Изд-во ИЛ, 1947.
25. Bohr N. Atomic Theory and Description of Nature. Cambridge University Press, 1936, 119 p.
26. Domash L. H. Pure Consciousness, Superfluidity and the Vacuumstate. Presented at the International Symposium on the Science of Creative Intelligence. Humboldt State College California, September, 1971, p. 25–28.
27. Чавчалнидзе В. В. К квантово-волновой теории когерентного мозга. Бионика. — Киев: Наукова думка, 1973, с. 102–112.
28. Walker E. H. The Nature of Consciousness, Mathematical Bioscience, v. 7, 1970, p. 131–178.
29. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Квантовая механика. Т. 9. — М.: Мир, 1967.
30. Wu C. Z., Chaknov J. Angular Correlation of Scattered Annihilation Radiation. Physical Review, v. 77, № 1, 1950, p. 136–137.

31. Мэрион Дж. Б. Физика и физический мир. — М.: Мир, 1970.

32. Александров А. Д. О парадоксе Эйнштейна в квантовой механике. Докл. АН СССР. Т. 84, № 2, 1952, с. 253—256.

33. Фок В. А. Примечание к статье: Н. Бор, дискуссия с Эйнштейном о проблеме теории познания в атомной физике. Усп. физ. наук. Т. 966, вып. 4, 1985.

34. Дульнев Г. Н. Энергоинформационный обмен в Природе. — СПб.: ИТМО, 2000.

35. Дульнев Г. Н. Регистрация явления психокинеза (телекинеза). Сознание и физическая реальность. — М.: Фолиум, 1998, с. 46—57.

36. Акимов А. Е. Эвристическое обсуждение проблемы поиска дальностей. EGS-концепция. — М.: МНТЦ ВЕНТ, 1991, 63 с.

37. Hagelin S. The Unified Field Scientists. Fairfield, MIU, 1999, Year and Summer, p. 2—5.

38. Шипов Г. И. Явления психофизики и теория физического вакуума. // Сознание и физическая реальность, № 1. — М.: Яхтсмен, 1995, с. 86—103.

39. Акимов А. Е., Бинги В. Н. О физике и психофизике. // Сознание и физическая реальность, № 1. — М.: Яхтсмен, 1995, с. 105—125.

40. Penrose R. The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Mind and Laws of Physics. — Oxford, 1989, p. 466. / Рецензия: Я. А. Смородинский, УФН, т. 161, № 2, 1991, с. 201.

41. Феномен «Д» и другие. Составитель Л. Е. Холодный. — М.: Политиздат, 1991, 335 с.

42. Волькенштейн М. Ф. Энтропия и информация. — М.: Наука, 1986.

43. Моисеев Н. Н. Восхождение к разуму. — М.: Издат, 1993.

44. Моисеев Н. Н. Современный рационализм. — М.: Кокс, 1995.

45. Дульнев Г. Н. Введение в синергетику. — СПб.: Проспект, 1988.

46. Седов Е. Одна формула и весь мир. Книга об энтропии. — М.: Знание, 1992.

47. *Тейяр де Шарден*. Феномен человека. — М.: Наука, 1987.

48. *Ковалев В. Ф.* Золотое сечение в живописи. — Киев: Выща школа, 1989.

49. *Шевелев И. Ш., Марутаев М. А., Шмелев И. П.* Золотое сечение: три взгляда на природу гармонии. — М.: Стройиздат, 1990.

50. *Колков А. И.* Мир и гармония. — Кемерово, 1988.

51. *Холодов Ю. А., Козлов А. Н., Горбач А. М.* Магнитные поля биологических объектов. — М.: Наука, 1987.

52. *Геращенко О. А.* Основы теплотрии. — Киев: Наукова думка, 1971.

53. *Безоглан Л.* Ультразвук и его применение в науке и технике. — М.: Наука, 1957.

54. *Феномен «Д» и другие.* Составитель Л. Е. Холодный. — М.: Политиздат, 1991, 335 с.

55. *Волченко В. Н., Дульнев Г. Н., Васильева Г. Н. и др.* Исследование К-феномена. // Парапсихология и психофизика. — М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, № 5 (7), 1992, с. 35–51.

56. *Гуртовой Г. К., Дубицкий Е. А., Пархомов А. Г.* Дистанционное воздействие человека на экранированный микрокалориметр. // Парапсихология и психофизика, М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, 1993, с. 29–39.

