

JIRÍ ZEMAN

**POZNÁNÍ
a INFORMACE**

GNOSEOLOGICKÉ
PROBLÉMY KYBERNETIKY

NAKLADATELSTVÍ ČESKOSLOVENSKÉ AKADEMIE VĚD
Praha 1962

XIII

309111

И. ЗЕМАН

**ПОЗНАНИЕ
И ИНФОРМАЦИЯ**

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ КИБЕРНЕТИКИ

Перевод с чешского

Р. Е. МЕЛЬЦЕРА

Спецредакция и предисловие
кандидата философских наук **А. Д. УРСУЛА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОГРЕСС»

Москва 1966

7854032.



Редакция литературы по вопросам философии и права

1-5-2
5-66

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вышедшая в Праге в 1962 году книга И. Земана «Познание и информация» посвящена применению методов теории информации в гносеологии. И. Земану принадлежит ряд работ по философским проблемам кибернетики и теории информации, и одна из них¹ уже была переведена на русский язык.

Наряду с диалектико-материалистическим осмыслением кибернетики и теории информации в последние годы все большее внимание уделяется применению их научного аппарата в философских исследованиях. Что это дает для философии? Очевидно, что применение, например, теории информации позволяет внедрить в философские исследования математические методы. Теория информации сразу же после формулировки почти двадцать лет назад ее основных теорем К. Шенноном стала проникать из теории связи в лингвистику, психологию, экономику, биологию, биохимию, химию и другие науки². Это позволяет предполагать, что понятие информации отражает нечто важное для современной науки. Однако первоначальное применение теоретико-информационных методов не давало существенно новых результатов, что послужило поводом к осуждению применения теории информации со стороны некоторых дог-

¹ И. Земан, Кибернетика и философия, сб. «Философия и естествознание», Изд-во «Прогресс», 1965.

² О применении теории информации см. сб. «Kybernetika a její využití», Praha, 1965; «Le concept d'information dans la science contemporains», Paris, 1965; «Information and Prediction in Science», New York and London, 1965.

матически настроенных ученых. Но и тогда, когда не получали новых результатов от применения теоретико-информационных методов, они значительно способствовали более четкому и глубокому пониманию уже известных фактов и закономерностей и нацеливали на дальнейшие изыскания. Наконец, попытки использования теории информации содействовали уяснению как математической, так и содержательной стороны категории информации. И что также важно — именно позитивные исследования позволяли и позволяют вести аргументированную критику религиозно-идеалистических измышлений¹ о природе информации и ее роли в теории познания.

Конечно, философы-марксисты должны выработать диалектико-материалистическое понимание категории «информация». Но наряду с этим необходимо делать попытки использовать теорию информации и в философских работах, способствовать их математизации. По-видимому, и к философии относится замечание К. Маркса о том, что наука только тогда достигает совершенства, когда все шире начинает использовать математику². Можно ожидать, что освоение марксистской философией теоретико-информационного подхода к изучению явлений действительности будет способствовать ее дальнейшему развитию.

Естественно, что книга И. Земана представляет интерес уже самой постановкой проблемы применения теории информации к одному из разделов философии — гносеологии. Книга состоит из шести глав. В первых двух главах рассматривается процесс познания в основном с точки зрения разнообразия. В третьей главе излагаются основные понятия статистической теории информации. Четвертая глава посвящена раскрытию взаимосвязи информации и материи. В пятой — дается обзор попыток применения теории информации в психологии. И, наконец, в последней — исследуется процесс накопления информации в научном знании и его взаимосвязь со временем. Такое построение книги, в частности вклю-

¹ См., например, E. Wasmuth, *Der Mensch und die Denkmachine*, Köln, 1956; J. Wilkinson, *The Concept of Information and Unity of Science*, «Philosophy of Science», v. 28, № 4, 1961.

² См. «Воспоминания о Марксе и Энгельсе», Госполитиздат, 1956, стр. 66.

чение первых трех глав, как отмечает И. Земан, связано с тем, что она рассчитана на широкий круг читателей. Поэтому для читателей, знакомых с теорией познания, автор считает необходимым изложить основные положения классической теории информации, а для знакомых с последней теорией — осветить основные положения марксистской гносеологии.

Процесс познания анализируется И. Земаном под углом зрения концепции разнообразия, то есть автор старается выявить те основные различия и противоположности, которые присущи познанию. Процесс познания требует наличия прежде всего двух различных составных частей, двух противоположностей, находящихся во взаимодействии, — объекта и субъекта. Элементарный акт познания связан с выделением какого-то различия, разнообразия. В процессе познания происходит отражение разнообразия объективной реальности в отраженное, или субъективное, разнообразие. Однако разнообразие объекта в принципе бесконечно в силу неисчерпаемости материи, бесконечной взаимосвязи с другими объектами во Вселенной, в силу того, что материя развивается. Поэтому субъект не может отразить это бесконечное разнообразие объективной реальности и вследствие того, что пропускная способность его органов чувств, его память и т. д. ограничены. Все это приводит к тому, что отраженное разнообразие беднее разнообразия объекта, или, говоря терминами концепции разнообразия, разработанной У. Росс Эшби¹, происходит ограничение разнообразия в результате познания.

Ограничение разнообразия при отражении сказывается уже в том, что познающий субъект из всего бесконечного разнообразия действительности выделяет для исследования лишь некоторый класс явлений. Это выделение есть первое ограничение разнообразия в процессе познания. Необходимо отметить, что в познании не происходило бы никакого ограничения разнообразия, если бы это ограничение объективно не существовало в действительности. В своей книге У. Росс Эшби показал, насколько большое значение для науки имеет ограничение разнообразия. Оказывается, вся наука только и

¹ См. У. Росс Эшби, Введение в кибернетику, Издательство иностранной литературы, 1958.

занята в некотором смысле поисками ограничения разнообразия. Так, механика Ньютона исходила из того, что в природе возможны любые скорости движения вплоть до бесконечности. Опытным путем было обнаружено, что скорости любых тел не могут возрастать бесконечно, что существует ограничение разнообразия верхнего предела скоростей скоростью света. Именно в основу специальной теории относительности в качестве одного из исходных постулатов было положено ограничение разнообразия скоростей. В качестве другого постулата было положено другое ограничение разнообразия — все законы природы имеют в различных инерциальных системах одинаковое математическое выражение, или, как говорят, они инвариантны, неизменны. Правда, это ограничение разнообразия законов природы использовалось и классической механикой, но ограничение разнообразия скоростей привело к существенному изменению типа инвариантности законов. Они стали теперь инвариантными относительно группы преобразований Лоренца, тогда как в классической механике они были инвариантны относительно группы преобразований Галилея.

Инвариантность законов связана с их объективностью. Ведь в выделенном классе явлений в свою очередь вычленяется нечто объективно тождественное, устойчивое, повторяющееся, то есть сущность явлений. Если бы в явлениях объективно не существовало ничего устойчивого, тождественного, то ничего устойчивого не обнаружило бы и познание. Поэтому обнаружение инвариантного в явлениях есть переход от внешнего к внутреннему, от единичного к общему, от явления к сущности. Но это есть уже второе ограничение разнообразия — переход от некоторого выделенного класса явлений и фактов к сущности первого порядка.

Таким образом, в результате первого ограничения разнообразия вычленяется некоторый класс явлений, а в результате второго происходит переход от явления к сущности. Дальнейший процесс познания связан с обнаружением практикой все новых и новых ограничений разнообразия действительности, с его отражением, накоплением новых фактов и с переходом от сущности первого порядка к сущности второго порядка и т. д. Происходит все более адекватное отражение он-

тологически бесконечного разнообразия — из суммы относительных истин складывается абсолютная истина.

Рассмотрение И. Земаном процесса познания под углом зрения концепции разнообразия связано с определенным пониманием категории «информация». И. Земан отмечает, что некоторые идеи о разнообразии и его ограничении были изложены английским ученым У. Росс Эшби в работе «Введение в кибернетику» еще в 1957 году. Но У. Росс Эшби излагает концепцию разнообразия в тесной связи с понятием информации, причем понятия разнообразия и информации им отождествляются. Какое преимущество вносит трактовка информации как разнообразия? Чтобы ответить на этот вопрос, нам придется несколько углубиться в статистическое определение количества информации и дальнейшую эволюцию общего понимания количества информации.

К. Шеннон разработал так называемую вероятностную, или статистическую, теорию информации. Известная формула Шеннона

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

обозначала так называемую негэнтропию полной группы случайных событий, то есть таких событий, сумма вероятностей которых p_i равна единице. Величина H называется негэнтропией, так как она выражает со знаком минус величину, которая в статистической физике обозначена термином «энтропия».

Заслугой Шеннона явилось то, что он расширил понимание формулы энтропии, открытой Больцманом, на все статистические системы, имеющие не только термодинамический смысл, и прежде всего на статистические объекты техники связи. Именно универсальность (или лучше сказать — широкая применимость) новой теории и объясняет ее проникновение в общественные науки, где применение термодинамики вряд ли было бы полезным.

Однако долгое время считалось, что теория информации является лишь разделом теории вероятностей. Действительно, понятие количества информации было производным от понятия «вероятность». Правда, параллельно с вероятностным количеством информации суще-

ствовало понятие так называемой ε -энтропии¹, которое, как отметил А. Н. Колмогоров², является логически независимым от статистического. Наконец, появился еще один подход к определению количества информации — алгоритмический³. Со статистических систем понятие количества информации было распространено и на динамические, то есть на неслучайные, однозначно детерминированные процессы, негэнтропия которых определяется через меру множеств⁴. В современной математической теории информации создалось положение, позволявшее сделать вывод о том, что информация не специально вероятностное понятие⁵.

