

МОЛЕКУЛЯРНО-СИСТЕМНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТИПЫ
ИХ ОТОБРАЖЕНИЯ

В предыдущей главе было показано, что безэнтропийность логической продукции мозга не может быть осуществлена, если физико-химический механизм мышления работает на *молекулярном* уровне, так как для этого он должен был бы существовать в термодинамических условиях, отвечающих температуре абсолютного нуля, который недостижим для молекулярных систем. Этим принципиально ограничивается возможность *молекулярного* моделирования мышления как упорядоченного кодируемого процесса. Условие $S_m = 0$ (S_m — молекулярная энтропия) равносильно освобождению процесса от молекулярной статистики, что очевидно, неосуществимо. Между тем в молекулярной системе мозга возникают особые процессы, ведущие к организованному мышлению. На парадоксальность этого факта указывает также Бриллюэн, когда он пишет, что «Размышление и работа мозга происходят в направлении, противоположном тому, в котором действуют обычные физические законы» [1]. Наибольшее приближение к написанному выше условию возможно благодаря участию в процессе мышления очень легких частиц (см. гл. X) и в какой-то мере путем перехода механизма на более высокий *системный уровень*, где элементами являются настолько крупные образования, что их температурное равновесие со средой ослаблено.

В некоторых реальных макросистемах вклад молекулярной энтропии в их поведение может быть настолько понижен, что они могут приближенно описываться как молекулярно безэнтропийные механизмы, подчиняющиеся уже главным образом системным закономерностям. Это относится и к биологическим системам в той степени, в которой они функционируют в виде достаточно сложных молекулярных организаций, подчиняющихся также системной энтропии, например, в виде энтропии информации. Если бы биологические функции определялись обычными молекулярными структурами, то молекулярная энтропия и энтропия их кодов внесли бы слишком большой хаос в выполнение

биологических функций, в результате чего вместо целесообразно направленных действий мы наблюдали бы преимущественно броуновские (стохастические) явления¹.

Поэтому функции биологической материи несомненно нельзя полностью охватить с обычного молекулярного уровня (хотя прогресс молекулярной биологии огромен) и они подчиняются иным низкоэнтропийным закономерностям. Нередкие факты достаточно точного воспроизведения наследуемых признаков в потомстве — показатель того, что биологический материал способен к процессам с малой кодовой энтропией. К таким низкоэнтропийным механизмам может быть отнесено, например, матричное воспроизведение белков и самовоспроизведение ДНК в клетках, позволяющее получать «копии» исходных прототипов. Сюда же относится запись наследственного кода в ДНК хромосом, несомненно обладающего пониженной системной энтропией сравнительно с молекулярной энтропией самих нуклеопротеидов. Иллюстрацией возможной точности такого кода является нередко встречающееся поразительное сходство однояйцевых близнецов, иногда распространяющееся не только на внешние признаки, но и на их далекую биологическую судьбу.

Например, Каудри [3] приводит случай, когда у таких близнецов уже в зрелом возрасте почти одновременно возникла карцинома одних и тех же органов. Много интересных данных в этой области приводит Канаев в своей книге «Близнецы и генетика» [4]. Но пониженная энтропия молекулярно-биологических кодов все же недостаточна для осуществления логического мышления, которое требует *тождественно-нулевой энтропии* для получаемого решения.

Поэтому на высшей ступени биологических форм — в мыслящем мозге должно происходить особенное снижение системной энтропии и, как увидим далее, вплоть до нулевого значения. Таким образом, если расположить органы по уменьшающейся системной энтропии, то на нижнем конце — с максимальной энтропией — найдем органы пищеварения, на верхнем конце — с минимальной и даже нулевой энтропией — органы мышления. Большое значение принципа иерархичности систем управления живых органов обосновано в работах Ляпунова [5]. В разбираемом случае эта иерархия функций и управления начинается с относительно простых молекул (липидов, гормонов, витаминов и т. п.) и через белковые (ферментные) молекулы доходит до макроскопических элементов мозга (нейронов, их дендритов, аксонов и всей нервной сети).