57. *Гвоздева Н. П., Кулячева В. И., Леушина Т. М.* Физическая оптика. Учебник. — М.: Машиностроение, 1991.

58. *Александров Е. Б., Запаский В. С.* Оптика и спектроскопия. Т. 41, вып. 5, 1976, с. 855–858.

59. *Даниэлс, Олберт Ф.* Физическая химия. — М.: Мир, 1978.

60. *Дульнев Г. Н., Прокопенко В. Т., Полякова О. С.* Оптические методы исследования пси-феноменов. // Парапсихология и психофизика. — М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, № 1 (9), 1993, с. 39–44.

61. *Вернадский В. И.* Научная мысль как планетарное явление. — М.: Наука, 1991.

62. *Ли А. Г.* Русский толковый словарь парапсихологии и классификация парапсихологических феноменов. Парапсихоло-

гия в СССР. — М.: Изд-во фонда парапсихологии им Л. Л. Васильева, № 2 (4), 1992, с. 89—94.

63. Мисюк Л. А., Гусакова Л. П. О возможности участия цитоплазматических белков в реакции растительной клетки на действие магнитного поля. Применение электромагнитных полей в сельскохозяйственных исследованиях и производствах. — Л.: 1988, с. 89—94.

64. Госьков П. И. Главные разделы современной информатики и технологии на их основе. Т. 3, ч. 1. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001, с. 3—5.

65. Госьков П. И. Некомпьютерные информационные технологии начала XXI века (ч. 1). Биоэнергоинформационные и энергоинформационные технологии. Т. 1. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2002, с. 3—27.

66. Госьков П. И. Перенос информации водой, биоэнергоинформатика и биоэнергоинформационные технологии (БЭИТ—2000). Доклады 3 Международного конгресса. Т. 1. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000.

67. Ли А. Г., Крамер А. М. Животные-экстрасенсы. // Парапсихология и психофизика. — М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, № 6 (8), 1992, с. 17—21.

68. Сперанский С. В. Телепатия как банальность. // Сознание и физическая реальность. Т. 1, № 3. — М.: Фолиум, 1966, с. 63—70.

69. Дульнев Г. Н. Регистрация явлений телепатии. // Сознание и физическая реальность. Т. 3, № 4. — М.: Фолиум, 1998, с. 73—76.

70. Дульнев Г. Н., Ипатов А. П. Исследование явлений энергоинформационного обмена: экспериментальные результаты. СПб: ГИТМО(ТУ), 1998.

71. Хлуновский Н., Латыев С. А., Васильева Г. Н. Исследование информационных процессов между субъектами. Приборостроение. / Известия вузов, темат. вып. «Исследования биоэнергоинформационных процессов». СПб: ГИТМО, т. 36, № 6, 1993.

72. Лебедева Н. Н., Добронравова И. С. Организация ритмов ЭЭГ человека при особых состояниях сознания. Парапсихология в СССР. — М: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, № 1, 1995, с. 87—93.

73. Свидерская Н. Е., Королькова Т. А., Ли А. Г. Возможности и перспектива использования топографического картирования биоэлектрических процессов для парапсихологических исследований. Парапсихология в СССР. — М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, № 1, 1992, с. 45–51.

74. Лютикас В. Школьнику о теории вероятностей. — М.: Просвещение, 1983.

75. Васильев Л. Л. Таинственные явления человеческой психики. — М.: Госполитиздат, 1963.

76. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3. Излучение, волны, кванты. — М.: Мир, 1965.

77. Алихвердов В. И. Сознание как парадокс. — СПб.: «Изд-во ДНК», 2000.

78. Васильева Г. Н., Дульнев Г. Н., Муратова Б. Л., Полякова О. С. Тепловой поток как показатель энергоинформационного обмена субъектов. — М.: Изд-во фонда парапсихологии им. Л. Л. Васильева, № 2 (10), 1993, с. 24–35.

79. Васильева Г. Н., Муратова Б. Л., Полякова О. С. Комплексное квалификационное тестирование целителей (хилеров). Сознание и физическая реальность. Т. 2, № 1. — М.: Фолиум, 1997.

80. Николас Г., Пригожин И. Познание сложного. — М.: Мир, 1990.

81. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. — М.: Прогресс, 1994.

82. Хакен Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980.

