

## **О СООТНОШЕНИИ ПОНЯТИЙ МАТЕРИЯ, ЭНЕРГИЯ И ИНФОРМАЦИЯ\***

В управляющих системах по каналам связи циркулируют некоторые системы сигналов или некоторые субстанции. Мы хотим проанализировать природу и ряд особенностей потоков, циркулирующих по каналам связи.

1. Прежде всего, имеют место некоторые специфические законы сохранения. В случае, если циркулирующая субстанция есть материя или энергия, то в элементах системы возможно преобразование этой субстанции из одних форм в другие. Материя может вступать в химические реакции, одни вещества могут заменяться другими, но при химических реакциях масса каждого отдельного химического элемента остаётся постоянной.

Энергия может преобразовываться из одних форм в другие. Возможно преобразование массы в энергию или наоборот. При всех таких процессах общее количество изучаемой субстанции остаётся постоянным. С другой стороны, если килограмм некоторого вещества был удалён из системы, а впоследствии в эту систему был введён килограмм того же самого вещества, но совсем другого происхождения, то одна порция вещества может полностью заменить другую. То же самое касается энергии. Другими словами, масса и энергия, с одной стороны, удовлетворяют закону сохранения, а с другой – для них имеет место принцип заменяемости, который можно сформулировать так: количественно эквивалентные порции определённого вещества или энергии, находящейся в определённой форме, способны заменять друг друга в любых массово-энергетических процессах.

2. Совсем другими свойствами обладает информация. По отношению к информации закон сохранения места не имеет. Например, информацию можно размножить, перекодировать. Большое количество различных носителей информации могут содержать од-

---

\* Тезисы доклада, написанные для Международного конгресса по философии. Варна. 1973. Опубликовано в книге: *А.А. Ляпунов. Проблемы теоретической и прикладной кибернетики.* М.: Наука. – 1980. – С. 320–323.

ну и ту же информацию. Можно представить себе большое количество экземпляров носителей одной и той же информации. По отношению к информации принцип взаимозаменяемости также не имеет места. То есть полностью утраченная информация, не сохранившаяся ни в одном экземпляре, восстановлена быть не может. Заменять друг друга могут только порции информации, произошедшие из одного и того же источника и являющиеся перекодированием одна другой. Таким образом, в пределах управляющей системы возможно перекодирование информации, её размножение или её утрата. Перекодирование информации до некоторой степени аналогично преобразованию материи и энергии из одной формы в другую. Возможность размножения информации и невозможность утраченной информации являются её характеристическими особенностями. Они резко противостоят характеристическим особенностям массы и энергии, состоящим в том, что те подчиняются закону сохранения и принципу заменяемости.

Информация материальна, т. е. информация всегда нуждается в материальном носителе. Вне материи информация не существует, однако носителями содержательно одной и той же информации могут быть совершенно разные объекты: словесное сообщение может кодироваться звуковыми волнами, электрическими импульсами при телеграфной или телефонной передаче, нервными сигналами в процессе говорения, знаками, написанными на бумаге, высеченными на камне и т. д. Наследственная информация, передаваемая от родителей к детям, кодируется элементами молекул ДНК или же в виде целого ряда свойств организмов детей, или, наконец, в деталях процессов, протекающих в этих организмах. Наследственная информация погибшего организма пропадает безвозвратно.

Заметим, что как физический носитель, так и способ кодирования информации при заданном носителе могут быть совершенно различными, и при этом содержание порции информации может быть одно и то же.

3. Понятия материи и энергии в некотором смысле абсолютны. Количественное выражение данной порции массы или энергии есть некоторый инвариант при всех природных процессах, в которых эта порция может участвовать. Совсем не так обстоит дело с информацией, заключённой в некотором носителе. Так, например, написанное письмо для адресата имеет определённое содержание. Для графолога содержание письма может не представлять никакого интереса, в то же время почерк, которым написано письмо, может служить источником тех или иных сведений об авторе письма.

Для криминалиста в некоторых случаях может представить интерес бумага, на которой письмо написано, отпечатки пальцев, которые на ней можно найти, и даже материал чернил, которыми письмо написано. Если представить себе, что письмо написано некоторым шифрованным образом, то содержание письма может узнать только человек, владеющий соответствующим шифром. Можно привести огромное количество примеров, где в зависимости от цели, стоящей перед исследователем, один и тот же объект может оказаться носителем то той, то другой информации. В зависимости от того, в какую систему поступает тот же самый сигнал, он может иметь то один, то совсем другой смысл. Таким образом, информация всегда относительна, она зависит не только от того, каким носителем она представлена и каков способ её кодирования, но ещё и от того, какой системой она воспринимается.

Наконец, отметим такое обстоятельство: весьма важная информация (важная по тем последствиям, которые она вызывает, попав в соответствующую обстановку) может иметь в качестве носителя очень малую порцию материи или энергии. Так, наследственная информация, которая играет определяющую роль в возникновении индивидуальных особенностей будущего организма, кодируется небольшим числом молекул ДНК. Приказ о начале военных действий может быть отдан посредством телеграммы в несколько слов. Между массой или энергией носителя информации и её содержанием связи нет, а связь между свойствами носителя информации и количеством записанных в нём знаков очень слабая. В большей мере она определяется выбранным способом кодирования информации. В то же время при отсутствии носителя информация не существует.