¹ Можно найти немало примеров на макромолекулярном уровне. Так, если ввести фермент полирибонуклеотидфосфорилазу, выделенную Очоа [2] из *Azotobacter Vientend*, в среду, содержащую рибонуклеотиды и ионы магния, но без матрицы, т. е. без кода, то получается полирибонуклеотид, в котором сочетание рибонуклеотидов оказывается совершенно случайным.

Когда рассматривается подобная система, функционирующая с помощью уже не молекулярных, а макроскопических элементов, то ее можно охарактеризовать *системной* энтропией $S_{\text{сист}}$, которая определится: во-первых, степенью макроскопичности системы γ_M , показывающей, какая *доля* вещества находится в макроскопическом состоянии, в виде макроскопических элементов работающей системы (для механизмов, например, таких, как зубчатая передача, коленчатый вал и т. п.; для организмов таких, как мышечное волокно, нервное волокно, кровеносный сосуд и т. п.); во-вторых, величиной макроскопической энтропии S_M единицы вещества; в-третьих, остаточной долей молекулярного состояния вещества $(1 - \gamma_M)$ и энтропией этого состояния S_m . Отсюда для системной энтропии работающего организма или механизма получим выражение

$$S_{\text{сист}} = \gamma_M S_M + (1 - \gamma_M) S_m. \quad (\text{V.1a})$$

Если вещество действующей системы полностью находится в виде ее макроскопических элементов, то

$$\gamma_M = 1 \text{ и } S_{\text{сист}} = S_M. \quad (\text{V.1б})$$

В этом случае энтропия системы будет иметь чисто макроскопический характер, и вклад молекулярной энтропии в системную энтропию будет равен нулю. Другой предельный случай отвечает тому, когда система функционирует только на молекулярном уровне, и тогда

$$\gamma_M = 0 \text{ и } S_{\text{сист}} = S_m. \quad (\text{V.1в})$$

Этот второй случай относится уже к чисто молекулярной термодинамике и статистике.

Очень большая область заполнена системами смешанного микро-макроскопического типа с $0 < \gamma < 1$. Сюда относятся биологические макромолекулы (ДНК, РНК, белки, хлоропласты), клеточные элементы — хромосомы, ядро, митохондрии и сама клетка в целом. Все системы, в которых осуществляется достаточно далекая миграция энергии (хлоропласты, люминофоры, некоторые катализаторы), или ориентация спинов в достаточно больших областях (например, в доменах ферро-магнетиков) должны рассматриваться как частично макроскопические системы с $\gamma_M > 0$.

Что касается реальных работающих макроскопических систем, то для них будет справедливо общее уравнение (1а). Уравнение (1б) отвечает идеальному механизму, не реализуемому в физическом опыте. Следовательно, вмешательство молекулярной энтропии в работу макроскопической системы может быть ослаблено условием $\gamma_M \rightarrow 1$ или $T \rightarrow 0$. Оба эти условия предельны и полностью реализованы быть не могут. Все механизмы (паровая машина, двигатель внутреннего сгорания, электромотор и проч.) работают, практически как макроскопические системы и потому почти безраз-

личны к величине молекулярной энтропии материала, из которого они сделаны. К организмам это относится в значительно меньшей мере (в том числе потому, что у них γ_M меньше), но и для них этот фактор является важным в защите от молекулярной энтропии.

Следовательно, увеличение степени макроскопичности системы γ_M представляет, хотя и не полный, но общий способ защиты ее от влияющей молекулярной энтропии и статистики.