83. Пайтген Х. О., Рохтер П. Х. Красота фракталов. — М.: Наука, 1995.

84. Берже П., Помо Н., Видаль К. Порядок в хаосе. — М.: Мир, 1991.

85. Клемонтович Н. Ю. Без формул о синергетике. — Минск: Высшая школа, 1986, 222 с.

86. Моисеев Н. Н. Агония России. Есть ли у нее будущее? — М.: Экспресс-3М, 1996.

87. Волькенштейн М. В. Энтропия и информация. — М.: Наука, 1956.

88. Анохин П. К. Очерки о физиологии функциональных систем. — М.: Медицина, 1975.

89. *Краткий словарь иностранных слов.* — М.: Госиздательство иностранных и национальных словарей, 1951.

90. *Тихоплав В. Ю., Тихоплав Т. С. Физика веры.* — СПб.: ИД «Весь», 2001.

92. *Тихоплав В. Ю., Тихоплав Т. С. Великий переход.* — СПб.: ИД «Весь», 2002.

92. *Тихоплав В. Ю., Тихоплав Т. С. Жизнь напрокат.* — СПб.: ИД «Весь», 2002.

93. *Тихоплав В. Ю., Тихоплав Т. С. Кардинальный поворот.* — СПб.: ИД «Весь», 2002.

94. *Колков А. И. Мир и гармония.* — Кемерово, 1998.

95. *Силин А. А. О единстве и саморазвитии мира.* // Вестн. РАН, № 4, 1993.

96. *Силин А. А. На пути от знания естества к его творению. Сознание и физическая реальность. Т. 3, № 3.* — М.: Фолиум, 1998, с. 13—14.

97. *Винер Н. Кибернетика.* — М.: Советское радио, 1985.

98. *Шевелева С. С. К становлению синергетической модели образования.* // Общественные науки и современность. № 1, 1997, с. 125—133.

99. *Рябухина В. Опыт исследования влияния театра на энергетическое состояние зрителя.* // Сознание и физическая реальность. № 5. — М.: Фолиум, 2000, с. 67—71.



Приложение

КРАТКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Аномалия (греч. *anomalía*) — отклонение от нормы, от общей закономерности; неправильность.

Аномальное явление — редко встречающееся явление, которое не может быть объяснено с помощью известных в естествознании законов.

Аттрактор (цель) — предельный процесс, на который может выйти открытая система после прохождения точки бифуркации. Множество возможных путей эволюции как бы притягиваются в сравнительно узкий коридор траекторий — аттрактор, обладающий по сравнению с другими путями эволюции относительной устойчивостью. Выход в этот коридор осуществляется при различных начальных условиях в точке бифуркации, то есть аттрактор является асимптотическим пределом, на который не оказывает влияние начальное состояние системы.

Аттрактор странный — был обнаружен в 1963 году Э. Лоренцем; ход эволюции в неустойчивом состоянии, который сильно чувствителен к начальным условиям в точке бифуркации. Используется при решении проблем турбулентности.

Бесконтактная диагностика — выявление заболеваний пациента без применения традиционного медицинского оборудования и взятия анализов.

Биолокация — способ представления экстрасенсорно полученной информации в виде идеомоторных движений, реализуемый с помощью зажатых в руке индикаторов (лозоходство) или произвольного движения (тремор) руки. Оператор биолокации, лозоходец на Западе носит название «даузер».

Биополе — это понятие имеет несколько значений:

1. Система известных физических полей, генерируемых живыми организмами. Ряд исследователей полагает, что при определенном сочетании известных физических полей у них возникают качественно новые свойства, которыми можно объяснить некоторые аномальные явления.

2. То же, но может присутствовать еще некоторая x -компонента, ответственная за аномальные явления. Эту компоненту следует обнаружить экспериментально, что сделает споры о том, является или нет биополе понятием, лишенным смысла.

Биоэнергетика — область знаний, изучающая механизмы и закономерности преобразования энергии в процессе жизнедеятельности организмов.

Биоэнергоинформатика — область знаний, рассматривающая энергоинформационный обмен в природе и обществе с приоритетом информационного обмена над энергетическим.