Все вышеизложенное свидетельствует о возможности более широкого понимания природы информации, исходя уже из математической теории информации. Ведь специфика случайных систем не является спецификой теории информации, так как понятие негэнтропии распространяется на более широкий класс систем, чем статистические. Поэтому общее понимание информации должно быть выведено в результате выделения общих, инвариантных ее признаков для всех подходов — как статистических, так и нестатистических. Но это лишь один источник обобщения.

Другим источником, на наш взгляд, должна явиться семантическая теория информации, характерной чертой которой является попытка раскрыть содержательную сторону информации. Возникает вопрос — можно ли сейчас дать такое определение информации, которое выделяло бы общее свойство, присущее всем разделам теории информации? Необходимо также дать такое определение информации, которое не противоречило бы не только современным теориям, но не исключало бы и

¹ См. А. Н. Колмогоров, В. М. Тихомиров, ε -энтропия и ε -емкость множеств в функциональных пространствах, «Успехи математических наук», т. XIV, вып. 2, 1959.

² А. Н. Колмогоров, Три подхода к определению понятия «количество информации», «Проблемы передачи информации», т. I, вып. 1, 1965.

³ Там же.

⁴ См. Я. Синай, О понятии энтропии динамической системы, ДАН СССР, т. 124, вып. 4, 1959.

⁵ См. А. Н. Колмогоров, Проблемы теории вероятностей и математической статистики, «Вестник АН СССР», № 5, 1965, стр. 95.

дальнейшего развития концепции информации. По-видимому, это инвариантное определение дал У. Росс Эшби в своей концепции разнообразия. Согласно концепции разнообразия, информация отождествляется с разнообразием множеств, а количество информации — с количеством разнообразия¹.

Такая трактовка информации позволяет использовать теорию информации при конкретизации ряда категорий и законов диалектики. Разнообразие по своему содержанию совпадает с различием, то есть категорией, которая используется в материалистической диалектике. Все объекты в мире и различны и тождественны. Причем определенное количество относительных различий для двух объектов (систем) ведет к появлению нового качества — взаимоисключения различий. Такая степень накопления различий, которая связана с их взаимоисключением в данном отношении, называется противоположностью. Поэтому для находящихся во взаимодействии противоположностей справедливы отношения единства и борьбы противоположностей. Любая противоположность обладает относительно другой определенным количеством различий, то есть некоторым количеством разнообразия. Можно поэтому сделать вывод, что каждая из противоположностей может с количественной стороны характеризоваться информационным содержанием. Так, интерпретация информации с точки зрения разнообразия позволяет конкретизировать и математизировать в определенном аспекте закон единства и борьбы противоположностей.

Теоретико-информационный анализ, проведенный И. Земаном, показывает, что в процессе познания происходит взаимодействие, или, фигурально выражаясь, «борьба» информации (то есть количества информации) и энтропии. Причем информация характеризует познанное, отраженное разнообразие объекта, а энтропия — непознанное, неотраженное. Ограничение разнообразия — необходимое условие познания — обязательно предполагает раздвоение единого на познанное, определенное, и непознанное, неопределенное. Диалектика про-

¹ См. А. Д. Урсул, О природе информации, «Вопросы философии», № 3, 1965.

цесса познания такова, что в «борьбе» информации и энтропии в процессе познания растет количество информации и убывает энтропия. Научное знание, следовательно, можно представить в виде некоторой системы и для ее анализа применить теоретико-информационный подход (причем применение данного подхода представляет интерес и для общей методологии систем)¹. В процессе познания получается перепад, в какой-то мере подобный термодинамическому, вызывающий поток информации от объекта к субъекту (он обусловлен активностью субъекта).

И. Земан отмечает, что этот перепад не является простой аналогией термодинамического. Ведь, согласно термодинамике необратимых процессов, в открытой системе (а именно открытой системой и является система научного знания) возможен только поток отрицательной энтропии со стороны окружающей эту систему среды. В открытых системах изменение энтропии складывается из двух членов: $d_i S$ — изменения энтропии за счет внутренних необратимых процессов и $d_e S$ — изменения энтропии за счет внешних процессов. Если $d_i S \geq 0$, то $d_e S$ может быть отрицательным, и тогда общая энтропия системы может стать отрицательной, если $|d_e S| > |d_i S|$. Между тем в процессе познания поток отрицательной энтропии (то есть информации) направлен не только внутрь системы, но и из нее. А это уже говорит о том, что информационные процессы в познании отличны от информационных (термодинамических) процессов, наблюдаемых в неживой природе и хорошо описываемых аппаратом термодинамики открытых систем.

В работе И. Земана рассматриваются попытки применения термодинамики открытых систем к различным материальным системам. Нам хотелось бы обратить внимание на то, что возможность применения закономерностей термодинамики открытых систем к живому веществу является в настоящее время дискуссионной. В частности, отмечается, что упомянутые закономерности справедливы лишь для характеристики живых

¹ О методологии системных исследований см. В. Н. Садовский, Методологические проблемы исследования объектов, представляющих собой системы, «Социология в СССР», т. I, Изд-во «Мысль», 1965.

существ, когда они находятся в стационарном, устойчивом состоянии (то есть когда изменения во времени внешнего и внутреннего потоков энтропии равны по величине, но противоположны по знаку), но нарушаются в стадиях размножения, эмбриогенеза и филогенетического развития¹. В частности, в стадии эмбриогенеза, как полагает К. С. Тринчер, оказывается неприменимой одна из основных теорем термодинамики открытых систем — теорема Пригожина.

Предполагаемые отличия информационных процессов в неживой природе, живом веществе и в общественном познании говорят о реальности не только общих, но и специфических теоретико-информационных закономерностей в качественно различных формах движения материи. Разумеется, как общие, так и специфические черты информационных процессов действительности лишь начинают изучаться и здесь еще многое предстоит узнать.

Особый интерес представляет изучение психологических информационных процессов, так как они являются в отличие от информационных процессов в кибернетических машинах и в природе познавательными. Естественно поэтому, что И. Земан включил в свою книгу специальную главу, посвященную обсуждению применения теории информации в психологических исследованиях. Читателям, желающим познакомиться с последними работами по тематике этой главы, можно порекомендовать ряд статей советских ученых-психологов².

В заключение нам хотелось бы обратить внимание на интересные, но дискуссионные идеи И. Земана о взаимосвязи информации и такого метрического свойства

¹ См. К. С. Тринчер, Биология и информация. Элементы биологической термодинамики, Изд-во «Наука», 1965, а также дискуссию в журнале «Вопросы философии», № 9, 1965.

² См. А. Н. Леонтьев, Е. П. Кринчик, Некоторые особенности процесса переработки информации человеком; Е. Н. Соколов, О моделирующих свойствах нервной системы; Е. И. Бойко, Моделирование функций мозга и высшая нейродинамика; А. В. Напалков, Кибернетика и пути изучения мозга (сб. «Кибернетика, мышление, жизнь», Изд-во «Мысль», 1964); Л. В. Фаткин, Общие понятия теории информации и их применение в психологии и психофизиологии; П. И. Зинченко, П. Б. Невельский, Н. И. Рыжкова, В. П. Сологуб, Вопросы психологии памяти и теории информации (сб. «Инженерная психология», Изд-во МГУ, 1964).

времени, как длительность. И. Земан отмечает, что с развитием человеческого познания увеличивается количество информации и ускоряются темпы ее накопления. Действительно, как показали исследования, рост количества информации в познании подчиняется экспоненциальному закону. На возможность такого развития науки указал еще Ф. Энгельс. В 1844 году Ф. Энгельс отмечал, что: «Наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованных ею от предшествующего поколения»¹. Статистический анализ подтвердил экспоненциальный характер развития массы знаний, если под массой знаний иметь в виду количество информации², заключенное в книгах, журналах и тому подобных информационных объектах, представляющих собой как бы часть общественной памяти. Подсчитано, что в мире сейчас около 75—770 млн. подобных объектов, хранящих информацию знания, причем они содержат около $4,6 \cdot 10^{14}$ — $4,6 \cdot 10^{15}$ битов. Среди этого количества информации (увеличивающейся примерно на 3% каждый год) некоторая часть составляет так называемую научную информацию. Под научной информацией понимается информация, полученная в процессе познания, отражающая объективные факты и закономерности мира в системе точных понятий, дающих возможность предвидения и преобразования действительности в интересах общества. Накопление научной информации приводит к тому, что темпы развития науки ускоряются. Причем этот закон прослеживается еще со времен Коперника и Ньютона, то есть после отвержения геоцентрической картины мира и создания классической механики.

И. Земан выдвигает гипотезу о том, что время в познании благодаря аккумуляции информации начинает течь все медленнее и медленнее, то есть длительность времени изменяется по мере роста научной информации

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч., т. 1, стр. 568.

² Тенденцию экспоненциального роста обнаруживают численность научных работников, количество выпускаемой литературы, расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и т. д. (см. А. И. Михайлов, В. И. Черный, Р. С. Гиляревский, Основы научной информации, Изд-во «Наука», 1965, стр. 22—32). Однако упомянутые количественные характеристики могут замедлить темпы своего развития, и лишь количество научной информации не обнаруживает тенденции отклонения от экспоненциального роста.

в том же направлении, как это изменялось бы в ракете по мере возрастания ее скорости.