Это одна из причин того, что мыслительная деятельность (от ее самой зачаточной формы — инстинкта), особенно уязвимая со стороны хаотизирующего действия молекулярной энтропии и статистики, возникает только у сложных организмов, действующих на достаточно высоком системном уровне ($\gamma_M \gg 0$). В общем, системный ранг организма и защищенность от молекулярной энтропии определяются степенью его макроскопичности в целом (γ_M) и возрастают параллельно с усложнением нервного аппарата. Однако в противоположность механизмам освобождения организма, в том числе мозга, от молекулярной энтропии не может быть столь полным, так как у организма γ_M всегда значительно меньше единицы и, следовательно, $(1 - \gamma_M)S_m > 0$. Это же относится и к системной энтропии, так как S_M всегда больше нуля, причем, если молекулярная энтропия может быть уничтожена в пределе при $T \rightarrow 0$, то для уничтожения макроэнтропии нет никакого способа. Эта энтропийная компонента является неустранимой даже в пределе. Это наглядно ясно из того, что нет способа изготовить два вполне тождественных макромеханизма. (Для микромира ограничение тождества объектов существует в виде второго начала термодинамики и принципа неопределенности Гейзенберга). Поэтому с помощью физических объектов и процессов, как молекулярного, так и системного уровня, принципиально нельзя выразить и, следовательно, кодировать вполне безэнтропийное состояние, в том числе логическое суждение. Здесь приходится прибегать к иным, символическим, способам выражения, обладающим совершенно особой термодинамикой и статистикой. Следовательно, вполне безэнтропийных систем не существует ни на каком уровне, и мозг как физико-химическая система на каждом уровне своей деятельности (молекулярном, клеточном, гистологическом) обладает определенной и неустранимой энтропией и статистикой.

Наглядным проявлением энтропии мозга является спектр биоэлектрических колебаний, начиная от медленных ритмов с частотами от нескольких единиц до нескольких десятков герц α -, Δ -, σ -ритмы, из которых особенно устойчив первый α -ритм, до высокочастотного γ -ритма с частотой до 1000 *гц*. Интенсивность этих ритмов меняется в широких границах (от нескольких микровольт до сотен микровольт). Но наибольшая интенсивность подробней всего изученных α -колебаний приходится на сравнительно узкую область частот. Используя этот факт и разработанный им обобщенный гармонический анализ, Винер [6] развил концепцию Тейлора об автокорреляции частот, результатом чего должно явиться их «стягивание» в некоторую группу с близкими частотами.

тами, т. е. самоорганизация колебаний. Если бы этот процесс достиг в мозгу полной законченности, то его биоэлектрические колебания стали бы вполне монохроматичными при постоянной интенсивности, т. е. вполне безэнтропийными. Но фактически этого нет и не может быть, и разброс биополебаней в коре мозга по частотам и интенсивностям может служить условной мерой его энтропии. Однако устойчивость основного α -ритма указывает на существование некоторого механизма (возможно, в том числе «стягивания» частот), который стремится стабилизировать эти колебания, т. е. препятствовать увеличению энтропии мозга. Насколько известно, вопрос об оценке энтропии мыслящего мозга еще не ставился, но статистический анализ биоотоков мозга может послужить к его постановке.

Нужно подчеркнуть, что никакой из известных механизмов не может лишить мозг как физико-химическую систему энтропии ни молекулярного, ни системного уровня.

Отсюда возникает тот фундаментальный факт, что *физически энтропийная система — мозг — способна производить безэнтропийное явление — мышление. Это можно назвать «термодинамическим парадоксом мышления»*. Следовательно, принцип универсального броуновского рассеяния (см. гл. I) имеет очень важное и притом, по-видимому, единственное исключение — человеческое мышление. Оно может быть полностью лишено броуновской (энтропийной) компоненты, и любой его логический акт может быть закодирован и воспроизведен с полной точностью неограниченное число раз (вывод теоремы, решение уравнения, построение силлогизма и т. п.). Понимание этого совершенно особого факта требует решения двух задач: а) нахождения общего соответствия между физико-химической деятельностью мозга и деятельностью сознания и б) принципа сопоставления их термодинамических характеристик.

