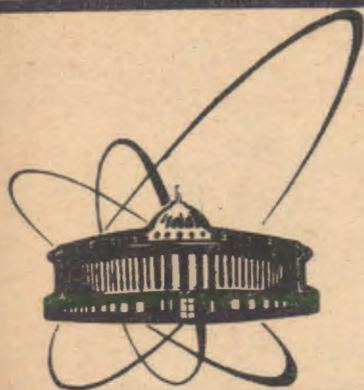


90-556



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

911/91

P19-90-556

В.И. Корогодин, Ч.Файси

ИНФОРМАЦИЯ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ

1990

## I. Введение

В работе /1/ мы предложили разделить понятия "Количество информации" и "Емкость информационной тары", понимая под "информацией" содержательную сторону сообщений, а под "информационной тарой" - совокупность элементов (букв, сигналов или символов), из которых такие сообщения могут быть составлены.

В качестве меры емкости информационной тары мы, следуя К.Шеннону /2/, предложили использовать формулу

$$H_M \approx -M \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где  $H_M$  - информационная емкость сообщения, составленного из  $M$  элементов;  $n$  - число таких элементов (или букв) в языке, на котором такое сообщение "записано";  $p_i$  - частота встречаемости  $i$ -го элемента в данном языке. При использовании стандартного бинарного кода ( $n = 2$ ), в котором  $p_1 = p_2 = 0,5$ , величина  $H_M = M \ln 2$ , а в общем случае  $H$  равна числу букв стандартного бинарного кода, на котором может быть записано это сообщение. За единицу емкости принята емкость одного элемента стандартного бинарного кода, называемая по традиции "битом". Количество  $V$  самой информации, содержащейся в сообщении, не может превосходить  $H$ , причем равенство  $V=H$  справедливо лишь для максимально компактных сообщений. Для расчета числа  $M$  букв, требующихся для записи  $V$  битов информации на языке, содержащем  $n$  разных символов, можно воспользоваться формулой

$$M \geq V \left( - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \right)^{-1}. \quad (2)$$

Разделение понятий "информация" и "информационная тара" позволяет анализировать их независимо одно от другого, рассматривая свойства как самой информации, так и ее носителей, а также их место и роль в реальной действительности. Эта статья посвящена, в основном, рассмотрению свойств информации и ее связи с таким важным феноменом, как "целенаправленное действие". Некоторые вопросы, относящиеся к носителям информации, будут затронуты лишь в той мере, в какой это необходимо для основного содержания работы.

## 2. Носители информации

Ограничившись пока интуитивным пониманием информации как содержательной стороны сообщения (латинское слово *informatio* и означает "представления", "понятия", "сведения"), рассмотрим некоторые особенности тех материальных объектов, которые могут быть использованы в качестве носителей информации.

Из повседневного опыта мы знаем, что потенциальными носителями информации или информационной тарой является совокупность таких знаков или символов, которые могут быть использованы как буквы (элементы) естественного или искусственного языка, предназначенного для записи (фиксации) информации. Это могут быть узелки на шнурке, разноцветные камешки, буквы русского алфавита или китайские иероглифы, нанесенные карандашом или тушью на любую пригодную для этого поверхность, выцарапанные на бересте, сырой глине или высеченные на камне. Это могут быть модуляции голоса или электромагнитных колебаний, взмахи флажками, световые сигналы. Но в любом случае это - реальные материальные объекты или явления, которые имеют значение не сами по себе, а лишь в обусловленном традицией или соглашением сопоставлении с определенным набором понятий, т.е. словарем и грамматикой того или иного языка. Только в этой, последней, роли они могут выступать как носители информации.

Подчеркнем, что никакой связи между природой информационной тарой и той информацией, которая содержится или может в ней содержаться, не существует. Любая информация может быть зафиксирована на любом материале, любыми знаками и на любом языке, лишь бы в арсенале этого языка существовал набор соответствующих понятий. Поэтому последующий анализ относится к любым носителям информации.