Информацию в некоторых отношениях можно уподобить тем или другим качествам её носителя. Например, цвет предмета или его форма. В самом деле, и то и другое качество принимает определённое значение лишь при наличии предмета – носителя. Строго говоря, качество предмета можно рассматривать как некую информацию, записанную в данном предмете.

5. Теперь мне хочется в несколько проблематичном аспекте отметить одно обстоятельство, где роль материального носителя информации приводит к некоторой общей закономерности информационной природы. Представим некоторое физическое тело макроскопических размеров, в разных частях которого теми или иными способами закодирована информация. Будем считать, что количество знаков, используемых для кодирования информации, весьма велико (например, порядка числа молекул в этом теле).

Ставится задача: можно ли сконцентрировать всю эту информацию за сравнительно небольшой отрезок времени и в весьма малом объеме (порядка одной или немногих молекул). По-видимому, в этом вопросе мы должны столкнуться с некоторыми специфическими лимитирующими обстоятельствами. К сожалению, приведенные ниже соображения очень сыры и предварительны. Дело в следующем: для того чтобы сконцентрировать в очень маленьком объеме информацию, рассеянную в большом объеме, каждый кодовый знак, не обусловленный другими знаками, нужно передать в выделенный объем посредством некоторого материального носителя. Это будет либо некоторая частица, либо порция энергии (например, электромагнитной). Каждая из них должна войти в соответствующий объем, оставить в нём некоторый след и выйти из него. Однако поскольку скорости движения частиц ограничены, то для того, чтобы оставить некоторый след, т. е. несколько перестроить молекулы внутри данного объема, нужно время.

Ясно, что если общее количество носителей информации велико, то будет неизбежна высокая концентрация этих носителей в данном объеме в течение рассматриваемого промежутка времени. Любые частицы, способные взаимодействовать с молекулярными структурами в малом объеме, имеют некоторую определенную массу (вероятно, нейтрино для этого непригодны). Слишком большая концентрация массы в малом объеме, видимо, невозможна, так как между частицами возникнут специфические взаимодействия, которые приведут к тому, что структура, предназначенная для хранения информации и расположенная в данном объеме, по всей вероятности, разрушится. Если говорить о порции энергии в виде электромагнитных колебаний, то возникнут ограничения для частоты. В самом деле, если посредством длинных волн что-либо передавать в очень малый объем, то коэффициент полезного действия окажется очень мал, и нужна колоссальная чувствительность приёмного устройства. Всякое запоминающее устройство обладает порогом чувствительности, т. е. запомнено может быть то, что было передано посредством достаточно большой порции энергии. Поэтому для внесения информации в малый объем можно пользоваться только высокими частотами. В то же время квант высокой частоты содержит большую энергию. Однако для того, чтобы внести в малый объем большую информацию, носителями которой являются порции энергии, мы окажемся вынужденными создать в этом объеме высокую плотность энергии. Это поведёт к разрушению запоминающей структуры, находящейся в данном объеме.

Таким образом, то обстоятельство, что для концентрирования большой информации в малом объёме за малое время оказывается необходимым сконцентрировать в этом объёме либо достаточно большую массу, либо достаточно большую энергию (это является прямым следствием того, что информация должна иметь материального носителя), ведёт к тому, что должен существовать некоторый запрет на такие процессы чрезмерной концентрации информации. Видимо, должен существовать такой принцип: для того чтобы в материальной структуре заданного размера сконцентрировать определённое количество информации, нужно достаточно большое время. Было бы интересно получить количественное выражение этой закономерности. Думаю, что это потребует соображений, относящихся к современной теоретической физике. К сожалению, в настоящее время ещё не ясно, как это сделать.

6. Весьма важно, что высказанное здесь соображение определяет невозможность передачи по наследству благоприобретенных признаков при размножении организмов. В самом деле, благоприобретенные признаки суть макроскопические свойства организма. Для их передачи по наследству необходимо их перекодировать в наследственную информацию, т. е. в отдельные молекулы ДНК. Мы сталкиваемся как раз с задачей о концентрировании в отдельные молекулы информации, разлитой в макроскопическом теле. В связи с тем, что эта информация может быть самой разнообразной, в самом общем случае она приводится к информации о строении всех молекул и их взаимном расположении. Для того чтобы эту информацию фильтровать должным образом, её сначала надо сконцентрировать.

7. Можно себе представить, что в живой природе существуют ещё совсем другие факторы, ограничивающие возможность концентрации информации. Например, слишком большое количество информации, поступающей человеку в короткий срок, не может быть им усвоено.

В экспериментах известного физиолога Л.В. Крушинского был зарегистрирован весьма интересный факт. Если подопытное животное в процессе эксперимента получало слишком много информации или слишком сложную информацию, то оно впадало в состояние невроза. Это тоже говорит о наличии некоторого физиологического ограничения возможности концентрировать информацию в сознании живых существ за ограниченное время. Ясно, что раскрытие содержания этого ограничения требует специальных экспериментов.