Путь решения этих задач, принятый здесь, заключается в использовании некоторых понятий теории множества для задачи а и обобщенной термодинамики для задачи б.

Но предварительно нужно точно установить, что будет пониматься под мышлением в отличие от психики в целом, которая выходит за рамки настоящего анализа.

Под мыслительной продукцией мозга будет пониматься такая его продукция, которая может быть точно закодирована, передана по каналу связи и, после освобождения от помех, с полной адекватностью воспроизведена на приемном пункте¹. Это определение вполне точно для *логической продукции*, по самой своей структуре не содержащей эмоциональной окраски, недоступной кодированию. Способы кодирования такого чисто логического мышления безразличны — для этого пригодна любая точно обусловленная символика: язык, графическая символика, математи-

¹ Под такое определение попадает и информация. Это, однако, не может вызвать каких-либо недоразумений, так как разделение информации от дискурсии было дано ранее в гл. III и так как мышление, если опускается его логический путь и дается только конечный результат, естественно, превращается в информацию.

ческая символика, в том числе символика математической логики, азбука и т. п.

Этим критерием мышление так, как оно будет здесь разобрано, четко отделяется от полного объема психической деятельности, включающей такие неcodируемые явления, как эмоции, аффекты, инстинкты, подсознание. Наглядно ясно, что возможно точно кодировать и передать по каналу связи дискурсивное мышление человека, но невозможно передать тем же путем его психику.

Отношение между мозгом и мышлением определится как отношение между множеством физико-химических «операций» мозга и множеством производимой ими логической «продукции» сознания. Под единичной операцией будет пониматься такой комплекс физико-химических и соответственно физиологических актов в мозге, которые соответствуют возникновению в сознании некоторой единицы мыслительной продукции.

Для решения поставленной здесь задачи нет необходимости (и едва ли это возможно для общего случая) определять конкретный характер этих двух единиц. Достаточно, что они точно различимы по природе и образуют два разных множества.

В этой части работы будет разобрана только первая задача *a*. Она имеет вспомогательный характер, но без решения вопроса о соотношении множества физико-химических операций мозга и множества его мыслительной продукции нельзя приступить к термодинамической разработке проблемы мышления, взятого на любом уровне. Это так же затруднительно, как сравнивать как-либо физико-химические (в том числе термодинамические) характеристики двух множеств молекул, не зная, равны ли (равномощны ли) они и какое из них больше.

Так как физико-химические акты совершаются между отдельными дискретными частицами (атомами, молекулами, радикалами, ионами, функциональными группами и т. д.) и состояние этих частиц квантовано, то множество физико-химических операций в мозге есть множество *конечное* и, следовательно, счетное. Это значит, что между этим множеством и множеством некоторой части ряда натуральных чисел имеется одно-однозначное или взаимно однозначное соответствие, при котором все физико-химические операции могут быть пересчитаны и перенумерованы с помощью ряда натуральных чисел, причем каждая операция может быть поставлена в соответствие с одним и только одним номером или членом этого множества. Количество натуральных чисел, использованных для такого пересчета, выразит мощность счетного множества таких физико-химических операций.

Но нельзя утверждать, что *полное* содержание психики, включая все ее проявления, мышление, эмоции, память, подсознание, ассоциации и т. п., — также представляет счетное множество, равномощное множеству физико-химических операций мозга или какой-то его части. Вероятнее думать, что психика в целом не

есть множество дискретных элементов, каждый из которых в отдельности может быть выделен¹, занумерован и закодирован (скорее следует считать, что это невозможно), но имеет природу континуума, и соответственно с этим мощность психических актов отвечает по меньшей мере мощности континуума. Тогда психика представится несчетным множеством, которому будет отвечать по меньшей мере множество действительных чисел (а не только рациональных), т. е. числовой континуум какого-либо отрезка прямой. Мощность такого множества будет больше любого счетного множества, в том числе множества физико-химических актов мозга, и, следовательно, не будет находиться с ним во взаимно однозначном соответствии. Это как раз отвечает тому, что дискретная логическая продукция мозга точно кодируема с помощью языковой и математической символики, содержание же психики не поддается этой операции.