Если различать знаки (или буквы), которые и являются собственно информационной тарой, и материал, на который они нанесены, то можно выделить две особенности носителей информации, имеющие принципиальное значение: их информационную емкость и продолжительность их существования (или "прочность").

Информационная емкость носителей не зависит от их прочности, а как следует из (1), (2), определяется только их числом  $n$  и частотой  $f_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) встречаемости в данном языке. Ясно, что  $n \geq 2$ , сверху же число  $n$ , в принципе, не ограничено. Число  $n$ , однако, не должно быть и слишком велико (вряд ли может превышать несколько тысяч, как в случае китайских иероглифов), иначе затрудняется задача их восприятия и идентификации. Оптимальное значение  $n$  определяется, по-видимому, видом той информации, для фиксации которой предназначены данные носители: так, для генетической информации  $n = 4-5$ , а для естественных языков  $n \approx 20-30$ .

Прочность или "время жизни" носителей информации, вне зависимости от их емкости, не должно быть короче, чем то время, которое требуется для восприятия сообщения, в них содержащегося. Следовательно, время жизни носителей информации определяется особенностями источника и приемника информации, а также условиями ее хранения от момента восприятия до момента считывания с целью использования или ретрансляции. Поэтому различные ситуации могут предъявлять разные требования к прочности носителей информации: от малых долей секунды (как в случае радиосвязи) до миллионов лет (как в случае сообщений, отправляемых на далекие планеты). Но, какой бы прочностью ни обладали носители информации, с течением времени они неизбежно будут подвергаться повреждениям и разрушению. Такая же судьба, естественно, ожидает и содержащуюся в них информация.

## 3. Информация и ее свойства

Что же представляет собой сама информация? К. Шеннон /2/, как мы знаем, не дал определения этого понятия. Учебники по теории информации рассматривают лишь количественные ее аспекты (см., например, /3/). Таковой проницательный автор, как А.А.Харкевич /4/, ясно понимавший одну сторону характеристики информации лишь с количественной ее стороны, не заметил, что классическое определение количества информации никак-кого отношения к собственно информации не имеет. Даже А.Н.Колмогоров /5/, заложивший в своем замечательном эссе основы определения понятия "информация", сам расценил это лишь как одно из возможных определений ее количества....

И, тем не менее, подходу к определению понятия "информация" можно найти в работах Н.Винера /6,7/, в упомянутых уже работах А.А.Харкевича и А.Н.Колмогорова, а также у других авторов (например, /8-12/). Н.Винер отмечает, что "действенно жить - это значит жить, располагая правильной информацией" (/7/, с.31). А.А.Харкевич /4/ определяет ценность информации через приращение вероятности достижения цели, если данная информация для этого используется. А.Н.Колмогоров /5/ предлагает рассмотреть информацию как алгоритм, задающий характер и последовательность действий, направленных на достижение желаемого результата. Все это позволяет рассматривать информацию как нечто, необходимое для осуществления целенаправленного действия, или как "руководство к действию" /13/, - что, кстати сказать, хорошо соответствует обыденному представлению об информации.

И еще. Как подчеркнул Н.Винер, "информация есть информация, а не материя и не энергия" (/6/, с.201). Это очень важное замечание. Во-первых, не будучи материальной, информация не может существовать сама по себе, в свободном состоянии. Все известные нам виды информации: существ-

вуют, лишь будучи заключены в ту или иную тару, привязаны к разному роду физическим носителям. Во-вторых, не будучи "ни материей, ни энергией", информация сама по себе пассивна: она не может оказывать никакого влияния на потоки вещества и энергии в окружающей ее среде. Чтобы стать действенной, информация должна быть использована каким-либо оператором - материальным объектом, способным осуществлять заданную информацией последовательность действий или операций /13/. Оператор сам создается на основе определенной информации, использовать же он может информацию либо из этого же класса, либо из другого). В-третьих, в силу своей "нематериальности" информация не подчиняется законам сохранения, царящим в мире вещей /11/. При реализации оператором информация может оставаться неизменной; при копировании содержащего ее носителя число копий информации будет возрастать вне связи с материальными затратами на этот процесс, которые определяются только природой носителей и способами копирования; затраты на создание информации также, вообще говоря, не зависят от ее ценности и количества; а при разрушении носителей содержащаяся в них информация бесследно исчезает.