Бифуркация (лат. *bi* — два, англ. *fork* — вилка) — область ветвящихся виртуальных полей эволюции. На начальном этапе эволюции система находится в устойчивом режиме, и ее изменения предсказуемы с точностью до флуктуации. В какой-то момент ранее стабильное состояние теряет устойчивость. При неустойчивом состоянии системы малая флуктуация может вырасти до макромасштабов, при этом происходит перестройка структуры. Развитие возникшей в точке бифуркации структуры может происходить по разным траекториям.

Вакуум физический — в квантовой теории: низшее энергетическое состояние всех полей, определяется как состояние материи без частиц. Вакуум физический можно представить как систему кольцевых волновых пакетов электронов и позитронов. Эти пакеты вложены друг в друга и носят название фитонов.

Витальность — термин предложен В. Н. Волченко. Характеризует жизнеспособность системы $V = I/E$, условно измеряемую как отношение ее информативности I к энергетичности E .

Генезис — развитие. В эволюции Земли рассматривают этапы гео-, био-, психо- и ноогенеза. Соответственно выделяют лито-, био-, психо- и ноосферу.

Гомеостаз — состояние квазиравновесного материального и энергоинформационного обмена организма с окружающей средой.

Детерминизм — учение об объективной и закономерной взаимной связи и причинной обусловленности всех явлений.

Душа — информационно-психическая сущность любой живой системы. Для человека душа — проводник Духа в его тело.

Дух — великая информационная среда, содержащая программу развития материи. В христианстве святой Дух — третья ипостась Святой Троицы.

Идеализм (греч. *idea* — вид, образ, понятие) — философское направление, которое признает первичность духа, сознания и рассматривает материю как нечто вторичное, производное.

Импликативная связь (лат. *implicatio* — тесно, неделимым образом связываю) — может возникать в системах, между частями которых нет физического взаимодействия, но свойство неделимости системы вызывает взаимную согласованность потенциальных возможностей их подсистем.

Концепция — определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, руководящая идея для их освещения.

Косная система — система, состоящая из неживого вещества.

Материализм (лат. *materialis* — вещественный) — философское направление, которое признает первичность материи как объективной реальности и рассматривает сознание как вторичное свойство материи.

Материя — одно из основных проявлений Универсума наряду с энергией и информацией — сознанием. Объективная реальность, данная в ощущениях и опыте, вечно движущаяся и изменяющаяся.

Миропонимание целостное — целостное представление о единстве проявленного (физического) и непроявленного (информационного) миров.

Медитация (размышление) — умственное действие, цель которого — привести психику человека в состояние углубленности и сосредоточения. Медитация сопровождается расслаблением тела, отсутствием эмоциональных проявлений, отрешенностью от внешнего мира.

Метафизика — философское учение о сверхчувственных (недоступных опыту) принципах бытия; в противоположность диалектике рассматривает явления в их неизменности и независимо друг от друга.

Митогенетическое излучение — обнаружено советским профессором Гурвичем; особое свечение биообъектов в ультрафиолетовой области; одна из разновидностей биополя.

Ноосферогенез (от греч. *noos* — разум, *sphaira* — шар, *genesis* — развитие) — термин, введенный академиком Н. Н. Моисеевым; наука о сохранении всего живого на Земле, о сохранении цивилизации.

Онтология (греч. *ontos* — сущее, *logos* — учение) — раздел философии, учение о бытии (в отличие от гносеологии — учения о познании), в котором исследуются всеобщие основы, принципы бытия, его структура и закономерности.

Оккультизм — учения, признающие существование скрытых сил в человеке и космосе, доступных лишь для «посвященных».

Перцепция — восприятие.

Прекогниция — предвидение будущих событий.

Парадигма (греч. *paradigma* — пример, образец) — 1) Строго научная теория, воплощенная в системе понятий, выражающих существенные черты действительности;

2) Исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, методов исследования, господствующих в течение определенного времени в обществе.

Перцепиент — лицо, способное к восприятию информации, передаваемой экстрасенсорным путем от индуктора.

Реалистическая философия (реализм) — философское учение, в котором преодолены крайности материализма и идеализма. Р. ф. признает равнозначность трех вечных и всеопределяющих начал: материи (вещества), энергии (силы) и духа (психизма) или их сочетания. Материя и Дух представляют непрерывное внутреннее единство на всех уровнях организации бытия. Вопрос первичности материи или сознания некорректен, так как они являются ипостасями одной сущности. Основные черты реализма просматриваются уже в древности в известном споре Платона и Аристотеля о том, что является более реальным: чувственно воспринимаемый мир конкретных вещей или общие понятия о них (идеи). В XIX веке идеи реализма развивал Д. И. Менделеев.