Для дальнейших целей здесь нужно уточнить вопрос о взаимно однозначном соответствии множеств, которое мы изложим, следуя известной книге Александра [7].

Взаимно однозначное соответствие между двумя множествами, называемое также взаимно однозначным *отображением* одного множества на другое, есть только частный случай общего понятия *отображения*: если каким-нибудь образом *каждому* элементу x множества X поставлен в соответствие определенный элемент y множества Y , то это отвечает отображению множества X во множество Y с помощью функции f , аргумент которой пробегает множество X , а ее значение $f(x)$ принадлежит множеству Y . Тогда говорят, что $y = f(x)$ есть *образ* элемента x при данном отображении f .

Если каждому элементу x множества X поставлен в соответствие элемент $y = f(x)$ множества Y , причем каждый элемент множества Y окажется поставленным в соответствие *хотя бы одному* элементу множества X , то считается, что имеет место отображение множества X на множество Y .

Полным прообразом элемента y при отображении f множества X на множество Y будет множество *всех* элементов множества X , которым при отображении f ставится в соответствие *данный* элемент $y \in Y$ (знак \in выражает, что y — элемент множества Y). Это множество обозначается через $f^{-1}(y)$. Очевидно, что не всякое отображение f одного множества на другое ведет к установлению между ними взаимно однозначного соответствия, т. е. равномощности. Отображение f множества X на множество Y тогда и только тогда взаимно однозначно, когда полный прообраз каждого элемента y множества Y состоит из *одного* элемента множества X .

Нет основания накладывать такое жесткое ограничение на отображение f_{ϕ} множества физико-химических операций мозга X на множество психических состояний Y_{ϕ} . Сама неповторимость психических состояний говорит против такого детерминизма и необходимости сводить полный прообраз психического акта $f_{\phi}^{-1}(y_i)$ к одному элементу множества X .

Но в отношении мыслительной (логической) продукции мозга эта неопределенность в пределе устраняется тем, что элементы

¹ В связи с этим нужно вспомнить указание Бора на то, что всякая попытка регистрации психического акта сама уже вносит новый психический акт и поэтому не может в духе принципа неопределенности не нарушать — не увеличивать — мощности самого объекта операции.

этой продукции (суждения, понятия, силлогизмы и проч.) по природе своей также *дискретны* и *счетны*, как физико-химические операции в мозге. Так как число операций, осуществляемых комбинациями нескольких миллиардов нервных клеток коры головного мозга несомненно больше числа единиц логической продукции, то эта продукция будет представлять счетное множество Y_L , способное быть равносильным некоторой части (подмножеству) X_L этих операций и, следовательно, способное находиться с ним во взаимно однозначном соответствии.

В наименьшее необходимое (*логическое*) подмножество физико-химических операций мозга X_L войдут только такие операции, которые непосредственно соответствуют элементам логической мыслительной продукции. Тогда отображение f_L логического подмножества физико-химических операций мозга (независимо от того, что представляет такая единичная операция) на множество сознания Y_L даст для полного прообраза каждой единицы логической продукции¹ соотношение: $f_L^{-1}(y_i) = x_j$, выражающее условия взаимно однозначного соответствия этих двух множеств.

Это условие выражает идеализированный предельный случай, когда из полного множества физико-химических операций исключены все, не находящиеся в одно-однозначном соответствии с полученным множеством логической (безэнтропийной) продукции. Фактически из-за неидеальности физико-химического механизма мышления полному прообразу данной единицы логической продукции всегда отвечает некоторое множество физико-химических операций

$$f_L^{-1}(y_i) = X, \quad (V.2)$$

и только для идеального мышления

$$f_L^{-1}(y_i) = x_j, \quad (V.3)$$

где $x_j \equiv X$.