Это новая гипотеза, и ее следует рассмотреть подробнее. Согласно специальной теории относительности, собственное время объекта dt_1 , движущегося со скоростью v относительно некоторой инерциальной системы отсчета (с собственным временем dt_2), замедляется при приближении v к скорости света c . Это выражается формулой

$$dt_1 = dt_2 \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2},$$

где dt_1 становится все меньше и меньше, чем dt_2 при $v \rightarrow c$. Поэтому одно и то же расстояние релятивистская ракета пройдет за меньшее собственное время, чем обычная, нерелятивистская ракета. Это соответствует замедлению длительности времени в релятивистской ракете относительно длительности времени нерелятивистской.

Можно ли понятие замедления времени обобщить, не указывая причину этого замедления? Поскольку мы пока знаем лишь релятивистское замедление времени, то, чтобы составить общее понятие о замедлении времени, необходимо обобщить известное замедление времени, по возможности абстрагируясь от его причины. Нам придется построить аналогию релятивистскому замедлению времени. Один из вариантов этой аналогии мог бы выглядеть, по-видимому, следующим образом.

Если в двух различных системах аналогичные результаты достигаются за различное собственное время, причем в первой системе за dt_1 , а во второй системе за dt_2 и $dt_1 < dt_2$, то можно было бы говорить о замедлении времени в первой системе по отношению к собственному времени второй системы. Замедление времени в первой системе равносильно увеличению темпов достижения данного результата по отношению к темпам во второй системе. Таким образом, ускорение темпов было бы связано с замедлением, а замедление темпов связано с ускорением времени.

Понимание замедления времени сложилось под влиянием теории относительности и теории тяготения А. Эйнштейна. Других теорий, где использовалась бы концепция изменения течения времени, практически еще

нет. Правда, некоторые факты все же свидетельствуют о возможности построения таких теорий, в частности на материале биологии.

Обсуждая проблемы биологического изменения времени, И. Земан останавливается, в частности, на работах Л. дю Нуи и Г. Бакмана. Необходимо также отметить, что гипотезу биологического времени высказывали в СССР В. И. Вернадский и А. А. Ухтомский. В последние годы интересные соображения о специфике биологического пространства и свойствах времени были опубликованы Ю. А. Урманцевым и Ю. П. Трусовым¹.

Изменение течения времени в эмбриогенезе человека и в филогенетическом развитии животного мира в действительности наблюдается. Например, существующее изменение течения времени в эмбриогенезе составляет астрономическую цифру 10^{91} . Эту цифру легко получить, если учесть, что развитие организмов шло примерно $3 \cdot 10^9$ лет (филогенез), а развитие зародыша до рождения длится всего около года (эмбриогенез). Но именно в эмбриогенезе человека в какой-то мере отражается, повторяется (во всяком случае, в информационном аспекте) филогенетическое (историческое) развитие живых существ, длившееся миллиарды лет, начиная с появления одноклеточных. Для развивающегося организма в стадии эмбриогенеза изменение времени достигает, следовательно, 10^9 и более. Но в филогенезе и эмбриогенезе происходит накопление информации, подчиняющееся, как показал К. С. Тринчер², экспоненциальному закону. Причем примерно за $3 \cdot 10^9$ лет в филогенезе произошло колоссальное накопление информации, начиная от примерно 10^{11} битов (для одноклеточных организмов) до примерно 10^{25} битов (для организма взрослого человека) на молекулярном уровне (по предварительным расчетам С. М. Данкова и Г. Кастлера³).

Реальное существование качественно отличного от

¹ См. Ю. А. Урманцев, Ю. П. Трусов, О специфике пространственных форм и отношений в живой природе, «Вопросы философии», № 8, 1958; О свойствах времени, «Вопросы философии», № 5, 1961.

² См. К. С. Тринчер, Биология и информация. Элементы биологической термодинамики, Изд-во «Наука», 1965.

³ См. S. M. Dancoff, H. Quastler, The Information Content and Error Rate of Living Things, в: «Essays on the Use Information Theory in Biology», Urbana, 1953.

1854032

физического биологического времени, зависящего от информационного содержания, привело бы к новым типам инвариантности. Как мы упоминали, самый простейший тип инвариантности связан с неизменностью законов механики относительно преобразований Галилея, следующий тип инвариантности — с неизменностью законов механики (физики) относительно преобразований Лоренца и т. д. Именно появление лоренц-инвариантности связано с релятивистским замедлением времени. Но если биологическое время зависело бы от организации живого существа по сравнению с организацией физического объекта, то математизирующаяся биология должна будет установить новый тип инвариантности, отличный от известных типов (геометрических и динамических) физической симметрии законов.

В книге И. Земана выдвигается новая причина неравномерной длительности времени — изменение информационного содержания систем и, в частности, системы научного знания. Речь идет уже об информационном и в данном случае гносеологическом замедлении времени. Если релятивистское замедление времени вызывалось движением систем без изменения их информационного содержания, то информационное изменение длительности времени связано с процессами развития. Накопление информации в системе научного знания идет также по экспоненте и значительно более высокими темпами, чем в филогенезе животных. Увязав прогрессивное развитие с накоплением информации, как это правильно сделано в книге И. Земана, а регрессивное развитие — с уменьшением количества информации, можно выдвинуть следующую гипотезу. В процессах прогрессивного развития (или восходящей ветви развития) происходит замедление времени по отношению к системам менее развитым, а в процессах нисходящей ветви развития (регресс) имеют место противоположные тенденции изменения длительности времени.

Вывод о возможном замедлении времени в зависимости от информационных процессов в системах, по-видимому, был бы не менее фундаментален, чем открытие релятивистского замедления времени. Однако в отличие от последнего он еще слабо аргументирован. Для того чтобы доказать или опровергнуть его, потребуется еще значительная работа. В книге И. Земана проблема за-

медления времени в зависимости от количества информации находится, несомненно, еще в стадии постановки.

Какая-то аналогия между релятивистским замедлением и изменением времени в процессе познания, конечно, существует. И. Земан эту аналогию пытается выявить, полагая новое изменение темпа времени. В закономерностях процесса познания есть аналогия закономерностям изменения энтропии термодинамики открытых систем, но, как показано в книге, здесь нет полного тождества (да и не может быть). По-видимому, так же обстоит дело и с аналогией релятивистскому замедлению времени. Скорее всего, можно говорить об увеличении темпов развития с увеличением количества информации — это установленный, проверенный факт. Но можно ли трактовать это ускорение темпов в развитии как замедление времени — это, на наш взгляд, вопрос дискуссионный.

Как видим, использование концепции разнообразия, термодинамических и релятивистских аналогий (а в книге и еще ряда других) позволяет И. Земану поставить оригинальные проблемы. Некоторые из них носят дискуссионный характер и, несомненно, найдут отклик в нашей печати. Можно надеяться, что перевод книги И. Земана, содержащей интересный материал для обсуждения, будет с пользой прочитан широким кругом читателей и будет стимулировать появление работ советских авторов по применению теории информации в гносеологии и в других разделах философской науки.

А. Урсул

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Сначала я хотел бы сказать несколько слов о возникновении настоящей работы. Я начал заниматься вопросами кибернетики и теории информации после того, как в Чехословакии интерес к этим дисциплинам пробудили статьи Соболева, Китова и Ляпунова «Основные черты кибернетики» и Кольмана «Что такое кибернетика» в № 5 журнала «Вопросы философии» за 1955 год. Первым результатом изучения этих вопросов была моя работа «О некоторых связях между кибернетикой, физиологией высшей нервной деятельности и теорией познания», в которой содержались некоторые зародыши идей, изложенных в настоящей книге. Сокращенный вариант этой работы и сообщение о дискуссии, проходившей в связи с ней на кафедре диалектического и исторического материализма Чехословацкой Академии наук, были опубликованы в № 4 журнала «Философски часопис» за 1956 год. Результатом дальнейшего изучения проблем теории информации, а также результатом дискуссии по этим вопросам в кружке кибернетики, была моя работа «L'information, l'entropie et le temps dans la théorie de la connaissance» («Информация, энтропия и время в теории познания»), посланная на II Международный конгресс по кибернетике в Намюре в 1958 году и опубликованная в материалах этого конгресса. (Краткая рецензия на эту работу дана в книге «Проблемы кибернетики», вып. II, изданной в Москве в 1959 году под редакцией А. А. Ляпунова, стр. 313.) Дальнейшим развитием основной концепции этой работы был доклад «Information und Entropie in der Erkenntnis» («Информация и энтропия в познании»), прочитанный на международном симпозиуме по философии и естествознанию

в Лейпциге в 1959 году. В чешском переводе этот доклад опубликован в № 6 журнала «Весмир» за 1960 год. И, наконец, в тесной связи с настоящей книгой находился и мой доклад «Kybernetik und das psychophysische Problem» («Кибернетика и психофизическая проблема»), подготовленный для I Международного конгресса медицинской кибернетики в 1960 году, и две статьи — «Информация и мозг» и «Жизнь, информация и упорядоченность» — для находящегося в печати сборника.

Поскольку настоящая книга предназначена как для философов, так и для естественников, я был вынужден дать в ней для одной категории читателей более детальную информацию об основах марксистской теории познания, а для другой — об основах теории информации. На случай, если у читателей создается впечатление о наличии некоторой диспропорции в объеме материала (а такая диспропорция действительно имеется и вызвана указанными выше обстоятельствами), я прошу их извинить меня.

Автор выражает свою благодарность всем тем, кто своими ценными замечаниями оказал ему помощь в этой работе.