Учитывая все это, перечислим основные свойства информации, как при-сущие ей самой, так и обуславливаемые ее материальными воплощениями, т.е. особенностями носителей информации и операторов /II-13/. Прежде всего, это - фиксированность информации. Выше мы уже говорили, что, не будучи "ни материей, ни энергией", информация может существовать только в состоянии фиксации на тех или иных физических носителях. "Свободной" от носителей информация мы не знаем.

Затем следует выделить такое фундаментальное свойство информации, как ее инвариантность по отношению к физической природе носителя. Природа носителя не влияет ни на количество заключенной в нем информации (кроме ограничения  $B \leq H$ ), ни на содержательную ее сторону, т.е. семантику. Одна и та же информация может быть "упакована" в носители разной природы, "записана" разными кодами на разных языках. Свойство инвариантности определяет возможность перевода информации с одной системы записи на другую, что, в конечном счете, лежит в основе "понимания" и "умения использовать" информацию.

Следующим важным свойством информации является ее разнородность - способность, реализуемая путем копирования исходного носителя или перевода с одного носителя на другие. Если скорость возникновения новых копий превосходит скорость разрушения исходных, то информация начинает существовать в виде множества идентичных вариантов (на одинаковых или разных носителях).

\* В этой работе мы не будем рассматривать вопрос о путях и способах та-кой реализации информации.

Если копирования информации не происходит или скорость копирования ниже критической, то, в результате неизбежного разрушения носителей, информация в конце концов погибнет. Это - бренность информации, определяемая природой носителей и окружающими их условиями.

Если носитель перед копированием претерпел какие-либо деформации или копирование недостаточно точное, т.е. происходит с ошибками, это будет приводить либо к обесмысливанию информации, что равнозначно ее гибели, либо к изменению ее количества и/или семантики. Возможность такой изменчивости информации - очень важное ее свойство, лежащее в основе ее динамики и эволюции.

Как мы уже говорили, каждую информацию можно охарактеризовать ее количеством  $B$ , которое не может превосходить емкость  $H$  ее носителя. Информации присуща также содержательность или семантика, с емкостью носителей никак не связанная. Но именно семантика информации определяет специфику кодируемого ею оператора или действия. Изменится семантика информации - изменятся и особенности кодируемого ею оператора.

Менее жестко зависят от информации действия, которые может совершать данный оператор. То воздействие, которое может оказывать оператор на окружающую его среду, зависит не только от его специфики, но также от свойств и особенностей этой среды. Влияя на разные процессы, в окружающей среде происходящие, один из них оператор может индуцировать или ускорять, другие - тормозить или блокировать. В зависимости от того, для чего используется данный оператор, он может с разной эффективностью приводить к разным результатам. Поэтому, вообще говоря, одна и та же информация, реализованная данным оператором, в разных ситуациях может приводить к совершенно разным результатам. Кроме того, одна и та же информация может быть использована разными операторами (тоже для достижения розничных целей). Это важнейшее свойство информации может быть названо полнотенностью. С другой стороны, один и тот же результат может быть достигнут при использовании разных информаций.

С полнотенностью информации тесно связано то ее свойство, которое традиционно называют ценностью, - приращение вероятности достижения цели при использовании данной информации. Ценность информации удобно выражать как отношение

$$C = \frac{P - P_0}{1 - P_0} \quad (3)$$

где  $P$  - вероятность достижения какой-либо цели без использования данной информации, а  $P_0$  - при ее использовании. Когда  $P \geq P_0$ , то  $C$  может изменяться от 0 до 1; если  $P = 0$ , то  $C = P$ .