¹ Точное определение единичной физико-химической операции и единичной логической продукции для проводимого анализа необязательно. Для физико-химической операции сейчас нет средств для такого определения, но они, наверное, со временем будут найдены. Для логической продукции уже сейчас можно точно указать ее некоторые единицы. Например, такими единицами являются: а) *суждения*, состоящие из субъекта суждения, предиката и отношения между ними; б) *понятия* как объединения субъекта, предиката и отношения; в) *силлогизмы* — умозаключения, содержащие не больше и не меньше трех элементов (терминов): большую посылку, малую посылку и средний термин и с необходимостью вытекающие из них сочетания и т. п. Привлечение математической логики может выделить целые классы таких логических единиц. Пока физико-химические операции непосредственно недоступны регистрации, они, согласно сказанному выше, только косвенно определяются как элементы физико-химического множества операций мозга, способных в пределе находиться во взаимно однозначном соответствии со множеством единиц его логической продукции.

Если представить неограниченно долго мыслящий мозг, то оба счетных множества (физико-химических операций и логической продукции) с необходимостью станут равномошными, так как все бесконечные счетные множества имеют одну и ту же мощность — мощность всех натуральных чисел (одно и то же кардинальное число «Алеф-нуль»). Следовательно, в этой области между физико-химической операцией и логической продукцией должно возникнуть взаимно однозначное соответствие и достигнуто условие (3), отвечающее предельной продуктивности мышления. Этим обобщается эмпирическое наблюдение, что отрывочное мышление малопродуктивно, длительное же мышление (или размышление) более продуктивно. Соотношение (3) дает также указание на то, что наиболее строгий детерминизм, естественно, свойствен сочетанию очень больших счетных множеств, охватывающих множества физико-химических объектов, в то время как множество континуума, по-видимому, свойственное психической деятельности, выпадает из этой тенденции.

Следовательно, мощность физико-химических операций мозга для реального случая будет всегда больше множества единиц точно закодированной логической продукции, которая отвечает наименьшему множеству физико-химических операций, кроме необходимых для логического кода. При этом необязательно, и даже физически невозможно, чтобы данному элементу логической продукции всегда отвечало одно и то же множество физико-химических операций мозга: это исключается прежде всего энтропией мозга. О парадоксе такого несоответствия между безэнтропийностью мыслительной продукции и энтропийностью операций уже говорилось выше. Разрешение этого парадокса будет предложено в следующей главе.

Но в эмоциональной сфере такого взаимно однозначного отображения множества внешних фактов на множество сознания нет даже и в пределе. Здесь полный прообраз данной эмоции или ощущения отвечает всегда некоторому множеству раздражителей. Следовательно, структура «мозг — сознание» построена так, что в ней осуществляется два типа отображений: первый — способный в пределе приводить к взаимной однозначности и, следовательно, к равномошности счетных множеств физико-химических операций мозга и его мыслительной продукции; из него возникает кодируемая логическая продукция; и второй — неспособный приводить к такому взаимно однозначному соответствию, дающий множество — континуум психики; из него возникает не кодируемая чувственно-эмоциональная продукция. Сортировка и преобразование множества раздражителей в данный тип ощущения или эмоций — антиэнтропийный процесс, осуществляемый аппаратом «мозга-сознания» (со значительным участием *Thalamus*). Без этого восприятие мира превратилось бы для нас в сплошной хаос — «шум». Уменьшение энтропии при превращении множественности в единичность в молекулярной области было сформулировано нами как общее правило для физико-химических процессов [8].

К сформулированным предельным условиям взаимно однозначного соответствия нужно добавить, что множество логической продукции по своему существу является упорядоченным, т. е. о-

носителем его любых двух различных элементов y и y' известно, что один из них предшествует другому, например, y предшествует y' : $y < y'$.