И. Земан

Декабрь 1960 года

ВВЕДЕНИЕ

В предлагаемой работе мы ставили себе цель: попытаться согласовать понятия теории познания с понятиями теории информации — одной из основных теоретических областей кибернетики, то есть новейшей дисциплины, стремящейся найти взаимозависимость между математикой и техническими науками, с одной стороны, и биологическими и гуманитарными науками — с другой. Несмотря на неразработанность ряда разделов кибернетики, необходимо считать эти стремления правильными и полезными; потому правильными и полезными, что кибернетика вносит в современное материалистическое мировоззрение много нового материала, в первую очередь в технико-практическом аспекте, стремится к более комплексному отображению материального единства мира и к применению точных методов работы в философских исследованиях.

Сочетание исходных точек зрения, терминологии и проблематики таких далеких друг от друга дисциплин, как теория познания и теория информации, не является, конечно, легкой вещью, и предлагаемая работа — лишь одна из первых попыток осуществления такой взаимосвязи. Вначале дается рассмотрение вопросов о согласовании исходных точек зрения в науке и изложение — уже с частичным применением некоторых исходных точек теории информации — основных вопросов теории познания, связанных с проблемами, рассматриваемыми в настоящей работе. Затем дано изложение основных понятий теории информации и взаимозависимостей между информацией и материей; рассмотрены некоторые важные в гносеологическом отношении про-

блемы психологии и физиологии высшей нервной деятельности в связи с понятиями теории информации. В последней части книги при обсуждении вопроса о возрастании количества информации в развитии познания подытожены проблемы, рассмотренные ранее.

Гносеологическая часть работы связана с проблемами зависимости между субъектом и объектом и существа познания как преобразования объективного в субъективное. При этом преобразовании возникают некоторые неопределенности в информации об объекте, источником которых является относительная ограниченность субъекта. Эта относительная ограниченность абсолютизирована в односторонних — метафизическом и субъективистском — подходах к познанию. В противоположность этому диалектический подход отличается наиболее всесторонним пониманием и реализацией познания и подчеркиванием эволюционности познания и полной познаваемости мира. Понятия «информация» и «энтропия», которые в главе о познании рассматриваются лишь в общих чертах, детальнее развиты в главе о теории информации в связи с вопросом о пропускной способности канала передачи, об избыточности сообщения, о разнообразии. Затем понятие информации освещено в связи с вопросом о материи, энергии и упорядоченности, с вопросом о передаче сообщений нервной системой, о форме, памяти и зависимости между психическим и физиологическим. В последней части работы сделана попытка создания простой математической модели процесса гносеологического отображения и нарастания информации по мере развития познания во взаимосвязи с вопросом о времени, а также рассмотрена возможность точного количественного выражения сообщений в процессе познания.

Связующей нитью всей работы является вопрос о неопределенности в познании, которая вообще в теории информации понимается как неопределенность в передаче сообщений и которая количественно выражена в понятии энтропии. Здесь эта энтропия понимается шире, как мера неупорядоченности. Развитие в природе и в обществе можно понимать как процесс снижения меры неупорядоченности, убывания энтропии, проявлением которого является и снижение меры неопределенности в развитии познания.

Современная наука все глубже раскрывает материальное единство мира. Она обнаруживает неразрывную связь между неорганическим и органическим мирами. Она вскрывает тесные взаимозависимости между физикой и биологией, исследуемые, например, биофизикой и другими отраслями науки. Выявляется также неразрывная связь между органическим и человеческим мирами, например связь между биологией и психологией и т. д. Обнаруживается также тесная связь между неорганическим и человеческим мирами, между физикой и психологией и др. Иными словами, можно утверждать, что современная наука все больше раскрывает наличие единства различных форм движения.

Кто желает в настоящее время заниматься развитием научной теории познания, тот не может абстрагироваться от этого факта материального единства мира. Теорию познания необходимо строить на максимальном использовании всех отраслей знания: математики, физики, биологии, социологии, психологии и т. д. В настоящей работе и сделана попытка исходить из этого аспекта единства мира, а также и из аспекта единства научного познания и диалектического единства мира объекта и субъекта. Конечно, мы не могли опираться на материалы всех практических наук, мы вынуждены были заниматься главным образом вопросом о вкладе теории информации и психофизиологии в теорию познания, но мы должны были затронуть и вклад физики и биологии, не могли забыть и об общественно-научном аспекте познания, хотя и не смогли уделить ему достаточного внимания, так как наша работа направлена главным образом на те стороны рассматриваемых вопросов, которые связаны с естествознанием.

Борьба между материализмом и идеализмом в современной философии является, помимо прочего, борьбой между оптимистическим и пессимистическим подходами к вопросам познания и его развития, к вопросам развития общества и мира. Идеалистическая концепция, являющаяся идеологическим выражением отживающего капиталистического строя, подходит к этим вопросам пессимистически. Некоторые идеалисты полагают, что человек уже исчерпал свои биологические возможности,

что он обречен на вымирание. Из прежних теорий сюда следует отнести теорию Освальда Шпенглера, согласно которой современная, так называемая фаустовская культура находится в своей последней, нисходящей стадии и заканчивается высшим развитием техники; далее эти же идеи поддерживал Людвиг Клагес, который считал, что Земля потеряла свою так называемую теллургическую энергию и «кризис» современной эпохи означает истерическое ожидание конца; с ними связана и теория писателя Герберта Уэллса о неизбежном конце разума и т. д. В настоящее время этот социальный и космический пессимизм приобретает новые формы, но его содержание остается прежним. В первую очередь здесь имеются в виду апокалиптические теории различных экзистенциалистов, как, например, теория Хейдеггера, что все человеческое бытие является бытием, ведущим к смерти, и что смыслом его является трансцендентность в ничто, или теория Ясперса, ищущая смысл истории общества и истории познания в разрушении, распаде и гибели. Далее сюда относятся различные теории о биологическом упадке человека, фрейдистские теории, абсолютизирующие так называемый принцип разрушения, теории, провозглашающие возврат к дикости, и, наконец, теория о так называемой тепловой смерти Вселенной, которая ошибочно экстраполирует принцип энтропии, справедливый для закрытых систем, на всю бесконечную Вселенную в целом. В последнее время некоторых западных ученых и писателей сбilo с толку колоссальное развитие техники математических машин, и это привело их к ложному предположению, что человеческое познание дошло до предела своих возможностей, что емкость мозга ограничена и что люди будут в дальнейшем вытесняться кибернетическими машинами. Так, например, американец Клитор утверждает, что наступает эра роботов, что в своем развитии машины выйдут из-под контроля людей и последние станут лишь помощниками машин, а затем будут постепенно вымирать.

Материалистическая теория познания и материалистическая теория развития отвергают эти пессимистические и декадентские взгляды. Человеческое познание не имеет никаких абсолютных границ, человеческое общество развивает материальную действительность, приводя

ее ко все более высоким формам упорядоченности. Познание, вырастающее из потребностей общественной практики, которой оно служит и которой оно помогает совершенствоваться, развивается творчески. Более глубокое познание объективных законов приводит ко все более высокому уровню свободы человечества. Человеческое познание является не только пассивным элементом отражения существующей действительности. Человек наделен фантазией, его абстракция имеет активный характер, человек способен мысленно создать более совершенные, более идеальные порядки, чем существующие в природе. Так, например, самолет является в определенном отношении более совершенным, чем птица, в подражание полета которой он построен: он летает быстрее птицы и т. п.; идеальный треугольник более совершенен, то есть более правилен, чем любой реальный треугольник. Развитие человеческого познания и человеческой практики приводит к проектированию и внедрению в жизнь новых явлений, которые до сих пор в природе не существовали. Человеческое общество и человеческое познание являются не только высшими формами проявления материальной действительности и ее упорядоченности, но и факторами, все более повышающими эту упорядоченность.

Человеческий мозг — это самая высокоорганизованная материя из всех известных пока людям, и наивысшей функцией этого мозга является мышление. Наивысшей степенью мышления является мышление творческое, мышление, познающее активно. Познание, конечно, невозможно без связи с действительностью, причем как центростремительной связи — посредством органов чувств, так и центробежной — посредством практической деятельности. Познание индивидуума перерастает в познание общественное, связанное с социальными нуждами и с социальной практикой. Чтобы познание могло продолжать развиваться, необходимо объяснять существо его и раскрывать его несовершенство.

Познание невозможно без раздвоения на субъект и объект, на определенное и неопределенное. Познание невозможно без определенного вмешательства субъекта, без некоторого, хотя бы и минимального, субъективного преобразования отображаемого объекта, без некоторого субъективного — а иногда и объективного — изменения

наблюдаемого. Тем более трудно познание самого познания, так как при этом процессе необходимо объективировать, делать предметом наблюдения само познание, не допуская вместе с тем большого изменения наблюдаемого. Познание и мышление невозможно исследовать непосредственно, они могут быть только опосредствованы по их проявлениям. В познании никогда не могут совпадать субъективная и объективная стороны. Эта черта еще более отчетливо проявляется при исследовании самого познания. Субъект познания никогда не может стать в полной мере объектом его. Никакое познание невозможно без абстрагирования. Каждое отображение, в том числе и органами чувств, является абстрактным, так как оно не полностью совпадает с конкретным оригиналом. При абстрагировании некоторые черты познаваемого всегда чрезмерно преувеличиваются за счет других черт. Эту противоречивую неравномерность познания необходимо детально изучать так, как это делает диалектика в отличие от метафизики, не замечаящей этого момента. Эти противоречивость и неравномерность характерны не только для процесса познания, но и для его развития, и для развития вообще.

Много новых импульсов для детального и точного изучения процесса познания дает теория информации, причем как своими понятиями, так и своими математическими методами. Познание можно рассматривать как получение сообщений, а теория информации как раз и дает возможность измерять эти сообщения, если выполнены некоторые необходимые условия. Центральное понятие теории информации («информация») — это новая величина, дополняющая прежние физические величины, массы, вещества и энергии и имеющая значение не только для физики, но в той или иной степени почти для каждой отрасли науки.