Следует заметить, что существуют и другие определения ценности информации. Так, по А.А.Харкевичу /4/  $C = \log \frac{P}{P_0}$ . При таком определении  $C$  может изменяться от 0 до  $\infty$ , в зависимости от соотношения  $P$  и  $P_0$ .

Для данной информации ценность может быть и отрицательной, если ее использование в некоторой ситуации не повысит, а уменьшит вероятность достижения цели, т.е. когда  $P < P$ . Такие случаи, однако, относятся к проблеме "ложь или заблуждение", и мы их здесь рассматривать не будем.

Сопоставим теперь две количественные характеристики информации -  $V$  и  $C$ .

Количество любой информации может быть ограничено сверху лишь емкостью носителя, но не внутренними особенностями самой информации. Для каждой данной информации ее количество - величина постоянная, задаваемая одним каким-либо числом. В то же время ценность любой информации, в зависимости от ситуации и цели, может изменяться в пределах  $0 \leq C \leq I$ . В силу свойства полнотности ценности данной информации может быть задано одним числом только по отношению к некоторой определенной цели, достигнутой при использовании конкретного оператора в данной конкретной ситуации. В общем же случае ценность каждой информации можно задать лишь как распределение на пространстве всех возможных ситуаций и целей. Однако такое распределение никогда не может быть задано с исчерпывающей полнотой: в силу свойства полнотности невозможно априори перечислить все ситуации и все цели, для достижения которых данная информация может быть использована.

Хотя количество и ценность информации как будто совершенно разные ее характеристики, между ними имеется определенная зависимость. Можно полагать, что для успешного ( $P = I$ ) достижения какой-либо цели в заданной ситуации требуется последовательность операций некоторой минимальной сложности. Из алгоритмического определения информации /6/ следует, что чем сложнее целенаправленное действие, тем больше требуется информации для его осуществления. Это справедливо и тогда, когда часть используемой информации "заложена" в конструкции оператора, а часть - в дополнительные сообщения, и тогда, когда такие сообщения и оператор содержат также информацию, никакого отношения к достижению данной цели не имеют. В любом случае ценность различных информаций  $I_1, I_2, \dots, I_j, \dots$ , которые пригодны для использования в данной ситуации для достижения данной цели, с увеличением их количества  $B_1 < B_2 < \dots < B_j < \dots$  может возрастать, достигая предельного значения  $C = I$  лишь при некотором критическом значении  $V$  (рис. а). Это обстоятельство позволяет ввести еще одну характеристику информации, производную от первых двух, - ее эффективность.

Эффективностью информации будем называть отношение

$$E = \frac{C}{B} \quad (4)$$

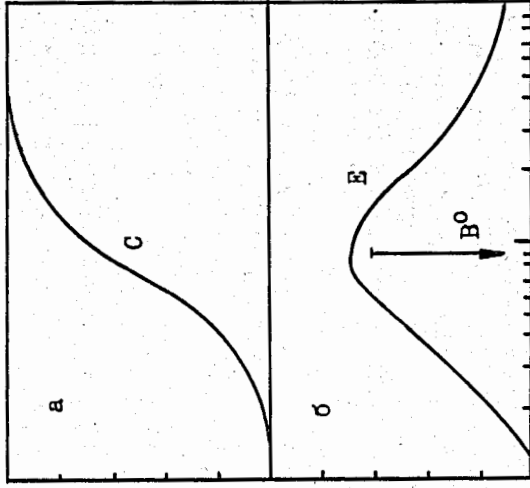


Рис. Схема зависимости ценности  $C$  и эффективности  $E$  информации от ее количества  $B$  для данного пространства режимов. Кривые описывают максимально возможные значения  $C$  и  $E$  для данных значений  $B$ . Ось ординат:  $a$  - ценность информации, усл.ед.;  $b$  - эффективность информации, усл.ед. Ось абсцисс - количество информации, усл.ед.  $B_0$  - оптимальное количество информации.