Следовательно, отвечающее ему необходимое логическое подмножество физико-химических операций X_L также должно быть упорядочено, причем не любым образом, а так, чтобы взаимно однозначное отображение упорядоченного подмножества X_L на множество Y_L дало бы подобное соответствие (соответствие подобия) этих двух упорядоченных множеств (Y_L, X_L) . Это означает, что соблюдение условия: $x < x'$ в множестве X_L должно отвечать выполнению условия: $y < y'$ в множестве Y_L .

Сказанное в достаточной степени выражает требование корреляции между физико-химическими операциями мозга и его мыслительной продукцией, чтобы сделать возможным достаточно полный термодинамический анализ процесса мышления. Введение каких-либо других специальных, например физиологических, условий для этого не требуется.

Необходимо ясно представить, что физико-химические операции мозга, отображающиеся в сознании, как его логическая (мыслительная) продукция, есть его *чисто комбинаторная* деятельность, которая единственно может находиться во взаимно однозначном, эквивалентном отношении с содержанием сознания, так как кроме комбинаторики отдельных физико-химических актов в мозге и мыслительных актов в сознании у них нет ничего сравнимого. Все вещественно-энергетические, физиологические и биохимические акты мозга имеют значение постольку, поскольку они участвуют в этой комбинаторике. Если для мыслительной деятельности мозга имеют значение различные энергетические или физико-химические состояния его элементов, например тело нервной клетки, ее дендриты, аксоны и т. д., то при комбинаторике они могут отображаться в сознании просто как *различные* элементы. Эти элементы могут быть мечены как энергией, так и другими признаками (структурой, размерами и т. п.) для отображения их комбинаторной деятельности в сознании это безразлично.

В этой главе даны обоснования для применения термодинамики к процессу мышления на системном уровне.

Общим способом подавления роли молекулярной энтропии в функциях органа, организма или механизма является увеличение степени макроскопичности γ_M его действующих элементов, в результате чего системная энтропия $S_{\text{сист}}$ начинает вытеснять молекулярную S_M : $S_{\text{сист}} = \gamma_M \cdot S_M + (1 - \gamma_M) S_m$.

Соотношение $\gamma_M = 1$ и $S_M = 0$ недостижимо, и поэтому мозг как физико-химическая система не может быть лишен энтропии ни молекулярного, ни системного уровня.

Мыслительная (логическая) продукция физико-химических операций мозга представляет такую продукцию, которая может

быть точно закодирована, передана по каналу связи и с полной адекватностью принята на приемном пункте. Такая продукция полностью лишена энтропии, как информационного, так и физического характера, в то время как производящий ее физико-химический аппарат мозга обладает физической энтропией молекулярного и системного уровня. Разрешению этого «термодинамического парадокса мышления» посвящена следующая глава.

Поскольку множество физико-химических операций мозга и множество образуемых им элементов логической продукции оба дискретны и счетны, то всегда возможно возникновение взаимно однозначного соответствия (равномощности) между множеством логической продукции и некоторым подмножеством физико-химических операций мозга.

Это предельное условие является достаточным для применения термодинамически-статистического метода анализа к процессу мышления не только на молекулярном (см. гл. IV), но и на системном уровне (см. гл. VI).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бриллюэн Л. УФН, 77, 337, 1962.
2. Oschoa S. «Federal. Proc.», 15, No. 2, 832, 1957.
3. Каудри Е. Раковые клетки. М., ИЛ, 1958, стр. 324—326
4. Канаев И. И. Близнецы и генетика. Л., «Наука», 1968.
5. Ляпунов А. А. «Вопросы философии», 1962, № 11, 146.
6. Винер Н. В. Новые главы кибернетики. М., «Советское радио», 1963
7. Александров П. С. Введение в общую теорию множеств и функций. М., Гостехиздат, 1948; Клини С. Введение в метаматематику. М., ИЛ, 1957.
8. Кобозев Н. И. ЖФХ, 22, 1002, 1948.