Домарксистская теория познания занималась исследованием процесса познания преимущественно чисто философскими методами, она стремилась найти всеобщие, абсолютно правильные принципы, недостаточно учитывала эволюционность познания, его противоречивость и лишь в малой степени принимала во внимание данные точных наук. Марксистская теория познания рассматривает познание как проявление наиболее высо-

координированной материи — мозга, рассматривает его в связи с социальной практикой, в его историчности и комплексности. При исследовании необходимо поэтому использовать в широкой степени материалы и методы точных наук, начиная от математики и кончая психологией. Нельзя строить теорию познания только на психологии или на физиологии высшей нервной деятельности. Точно так же нельзя строить теорию познания только на современной формальной логике, как это иногда делает субъективистская неопозитивистская гносеология. Формальная логика — это статическая наука, которая в интересах точности абстрагируется от процесса мышления и от процесса познания. В противоположность этому математическая теория информации изучает процессы передачи сообщений, и в этом смысле она может быть успешно использована теорией познания, что, конечно, не означает недооценки значения математической логики для теории познания. Теория информации как физико-математическая наука дает возможность поддерживать тесный контакт между дедуктивными науками формального и статического характера, какими являются математика, математическая логика и математическая лингвистика, с одной стороны, и индуктивными науками неформального и нестатического характера, какими являются физика, биология, психология и социология, — с другой. Теория информации дает возможность точного и комплексного подхода к исследованию проблемы познания.

Чтобы понять и осветить суть познания, необходимо наряду с математическим описанием процесса познания, имеющим лишь модельный характер, использовать и материал психологии и физиологии высшей нервной деятельности, так как процесс познания осуществляется не вне нервной системы, передающей, перерабатывающей и укладывающей в сознании сообщения об объективной реальности. Для понимания развития познания и вопроса о нарастании запасов сведений важное значение имеет вопрос о памяти. В процессе развития познания возрастает упорядоченность, определенность и экономичность нашего познания. С ростом памяти изменяется и среда гносеологических связей, которые теория информации называет каналом передачи сообщений. Изменяется характер неравновесия, динамической противоре-

чивости субъекта и объекта и неравномерности в гносеологическом образе, что далее будет освещено детально. В то время как процессы нарастания энтропии направлены на ликвидацию различий между составными частями какой-либо системы, на ликвидацию противоречий, процесс нарастания информации в познании, то есть развития познания, опирается на постоянное создание все новых видов неравновесия, новых противоречий, когда субъект, первоначально подчиненный объекту — природе, постепенно овладевает объектом, преодолевает его и подчиняет себе.

I. ЕДИНСТВО МИРА И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В ПОЗНАНИИ

1. ЧЕЛОВЕК И МИР

Можно сказать, что познание начинается уже при выделении человека из природы и, следовательно, оно связано с возникновением человека, труда и мышления. Познание начинается с самопознания человека, с осознания им его отличия от всего остального мира, с появления стремления человека покорить этот мир, овладеть им на практике. История познания является, собственно, историей развития человека, выделения его из природы, что диалектически связано с возвратом человека к природе на более высокой ступени его развития, характеризуемой познанием и практическим овладением им природой. Человек осознает, что он единоборствует с природой, но сперва его сведения о природе весьма слабы и он почти беспомощен в борьбе с ней. Он не знает законов природы, не умеет своими действиями использовать для себя эти законы, и степень его свободы весьма низка. Однако человек быстро распознает, что взаимодействие с другими людьми и труд являются средствами высвобождения его из-под власти природы, которая, с одной стороны, обеспечивает его средствами существования, но, с другой — обрекает его на опасности, болезни, страдания и смерть. В труде человек возвращается к природе для того, чтобы покорить ее. Теоретическое неведение и практическая беспомощность заставляют человека создавать религиозные, фантастические представления о мире, но по мере роста практических возможностей человека и его познания уменьшается фантастичность, неопределенность и ошибочность

его представлений о мире. За процессом выделения человека из природы следуют процессы разделения и дифференциации внутри общества, которое по мере разделения труда на физический и умственный начинает разделяться на классы, затем следуют процессы дифференциации между теорией и практикой и внутри их, происходит дифференциация наук и т. д. В области самого познания эти процессы проявляются в виде дифференциации понятий и отрыва понятий от вещей, в виде растущей степени абстракции. Результатом этих процессов является и то, что происходит отрыв сознания от материи, сознание начинают ошибочно рассматривать как самостоятельную силу, не зависящую от материального мира. Таким образом, процесс разделения имеет свои положительные и отрицательные стороны.

Для первобытного человека природа была чем-то неизвестным, таинственным, неопределенным, многозначным, чем-то относящимся к нему и ласково, и сурово. Человек, который уже полностью обособился от животных, перестал себя чувствовать частью природы, знал, что он стоит против природы, или, вернее говоря, он себя противопоставил природе с целью овладеть ею полностью, в ее единстве, с тем, чтобы потом, объединившись с природой, стать не рабом ее, а господином. Сперва он пытался овладеть силами природы сразу, единым, мгновенным актом, чудодейственным путем, но по мере развития мышления человек осознал, что нужно быть более терпеливым. Однако его нетерпеливость, его движущая сила, слабые возможности и еще малые знания вынуждали, а порой и теперь еще вынуждают заново строить теории чудодейственного овладения природой. Противоречия между стремлениями и возможностями их осуществления, между подсознательным инстинктом и рассудочными соображениями давали пищу для поисков чудодейственных средств. Недостаточность одного лишь стремления и желания для овладения природой заставляла человека постепенно регулировать свои инстинктивные порывы, подчинять их мыслительной и трудовой деятельности. Осмысливание разумом и орудия труда стали для человека средствами последовательного и терпеливого осуществления его желаний и овладения отдельными объектами природы, но не сразу, а постепенно, не в их единстве, а в их расчлененности. Наряду

с миром реальных объектов человек создал мир идей и представлений, отображавших и символизировавших реальный мир; и в этом мире идей и представлений человек строил свои планы и представлял себе, как будет мир выглядеть, когда эти планы, стремления, желания будут осуществлены. Однако человек не удовлетворялся воображаемым исполнением своих желаний. Он стремился претворять свои идеи и представления в жизнь трудом. Его понятия не являются только мертвыми, пассивными отражениями внешней реальности; это и формы, в которых человек мысленно воплощает свои желания и свои потребности, и он запечатлевает эти формы в результате своей деятельности в предметах самой природы. Таким образом, инстинктивная динамика преобразуется через символы понятий и средства труда в объективную реальность и формирует эту реальность.

Однако знания человека обусловлены степенью овладения природой, степенью его практических возможностей. Мышление человека и деятельность его являются не только его созданиями и собственностью. Развитие человека есть вместе с тем развитие коллективного, общественного сознания и коллективной, общественной деятельности. При этом человеческое мышление является только инструментом для практического осуществления целей человечества, инструментом практики, которой мышление подчинено. Человек должен был познавать, чтобы владеть, понимать, чтобы познать. Практическое овладение было основой, поводом и целью познания. История человечества — это история развития форм производственной деятельности и зависящих от этой деятельности идейных форм. Практика — это цель, а мышление — средство развития общества, основой которого является стремление покорить мир. В процессе преобразования мира, которому подчинен процесс преобразования мышления, непрерывно проявляется противоречие между необходимостью и свободой: человек создает новый порядок в мире и в своей голове для достижения своих целей путем использования объективных закономерностей — он не может изменить эти закономерности, но он может их познать и использовать их действие. Противоречия между свободой и необходимостью, между желанием и реальностью, между миром воображаемым и миром дей-

ствительным, между желаемым и достигнутым приводят к тому, что человек вынужден непрерывно изменять и совершенствовать свои представления о мире. Идеи, представляющие для него мир, зачастую отрываются от своего первоначального назначения, становятся самостоятельными фетишами и уводят человека от борьбы за действительное овладение конкретными объектами реального мира. Отрыв понятий от реальности приводит к тому, что создаются противоречивые изображения мира, правильность которых невозможно сразу проверить, так как теория иногда значительно опережает практическое овладение теми или иными объектами. Разнобой в изображении мира отражает и неполноту практики и разнородность общественных сил и интересов. Причиной этого является и то, что отдельные люди не способны овладеть познанием всей реальности мира и поэтому вынуждены специализироваться лишь на определенных сторонах этой реальности, изучаемой различными системами специальных наук.

2. СИНТЕЗ НАУК

Наука в своем развитии непрерывно преодолевает и устраняет указанные выше противоречия. Все больше углубляется диалектическое понимание мира, и эта тенденция вылилась в универсальную концепцию научной материалистической диалектики, преодолевающей все прежние, односторонние концепции. В единстве логического и исторического и в единстве структурного и динамического охвачены, критически переработаны, преодолены односторонне-статические, парменидовские и односторонне-динамические, кратиловско-бергсоновские понимания мира, которые в различных вариантах господствовали на протяжении всей истории науки. Аналогично этому преодолено противоречие между механицизмом и витализмом в идее единства и качественной разнородности различных форм движения. Далее объединены считавшиеся ранее противоречивыми понятия количества и качества, формы и содержания, непрерывного и дискретного, организма и среды, физиологического и психического, и в особенности теории и практики. Мир, сам по себе единый, начинает, таким образом,

и пониматься и отображаться единым образом. Причиной этого, конечно, была не только разработка диалектической концепции, способствовавшей такому подходу к пониманию мира, но и развитие специальных наук, которые, будучи обусловлены развитием производства, приводят к развитию диалектики, к конкретизации диалектической концепции, что в свою очередь способствует ускоренному развитию этих наук.