Здесь, как уже было сказано,  $B$  является суммой количества информации, реализованной в операторе и содержащейся в дополнительных сообщениях. Как и в случае ценности, эффективность каждой данной информации может быть задана только в форме распределения на пространстве ситуаций и целей. Для множества же разных информаций, которые пригодны для использования в данной ситуации для достижения данной цели, зависимость  $E$  от  $B$  можно задать множеством точек, ограниченным сверху некоторой кривой с максимумом (рис. б).

Такая форма зависимости  $E(B)$  - очень важное свойство информации. Оно означает, что для любой пары "ситуация и цель" может существовать по меньшей мере одна информация, обладающая максимальной эффективностью. Количество такой информации  $B_0$  можно называть "оптимальным".

Отметим теперь еще одну важную особенность семантики информации. Не вдаваясь в подробное обсуждение этого вопроса, можно утверждать, что семантика любой информации такова, чтобы некоторый оператор, по крайней мере в некоторых ситуациях, мог обеспечить воспроизведение этой информации. Другими словами, можно утверждать, что для любой информации должно существовать по меньшей мере одно пространство режимов, в пределах которого могут осуществляться действия, целью которых является создание копии данной информации.

Действительно, если бы этого не было, то, в силу своей брэнности, информация была бы обречена на гибель. Ведь любая информация, не будучи воспроизведена, погибает вместе со своим носителем. Бесследная гибель - удел любой информации, если окружающая ситуация изменится так, что ее воспроизведение станет невозможным. Именно поэтому воспроизведение информации - одна из обязательных целей, которые могут быть достигнуты оператором при осуществлении целенаправленных действий.

#### 4. Целенаправленное действие

Посмотрим теперь, что же такое целенаправленное действие и каковы его особенности.

Целенаправленным действием будем называть наложение таких ограничений на процессы, совершающиеся в данной ситуации, в результате чего возрастает вероятность осуществления некоторого события, называемого целью. Любое целенаправленное действие, осуществляемое с использованием данной информации, в общем виде можно представить в форме

$$R [S] \frac{Q(I)}{P} Z + W. \quad (5)$$

Здесь  $R$  - источник вещества и энергии, требующиеся для осуществления такого действия, или его ресурсы;  $S$  - ситуация, в которой действие осуществляется и к которой эти ресурсы относятся;  $Q$  - оператор, использующий информацию  $I$ ;  $Z$  - событие цели;  $P$  и  $R$ , как уже упоминалось, - вероятности осуществления  $Z$  без использования и при использовании данной  $I$ ;  $W$  - "побочный продукт" данного целенаправленного действия  $/I3/$ . Любое целенаправленное действие можно полностью описать, задав его компоненты ( $R, S, Q, I, Z$  и  $W$ ) и характеристики ( $P$  и  $R$ ).

Рассмотрим теперь компоненты целенаправленного действия (за исключением информации, о которой речь шла выше).

Центральной фигурой любого целенаправленного действия является оператор  $Q$ , без участия которого это было бы не "действие", а спонтанное течение событий. Термин "оператор", ключевой для развиваемых нами представлений, следует понимать достаточно широко. Это может быть живое существо или техническое устройство, дееспособность или область использования которых целиком определяется его организацией, задаваемой соответствующей информацией. Далее, оператор может быть устроен так, чтобы он был в состоянии воспринимать различные сообщения, составленные на "доступном" для него языке, и производить нужные операции в соответствии с содержащейся в них информацией. Это верно даже для простейшего случая генетической информации, когда живая клетка ("живой оператор") в природных условиях функционирует обычно лишь в соответствии со своей генетической программой. Однако исследование последних десятилетий показали, что даже такой оператор способен "считывать" и использовать генетическую информацию подчас довольно далеких видов - свойство, широко используемое в генетической инженерии  $/14,15/$ . Наконец, оператор может представлять собой систему весьма разнородных объектов (живых организмов и технических устройств), объединенных для осуществления какой-либо деятельности единой информационной программой. Поэтому под "оператором" мы будем понимать не только какой-либо единственный объект, но также их совокупность, участвующую в данном целенаправленном действии.