Спин — все элементарные частицы, а также их следы (например, ядра) совершают вращение вокруг своей оси. Например, электрон можно представить в виде вращающегося заря-

женного шарика — механическое вращение порождает момент импульса, а вращающийся заряд эквивалентен крошечному круговому току и, следовательно, обладает магнитным моментом. Это представление весьма приблизительно соответствует реальности, но, тем не менее, оно удобно, и им часто пользуются. Собственный момент импульса электрона обычно называют спином. Существуют только две различные проекции спина — вращение по часовой или против часовой стрелки.

Стохастический, стохастичный — случайный.

Телекинез (или психокинез) — движение различных объектов при психическом воздействии на них оператора без непосредственного участия при этом мышечных усилий. Макро- и микропсихокинез — в первом случае речь идет о воздействии на макрообъекты, во втором — на элементарные частицы.

Телепатия — передача мыслей, образов, чувств на расстоянии от одного человека (индуктора, оператора) к другому (перцепиенту) без посредства известных органов чувств.

Тонкий мир — в целостном миропонимании существует наряду с вещественным (проявленным) как некий непроявленный, информационный мир.

Универсум (лат. *universum*) — философский термин, обозначающий «мир как целое».

Фантом (фр. *fantome*) — причудливое видение, призрак, создание воображения, вымысел. Также некий, иногда регистрируемый след от объекта, субъекта или прошедшего процесса.

Феномены сознания (телепатия, телекинез, ясновидение, телепортация, контактерство, экстрасенсорное воздействие) — аномальные, необъяснимые в рамках стандартной науки явления, связанные с человеческой психикой.

Фитоны — элементы, из которых построена модель физического вакуума. Это система кольцевых волновых пакетов электронов и позитронов (модель Дирака—Акимова). В исходном состоянии пакеты вложены друг в друга, и их спиновые (S), гравитационные (G) и электромагнитные (E) поля скомпенсированы. Это так называемая ECS -модель неполяризованного (нескомпенсированного) физического вакуума. Данная модель позволяет построить некомпенсированные его состояния с выделением электромагнитного (E), гравитационного (G) и спинного (S) по-

лей. В предлагаемой модели роль единого поля играет физический вакуум, то есть, согласно этому представлению, в Природе есть лишь вакуум и его поляризационные состояния.

Флуктуация (лат. *fluctuatio* — колебание) — колеблющийся, изменчивый процесс, отклонение от наиболее вероятного значения наблюдаемого параметра.

Холизм — метод познания Природы без раздробления ее на отдельные части, в отличие от редукционизма, то есть изучается система в целом с учетом ее отдельных взаимодействующих частей.

Эволюция (лат. *evolutio* — развертывание) — одна из форм движения в природе и обществе — непрерывное, постепенное количественное изменение, такой этап развития, когда изменяются несущественные для данного объекта свойства, черты, закономерности. Термин «эволюция» иногда обозначает не какой-либо определенный этап развития, а весь процесс развития. Например, эволюция звезд, земной коры и так далее.

Эзотерика — знание для узкого круга посвященных в отличие от экзотерики — знания для широкого круга лиц.

Экстрасенс (от англ. *extra* — вне, сверх, *sense* — чувство) — человек, обладающий паранормальными или сверхчувствительными возможностями, то есть демонстрирующий необычные свойства психики. Э. способен воспринимать информацию без участия обычных органов чувств; воздействовать на объекты живой и неживой природы с помощью психики без привлечения мышечных усилий.

Энергоинформация — обобщенный параметр физических и информационных воздействий. Энергоинформация включает целостное представление о природе, в которой существует энергия как мера и источник движения и информация как мера структурно-смыслового разнообразия и степени свободы выбора траектории движения.

Энергоинформационная наука — область знаний, рассматривающая энергоинформационные взаимодействия в Природе. Э. н. рассматривает как грубый физический (проявленный), так и Тонкий (непроявленный) мир. Первый является предметом наук о материальной Природе, второй до недавнего времени относился к метафизическим наукам, рассматривающим Дух как первостепенную основу бытия.

Ясновидение — восприятие событий недоступных непосредственному чувственному восприятию. Как частный случай ясновидения можно классифицировать телепатию.