По мере развития человечества связь между философией и специальными науками непрерывно изменяется, но в совокупности это приводит ко все более глубокому синтезу наук, областей их интересов, их закономерностей и к унификации терминологии отдельных наук. Таким образом, развитие связей между философией и конкретной наукой проходит по определенной закономерности. Сначала философия и конкретная наука были почти нераздельно связаны, философы были одновременно учеными и наоборот, например Фалес Милетский, Пифагор, Аристотель и др. Из лона философии постепенно стали выделяться отдельные специальные науки. Этот процесс непрерывно продолжался. В последнее время постепенно отпочковываются и становятся самостоятельными науками и такие до недавнего времени считавшиеся сугубо философскими научные дисциплины, как психология, наука об обществе и логика. Непрерывный рост знаний по этим дисциплинам приводит к тому, что философия уже не способна полностью их охватить и эти дисциплины специализируются. Бесконечная дифференциация наук в современный период приводит к некоторому разрыву между философией и конкретными науками и между отдельными конкретными науками. Это нередко приводит к тому, что ученые различных специальностей не могут понять друг друга. Такое положение вызывает необходимость интеграции и возврата к прежнему единству науки, разумеется, на более высокой ступени, то есть при сохранении всей дифференцированности отдельных наук. Предпосылки для этого созданы именно существованием научной философии — диалектического материализма, материалистическая теория и диалектический метод которого в высшей степени способствуют этому благодаря своему всеохватывающему, унифицирующему и синтезирующему характеру. Философии вовсе не принадлежит только сфера наивыс-

шей степени общности, а специальным наукам принадлежит не только сфера частного. Философия, которая должна в своем развитии помогать частным наукам, должна быть сама тесно связана с этими науками. Область всеобщего и обособленного переплетается. В настоящее время научная философия все более переплетается с отдельными областями специальных наук.

Материализм и диалектика, все глубже проникающие во все науки, указывают на тесную взаимосвязь между всеми областями познания и всеми понятиями. Материальное единство мира предполагает и единую основу всех явлений, единство различного, одинаковость разнообразного. Диалектический характер мира предполагает диалектическое единство противоречивых явлений. Правильность обоих этих положений доказывается развитием современной науки, которая стремится сочетать закономерности смежных областей наук, образуя тем самым совершенно новые их области, возникающие на стыке двух отраслей наук, — промежуточные науки. Так, точки соприкосновения между логикой и математикой привели к возникновению математической логики. Эйнштейн объединил в теории относительности положения неевклидовой геометрии и механики. Между физикой и химией возникли физическая химия и химическая физика, между химией и биологией возникла биохимия, а между физикой и биологией — биофизика. Области биологии и физиологии соприкасаются в физиологии высшей нервной деятельности. На стыке психологии и языкознания начинается создаваться теория коммуникаций, основанная на теории информации. И, наконец, на базе сочетания языкознания и логики возникает новая наука — семиотика. Ясно, что этот процесс далеко не закончен. Наоборот, он продолжается, и притом в направлении более высокой степени синтеза отдельных наук. Так, математическая логика обнаруживает некоторые связи с областью аналитических функций. Тензорное исчисление указывает на наличие более тесной связи между математикой и теорией относительности. Эйнштейн стремился соединить теорию относительности и квантовую физику в единую теорию поля. Нейрофизиология использует в своих исследованиях достижения физики и химии. Целая группа наук связана с кибернетикой, в частности прикладная математика, нейрофизиология,

математическая логика и т. д. Было бы большой заслугой философии, если бы ей удалось наметить направления дальнейшего синтеза наук в связи с развитием кибернетики.

Развитие современной науки показывает также все с большей глубиной диалектический характер естественных и общественных явлений, диалектическую взаимосвязь противоречивых понятий. Современная математика показывает диалектическое единство непрерывности и прерывности, теория относительности показывает тесную диалектическую взаимосвязь между пространством и временем, массой и энергией, квантовая физика — взаимосвязь между волной и частицей, между веществом и полем, биология — взаимосвязь между организмом и средой и т. д. И эти факторы указывают на процесс синтеза в науке, обусловленного материальным единством и диалектическим характером мира. Оказывается, что различные понятия и области вовсе не изолированы друг от друга какой-то резкой границей, а переплетаются друг с другом, пронизывают друг друга, они находятся в определенной функциональной связи друг с другом, что одно вытекает из другого как причина и следствие. Метафизический способ мышления ошибочно предполагает, что, например, необходимость радикально отличается от случайности, пространство — от времени и т. д., то есть что противоречия не являются функцией другого противоречия, а что оба они независимы друг от друга. Так мир рассекается метафизикой на массу не связанных друг с другом частей. В противоположность метафизике диалектика показывает, что все понятия взаимно обосновывают друг друга и находятся в определенной функциональной взаимозависимости, которую и необходимо вскрыть. Представляется, что эти функциональные связи можно отобразить и математически.

В настоящее время усилия по объединению науки становятся на реальную почву. Эти усилия, начало которым положил Лейбниц своим стремлением к универсальной характеристике, универсальной комбинаторике, универсальному языку и универсальной энциклопедии, выливаются в реальную форму благодаря тому, что диалектический материализм показывает единство содержания всех наук, а логика, математика, семиотика и

теория информации указывают на возможность формального единства и единого способа отображения. Важное значение имеет и вопрос о правильной классификации наук и категорий. Однако синтез наук и унификация научной терминологии не должны проводиться только по линии формы, что доказывается неудачей неопозитивизма в этой области. Как известно, неопозитивизм пытался создать единую науку (Einheitswissenschaft) и универсальный язык (Universalsprache). В частности, этого пытались достичь Нейрат и Карнап, стремившиеся свести все понятия различных наук к понятиям физического языка. Физический язык применяет словесные выражения вещи («красный», «стол», «рядом»), уточняет их и дополняет некоторыми понятиями, как, например, «масса», «энергия» и др. Все остальные науки якобы строят свои понятия на физическом языке и только дополняют его некоторыми понятиями (например, биология вводит понятие «организм», психология — «мышление», социология — «государство» и т. д.). Поэтому Карнап считает физический язык универсальным языком, к которому можно свести все понятия всех прочих наук. Он считает, что социологические понятия можно свести к психологическим, психологические — к биологическим, а биологические — к физическим. Карнап обходит тот факт, что различные отрасли науки имеют свои качественные особенности и что при сведении всего к физическому языку, к физикализму, будет допущено сужение и упрощение. Объединение наук нельзя проводить только на базе формы и количества, без учета содержания и качества. Согласно неопозитивизму, наука характеризуется только формальным расположением системы положений (теорем, формул), но это означает отвлечение от того факта, что наука является отражением объективной реальности. Только в этой объективной основе, в едином материальном мире как содержания науки, и кроется то, что знание едино и что возможно объединить науки.

Совершенно правильного взгляда на основные проблемы объединения наук придерживается Л. Берталанфи¹, стремящийся создать единую теорию систем — фи-

¹ См. L. v. Bertalanffy, A. Rapoport, General Systems I, Michigan, 1956, p. 8.

зических, биологических, социальных и т. д. — и считающий, что изоморфизм законов различных отраслей науки дает возможность абстрагирования и создания моделей для исследования различных явлений и что это приводит к единой концепции мира. Правильные стремления к синтезу наук Берталанфи называет перспективизмом, неправильные — редукционизмом (например, сведение всех прочих наук к физике). И хотя Берталанфи не стоит полностью на позициях диалектического материализма, эти его идеи правильны. Положительно их оценивают и советские философы Лекторский и Садовский¹.

Важной вехой в деле объединения наук является создание кибернетики. Кибернетика открыла ряд гомоморфных закономерностей и наличие смежных понятий, категорий и областей, общих для отдельных наук. Такие понятия кибернетики, как управление, связь, информация, энтропия, обратная связь и другие, пригодны как для теории математических машин, так и для биологии, нейрофизиологии, психологии, языкознания, политической экономии и социологии. Кибернетика вызвала к жизни такие технические науки, бывшие раньше для философии почти *terra incognita* («неизвестная земля», «неизведанная область». — *Ред.*), как теория математических машин, автоматика, теория информации и др. Обширность современных человеческих знаний приводит к тому, что философия кое-что упускает из виду и оставляет в тени. Кибернетика обобщает материал, который для философии почти недоступен, и этим она образует важную промежуточную ступень между философией и специальными, особенно техническими науками. Достижения кибернетики являются для философии важным материалом и в вопросе об объединении наук. Для философии имеют важное значение как теоретическая, так и техническая стороны кибернетики. Огромная сложность и необозримость научных сведений вынудили создавать машины для обработки информации, которые «удлиняют» перегруженный человеческий мозг. Можно полагать, что эти машины помогут созданию единого научного языка, координированию информации из различных

¹ См. В. А. Лекторский и В. Н. Садовский, О принципах исследования систем, «Вопросы философии», № 8, 1960.

отраслей науки, будут содействовать в деле контроля логической точности исходных тезисов путем обнаружения и исключения ошибочных результатов.

Важнейшее значение для процесса синтеза наук будет иметь создание общей, универсальной системы отображения. Представляется, что создание такой системы будет возможно на базе сочетания принципов диалектики и математической теории информации, что даст возможность сочетать качественный и количественный аспекты. Универсальная система отображения — общий язык — создала бы фон для системы описания отдельных областей явлений или для языка отдельных наук, она была бы общей для всех наук, составила бы их основу. Подобно тому как физика газов опирается на точное понятие в действительности не существующего идеального газа или как термодинамика опирается на понятие идеального источника тепла, необходимо было бы для общей теории науки построить общую систему абстрактного языка. Открытие изоморфных аналогий между различными колебаниями (механическими, акустическими, оптическими, электромагнитными) дало возможность разработать общую теорию колебаний. Аналогично этому можно на базе установления изоморфных аналогий в содержании и понятиях различных наук создать единую общую структуру как инвариант общей теории науки и общий язык науки как универсальную систему отображения.