Любой оператор  $Q$ , "работающий" в данной ситуации  $S$ , можно трактовать как "машину", функционирующую на основании законов физики и требующую для этого определенных затрат вещества и источников энергии, т.е. ресурсов  $R$ .

Как в случае любой машины, коэффициент полезного действия оператора ( $KPDQ$ ) всегда меньше единицы. Отсюда следует неизбежность существования "побочных продуктов"  $W$ , сопровождающих осуществление любого целенаправленного действия, сопутствующих достижению любой цели  $Z$ , независимо от того, какова эта цель и какова эффективность самого действия. Сказанное справедливо и в тех случаях, когда "целью" является задание нового оператора, совпадающего с исходным или отличающегося от него ( $Z = Q$ ), или же воспроизведение исходной или измененной информации ( $Z = I$ ).

Два свойства целенаправленного действия, связанные с особенностями определяющей его информации, имеют специальный интерес. Это - ресурсоёмкость действия и  $KPD$  оператора.

Ресурсоёмкость действия можно выразить через количество ресурсов  $x$ , требующихся для осуществления одного его цикла. Ресурсоёмкость можно выразить также по отношению ко всем ресурсам  $R$ , доступным в данной ситуации  $S$ , как  $\rho = \frac{x}{R[S]}$ . Здесь возможны два крайних случая: или  $\rho \ll 1$ , что соответствует практически неограниченному запасу ресурсов, или  $\rho \approx 1$ , что соответствует их весьма ограниченному запасу. При  $\rho > 1$  цель не может быть достигнута.

Коэффициент полезного действия оператора также можно выразить как отношение:  $KPDQ = \frac{x_z + x_w}{x}$ , где  $x_z$  - часть ресурсов  $x$ , идущая только на достижение цели  $Z$ , а  $x_w = x - x_z$ . При этом, если величина  $KPDQ$  характеризует "экономичность" работы оператора, то величина  $x_w$  определяет то валовое количество побочного продукта  $W$ , которое может образоваться в ходе осуществления одного цикла целенаправленного действия.

Таким образом, мы получили две характеристики, отражающие степень (или темп) изменения исходной ситуации  $S$  в результате осуществления целенаправленного действия:  $\rho$ , характеризующее исчерпаемость ресурсов в доступной для деятельности оператора среде, и  $x_w$ , характеризующее загрязняемость этой среды в ходе работы оператора.

Обратим теперь внимание вот на что. Как  $\rho$ , так и  $KPDQ$  определяются, в конечном счете, особенностями информации, кодирующей данное действие. Действительно, такие характеристики информации, как  $B$  и  $C$  (для данной пары  $Z$  и  $S$ ), при прочих равных условиях должны решать проблему влияния на термодинамические и прочие особенности всего целенаправленного действия. Допустим для простоты, что ресурсоёмкость  $x$  одного

цикла такого действия пропорциональна суммарному количеству  $B$  обуславливающей его информации, а величина ресурсов  $Z$ , непосредственно идущих на достижение  $Z$ , пропорциональна ценности информации  $C$  и достигает постоянного значения при  $C = \max$ . Из этих допущений следует, что КПД должен быть пропорциональным  $C/B = E$ , т.е. экономичность работы оператора определяется эффективностью информации, кодирующей данное целенаправленное действие.

В действительности связи между характеристиками информации, термодинамическими особенностями операторов и событиями, происходящими в процессе режимов при осуществлении целенаправленного действия, могут быть значительно сложнее и не столь однозначны. Однако, если развитие выше представленных справедливо хотя бы в первом приближении, они позволяют сделать следующее утверждение. Для любой пары  $Z$  и  $S$  может существовать хотя бы одна информация, обладающая максимальной эффективностью  $E_{\max}$  и поэтому обеспечивающая максимальный (из возможных для данных условий) КПД и минимальное накопление во внешней среде побочного продукта  $W$ . Оператор, использующий такую информацию, можно называть оптимальным.