Синтез наук является незаконченным, открытым процессом. Наука — это не готовая, закрытая система. Новые факты каждый раз нарушают систему науки, выявляют новые противоречия. Однако это не означает, что нельзя стремиться к более тесному объединению данных систем отдельных наук. Процесс объединения можно закончить относительно как определенный этап развития, который поднимет науку на новую, качественно более высокую ступень. Речь идет о непрерывном поиске единого во всей сложности фактов. Речь идет о более тесном объединении исходных точек зрения математики и физики, физики и биологии, нейрофизиологии и логики и т. д. Для этого необходима разработка общей и точной теории аналогии и методов нахождения изоморфизмов между явлениями и между понятиями.

3. ПОЗНАНИЕ ПО АНАЛОГИИ

Кроме других методов, в кибернетике широко используется метод аналогии и подобия, выявляется изоморфизм в структуре различных явлений, что также способствует синтезу наук.

Логика рассматривает аналогию как суждение от единичного к единичному (или от частного к частному) на основе подобия двух явлений. Если явление *A* характеризуется правильной, закономерной частотой наличия признаков *a*, *b*, *v* и *г*, а явление *B* характеризуется признаками *a*, *b*, *v* и неизвестным признаком *x*, то по аналогии можно заключить, что, по всей вероятности, признак *x* сходен с признаком *г*. Выводы, сделанные на основе аналогии, тем более правдоподобны, чем больше число существенных сходных признаков двух подобных явлений. Конечно, аналогия имеет свои пределы. Ею можно и злоупотреблять, как это делается, например, в софизмах, где эти пределы превышаются. Эти пределы могут превышать в науке и с хорошими намерениями. Как говорит Паскаль, фантазия легко может обмануть именно потому, что, как правило, она не обманывает («d'autant plus fourbe qu'elle ne l'est pas toujours»). Таким образом, можно использовать аналогию и неправильно, если мы, например, сводим явление более высокого качества к явлениям более низкого качества на основе их частичного подобия, и правильно, например в основанных на аналогии суждениях, результаты которых дают возможность успешного сравнения или создания гипотез.

Так, например, аналогия оправдала себя в биологии при сравнении органов различных существ (крыло — передняя конечность и т. д.). В физике использован целый ряд аналогий между светом и звуком (понятия колебаний, отражения, преломления, закон Допплера); далее, здесь понятие течения воды распространено на понятие течения электрического тока (или на понятие теплопроводности; поэтому, например, Фурье использует в своей аналитической теории выражения гидродинамики); понятие волн на воде использовано для создания общего понятия волны (акустической, световой, электромагнитной). Аналогия между молнией и электрической искрой привела Франклина и Дивиша к изобре-

нию громоотвода; аналогия линий в солнечном спектре и спектральных линиях химических элементов привела Кирхгофа и Бунзена к открытию химического состава Солнца. При разработке своего понятия энтропии Карно использовал подобие между падающей водой, выполняющей работу, и понижающейся теплотой, также выполняющей работу при переходе на другие тела.

Кибернетика опирается и на широкую аналогию между математической машиной и живым организмом при освещении различных биологических и нервных функций. В то время как в эпоху Декарта использовали аналогию между организмом и часовым механизмом, а в эпоху Карно сравнивали организм с тепловой машиной, в настоящее время сравнивают организм с машиной для переработки информации. Таким образом, аналогии зачастую изменяются в результате развития производства и техники, уточняются и совершенствуются.

Наличие аналогии между двумя явлениями вовсе не означает, конечно, что они идентичны. Оно означает лишь подобие, изоморфизм в их структуре и закономерностях, а именно подобие различной глубины. Аристотель различал количественную аналогию (например, подобие пропорций) и качественную аналогию (например, подобие различных органов животных, имеющих различную величину и различный внешний вид, но выполняющих подобные функции). Проводит различие между количественными и качественными аналогиями также и Штраус-Торни¹, указывающий на то, что в классической механике использовали качественные аналогии; однако, по его мнению, с развитием степени абстрагирования, ненаглядности и применения символических методов в современной физике начали во всех больших масштабах применять преимущественно количественные аналогии (например, общие сравнения, математические, структурные и статистические подобиya явлений). Штраус-Торни говорит, что при качественной аналогии часто разрывалась связь между аналогией и опытом, но что аналогия требует перехода к гипотезе, а отсюда и к необходимости проверки и наличия связи с опытом. Бер탈анфи²

¹ См. L. v. Strayss-Torney, Der Analogiebegriff in der modernen Physik, «Erkenntnis», № 1, 1936.

² См. L. v. Bertalanffy, Das biologische Weltbild, 1949, S. 186.

также считает аналогию явлений первой ступенью описания их. По Берталанти, первой ступенью описания является установление аналогии, выявление сходных внешних свойств явлений; второй ступенью является обнаружение логических гомологий и изоморфизмов, то есть формально сходных законов, управляющих функционированием различных явлений; третьей ступенью является определение условий развития отдельных явлений и их специальных законов. Общая теория систем Берталанти опирается главным образом на установление логических гомологий.

Конечно, аналогия не предполагает точной разграниченности и анализа явлений, поэтому она должна быть в данном отношении дополнена и должна быть приведена в связь с остальными научными методами, особенно с практической проверкой. Однако, несмотря на это, аналогия имеет важное значение в научных исследованиях, что, в частности, доказано кибернетикой, изыскивающей общие сходные черты структуры, управления и связи различных систем и в широких масштабах применяемых аналогий. Кибернетика пользуется главным образом количественными аналогиями, но она не отказывается и от качественных аналогий для нахождения логических гомологий и изоморфных законов. Аналогия предполагает и изыскивает однообразие, закономерность в различных явлениях, дающих возможность экстраполировать с одного явления на другое и судить по части о целом. Изыскание сходных черт предполагает опущение несущественных признаков явлений, подчеркивание их существенных, основных черт и выявление общих форм структурных и функциональных закономерностей, сходных для многих явлений. Предпосылка о материальном единстве мира вынуждает изыскивать сходные моменты различных явлений, находить способы единого отображения их. Исходные точки зрения различных наук были раньше изолированы друг от друга, не связаны друг с другом, но теперь все глубже выявляются их взаимозависимости. Требование монизма в познании вынуждает искать и находить все новые и все более глубокие взаимозависимости в познании отдельных наук. Наряду с материалистической диалектикой, в достаточной степени уже доказавшей правильность и полезность монистических стремлений, в настоя-

щее время способствует созданию единой картины мира кибернетика, и особенно ее теория информации со своими принципами, понятиями и методами. Научная теория познания, занимающаяся изысканием зависимостей между объектом и субъектом, теорией и практикой, формой и содержанием, дедукцией и индукцией, логическим и историческим, зависимостей между познавательными и психофизиологическими процессами и т. д., стремится создать единое отображение мира, который сам по себе един.

II. ПРОТИВОРЕЧИВОЕ ЕДИНСТВО СУБЪЕКТА И ОБЪЕКТА

1. ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР ПОЗНАНИЯ

а) Познание и ограничение разнообразия

Процесс разделения и дифференцирования характерен не только для развития вообще, но и для самого познания. Познание предполагает прежде всего разделение мира на субъект и объект. Далее каждый акт познания и каждый сознательный процесс вообще предполагает создание какого-либо различия, какой-то разности или контраста, на котором он основан. Например, уже само восприятие всегда связано с разделением содержания воспринимаемого, наблюдаемого на так называемых отчетливых фигурах и менее отчетливым фоне. Познание вообще означает определение, расщепление целого данной отражаемой реальности на определенное и неопределенное: «*omnis determinatio est negatio*» («каждое определение есть отрицание»), — как говорил уже Спиноза. Сутью познания является раздвоение, разделение, разъединение. Наконец, и само познающее сознание может разделиться так, что оно будет самое себя рассматривать как предмет, познавать самое себя, познавать законы, управляющие его деятельностью. Диалектическое развитие познания все продолжается, оно никогда не может быть полностью исчерпанным как потому, что никогда нельзя ликвидировать двойственность отображающего и отображаемого, не ликвидировав этим саму суть познания, так и потому, что бесконечную материю никогда невозможно полностью познать. По этой причине никогда невозможно полностью закончить процесс познания,

как это ошибочно предполагал Гегель, система которого замыкалась тем, что дух достиг в своем развитии полного самопознания; ведь, по Гегелю, развитие протекает так, что оно идет от идеи для себя и идеи в себе к идее в ее проявлении, к ее изменению в природе, а оттуда к идее, возвратившейся из своего «инобытия» к полному осознанию и освобождению. Замкнутая система не может развиваться вверх. Поэтому только материалистическая диалектика, образующая открытую систему, может дать правильное понимание сути познания.