## 5. Обсуждение

Опираясь на перечисленные выше свойства информации, можно сразу же отвергнуть две крайние точки зрения на положение, которое занимает информация в природе: согласно одной из них, информация является prerogативой человеческого общества или "изобретением" человека; согласно второй - информация "содержится" во всех окружающих нас объектах, вступающая в качестве третьей ипостаси материи, наряду с массой и энергией /16/. Ошибочным следует признать и такое представление, что информация "содержится" в различных "следах деятельности" живой и неживой природы /11/; в действительности таковые могут служить лишь предпосылками для создания информации, но не ее носителями.

Теснейшая взаимосвязь информации и целенаправленного действия означает, что информация присуща лишь тем объектам, которые такие действия могут осуществлять, - а таковыми являются, как известно, только живые организмы, причем все без исключения, от вирусов и бактерий до человека /17/. Этим они принципиально отличаются от объектов неживой природы, которые могут изменяться, воздействуя один на другой, но не способны действовать целенаправленно. Только наличие информации и способность ее использовать обеспечивает живым организмом возможность существования. Можно также утверждать, что вне живой природы информации нет, если не считать носители информации органического происхождения, попадающие в

окружающую среду при разрушении органических систем (фрагменты молекул ДНК, например); или компоненты технических информационных устройств, содержащие запись информации, но являющиеся продуктами человеческой деятельности.

Рассмотрение целенаправленного действия привело нас к гипотезе, согласно которой КПД оператора и связанное с ним воздействие операторов на окружающую среду обуславливаются количеством  $B$  и ценностью  $C$  (точнее, эффективностью  $E$ ) используемой этими операторами информации. Дальнейшая разработка этой гипотезы, как мы надеемся, может стать перспективным путем к решению проблемы о соотношении между информацией и термодинамикой, - проблемы, сформулированной еще Л.Бриллюэном /16/, но трактованной им излишне прямолинейно, в виде "негэнтропийного принципа информации". Можно думать, что анализ взаимосвязи между характеристиками информации ( $B$ ,  $C$  и  $E$ ), с одной стороны, и КПД оператора, с другой, поможет сформулировать те "критерии значимости", которым принадлежит ведущая роль в динамике и эволюции информации.

## Литература

1. Korogodin V.I., Fayszi Cs. Int.J.Systems Sci., 1986, v.17, p.1661.
2. Шеннон К. В кн.: Работы по теории информации и кибернетике. М., ИИЛ, 1964, с.243.
3. Стратанович Р.Л. Теория информации. М., "Советское радио", 1975.
4. Харкевич А.А. В кн.: Проблемы кибернетики, вып.4. М., Физматгиз, 1964, с.53.
5. Колмогоров А.Н. Проблемы передачи информации, 1965, т.1, с.3.
6. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М., "Советское радио", 1968.
7. Винер Н. Кибернетика и общество. М., ИИЛ, 1958.
8. Кастлер Г. В кн.: Теория информации в биологии. М., ИИЛ, 1960, с.9.
9. Бонгард М.М. Проблемы узнавания. М., "Наука", 1967.
10. Гришкин И.И. Понятие информации (логико-методологический аспект). М., "Наука", 1973.
11. Серавин Л.Н. Теория информации с точки зрения биолога. Л., Изд. ЛГУ, 1973.
12. Дубровский Д.-И. Информация, сознание, мозг. М., "Высшая школа", 1980.
13. Корогодин В.И. Биофизика, 1983, т.28, с.171.
14. Кордюм В.А. Эволюция и биосфера. Киев, "Наукова думка", 1982.

15. Хесин Р.Б. Непостоянство генома. М., "Наука", 1985.
16. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., Гос. изд. физ.-мат.-лит., 1960.
17. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. М., "Наука", 1960.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 декабря 1990 года.