Развитие познания и развитие в мире вообще постоянно идет вверх. Развитие познания не может быть законченным; оно идет по пути достижения все более высоких форм упорядоченности, причем достигнутая степень упорядоченности каждый раз фиксируется. Можно гипотетически предположить, что благодаря способности отражения и создания следов, свойственной всей материи, из неорганических форм возникают органические формы — живые организмы, обладающие способностью самосохранения, то есть так называемого гомеостазиса, что означает возможность достигать непрерывного равновесия со средой и сохранять свою степень упорядоченности. Наиболее высокоупорядоченной формой в природе является живущий в обществе человек, высокоорганизованный мозг которого наделен способностью сознания, мышления и познания. Психический и социальный прогресс как наивысшие формы движения возникают путем наслаивания и преодоления всех более низких форм движения, от механического вплоть до биологического и физиологического. Организованность, упорядоченность материи возрастает, следовательно, путем наслаивания, отражения материи, и наивысшей ступенью этой организованности является наиболее высокоорганизованная материя — человеческий мозг. Развивающееся общественное познание дает возможность достижения лучшего, все более совершенного, активного способа гомеостазиса человека и человеческого общества, что проявляется в постепенном практическом преобразовании природы и в сознательном управлении обществом ею. Вершиной этого развития является познание законов наивысшего движения и овладение самими этими законами, то есть познание и овладение психическими и социальными законами, ко-

торым подчинено и само познание. Познание является орудием для более совершенного гомеостазиса, для достижения уравнивания между человеком и природой, для самосохранения, для повышения степени упорядоченности. Уравнивание здесь надо понимать не как пассивное приспособление к природе, а как активный процесс практического преобразования ее. Познание состоит в получении, обработке, регистрации и передаче сообщений, или информации, о мире. В этих сообщениях, или сведениях, нет полной информации о мире во всей его совокупности, но по мере развития познания эти сведения становятся все более полными. Система сведений, или информации, о мире имеет свой смысл только в своем включении в социальный процесс, в общественную практику, целью которой является преобразование природы и общества и достижение более высоких форм упорядоченности и высших форм гомеостазиса. Стремление к гомеостазису свойственно и самому познанию, то есть система познания всегда стремится к относительной замкнутости, она должна быть каким-то способом единым образом упорядочена. Мышление не могло бы успешно существовать без какого-то типа порядка, хотя бы и преходящего, как это имеет место, например, в случае временного решения какой-то проблемы человеческим индивидуумом или обществом. Например, Евклидова геометрия или ньютоновская физика считались абсолютно справедливыми, но это было лишь до тех пор, пока не появились более универсальные теории. Степень универсальности и гомеостазиса системы познания могут возрастать в результате того, что изучается само познание, то есть что достигаются знания о самом познании, информация об информации, которую можно назвать метаинформацией. К этой метаинформации и стремится теория познания в единстве с логикой и диалектикой, опираясь на результаты большинства специальных наук. Результатом стремлений к научной теории познания, тесно связанной с общественной практикой, и является современный уровень развития познания.

История знания представляет собой бесконечный ряд актов познания. Эти акты состоят во все более конкретном определении объекта познания, но никакое определение никогда не является полностью конкретным, так как каждое определение неизбежно является и отрица-

нием, ограничением, а следовательно, оно связано и с противоречием между определенным и неопределенным, ограниченным и неограниченным. Бесконечно сложная материя, неисчерпаемая в своих свойствах, неограниченная, абсолютная и неопределенная, представляет собой материал познания, в котором она ограничена и определена и в котором она диалектически отрицается. Следовательно, познание связано с противоречием между объектом и субъектом, материей и сознанием. Познание означает установление зависимости, когда субъект сравнивает результаты своей практической деятельности со своим прежним опытом, сравнивает свои знания с объективной реальностью, выявляет несовершенства этих знаний и стремится к устранению различий между его знаниями и реальностью.

Возможность познания связана с существованием различий между объектом и субъектом, которые можно рассматривать как различия в уровнях разнообразия. Основные идеи теории разнообразия и его ограничения изложены в книге У. Росс Эшби «Введение в кибернетику» и развиты в книге Вюнше «Основы кибернетики биологических систем». Наш подход отличается от подхода этих авторов тем, что он мотивирован не биологическими, а гносеологическими проблемами.

Под разнообразием следует понимать разнородность множества элементов, их зависимостей и комбинаций в какой-то системе. Например, разнообразие одноцветной поверхности весьма мало для наблюдающего субъекта. Разнообразие растет тем больше, чем более богата различными цветами поверхность и чем больше расчленена ее форма. Возможность отражения разнообразия обусловливается средствами отображения. Например, разнообразие фотографии ограничено чувствительностью оптического аппарата, зернистостью фотографической бумаги, опытностью фотографа. Вопрос о разнообразии связан также с вопросом осмысливания образа отражающим субъектом. Человеческий, социальный субъект будет иначе оценивать разнообразие картины какого-либо художника, чем, например, животное, которое будет созерцать эту же картину со всеми ее деталями, но будет видеть в ней только совокупность цветных пятен. Возможность разнообразия касается не только средств отображения, но и объективно существующих систем,

где наряду с разнообразием статических, чувственных особенностей (цвет, форма, запах и т. д.) нужно учитывать и разнообразие воздействия этих систем, то есть в отношении животных — разнообразие их поведений. Разнообразие выше у высокоорганизованных животных — это означает, что их реакции более пластичны и богаты.

Сравнивая разнообразие объективной реальности и разнообразие в отображении познающего субъекта, мы приходим к выводу, что разнообразие объективной реальности богаче, что тут есть большая разграниченность и тонкость и что разнообразие ее описания по сравнению с разнообразием оригинала более бедно, то есть что здесь имеет место редукция этого разнообразия. Образ огрубляется, дает макроскопическое представление. Это различие в уровнях разнообразия является основой процесса познания. Мы могли бы представить себе дело так, как будто бы в процессе познания возникает перепад, подобный термодинамическому перепаду, и что этот перепад вызывает поток информации от объекта к субъекту. Термодинамический перепад имеет место при различии температур двух систем, например двух растворов различной температуры, когда, согласно второму закону термодинамики, происходит выравнивание температур этих систем. Аналогично этому можно говорить о выравнивании различий между организмом и средой, о котором говорит теория уравнивания И. П. Павлова, и о выравнивании различий и степени разнообразия объективной реальности и познающего субъекта. Разница, конечно, состоит здесь в том, что выравнивание этих различий, которое в случае процесса познания приводит к передаче информации от объекта к субъекту, происходит не автоматически. Субъект с малой информацией и с малым отображающим разнообразием не будет перегружаться информацией извне, если он не будет стремиться к этому сам. Получение информации является активным процессом. Далее этот процесс касается открытой, неограниченной системы, а поэтому он сам никогда не бывает замкнут и выравнивание различий в уровне разнообразия никогда не бывает окончательно завершенным. Это выравнивание имеет только относительный характер и касается также скорее отдельных познаваемых объектов и областей из комплекса объективной действительности. До сих пор указанная анало-

гия ограничена, но можно предполагать, что различия в уровнях разнообразия или противоречие между объектом и субъективным отражением его — источником развития познания — можно было бы моделировать как перепад и, таким образом, исследовать его. Термодинамика уже успешно использовалась в биологии (теория открытых биологических систем Берталанфи), и эта возможность не исключается и в гносеологии. Восприятие упорядоченности, выраженной в качестве негативной энтропии, совершается в организме не только в виде пищи, воздуха и тепла, но также и в виде информации. Гносеологическое выравнивание не является, конечно, односторонним. Это не только приспособление к уровню объективной реальности, так как человеческий субъект сам создает новое разнообразие на основе своей творческой фантазии, в соответствии с которой он преобразует эту объективную реальность.

В процессе познания происходит преобразование разнообразия внешней действительности и ограничение разнообразия. Сутью познания является отражение, являющееся ограничением первоначального разнообразия и означающее, следовательно, образование различий между первоначальным и ограниченным разнообразием. Следовательно, в познании действительность раздваивается: кое-что выбирается из разнообразия действительности, кое-что исключается, субъект создает себе модель объективной реальности, отличающуюся от первоначального разнообразия действительности, его разнообразие более бедно. Однако этот процесс повышает и общее разнообразие действительно существующей реальности, так как появляется новое разграничение: различие разнообразия субъекта и объекта.

Следует отметить, что ограниченные разнообразия, абстракция и упрощение имеют не только отрицательные стороны. С одной стороны, эти процессы приводят к огрублению образа, к абстрагированию от некоторых сторон объективной реальности. В этом смысле они приводят к увеличению неопределенности, то есть энтропии, отличающей оригинал от представления о нем. Однако ограничение разнообразия имеет и полезную сторону, состоящую в том, что это приводит к постижению сути, дает возможность получить исчерпывающую информацию об объекте, ибо информация без отбора определен-

ных черт была бы слишком сложной и хаотичной. Это связано и с различием между пассивной абстракцией, автоматически осуществляемой чувственным восприятием и обедняющей тонкость картины, и между активной, умственной абстракцией, сознательно исключающей несущественные, второстепенные черты и имеющей поэтому положительное значение. Обе эти черты переплетаются, но развитие познания направлено на уменьшение отрицательных и усиление положительных черт ограничения разнообразия: представление действительности все более обогащается и уточняется (в этом смысле ограничение разнообразия уменьшается) и становится одновременно более исчерпывающим и более существенным (в этом смысле ограничение разнообразия усиливается). Наши познание и мышление продолжают, по словам Маркса, не в направлении ко все более абстрактному, все более бедному представлению, а в направлении от абстрактного к конкретному. Познание и мышление становятся все более конкретными, более богатыми и более всесторонними. К этим вопросам ограничения разнообразия нам еще придется возвратиться при рассмотрении вопроса об избыточности и, в частности, вопроса о так называемой отрицательной избыточности.

Суть познания нельзя понять без правильного понимания различия между субъектом и объектом, отображающим и отображаемым. Неразличение, недостаточное или неправильное различение отображающего и отображаемого, субъекта и объекта, модели и оригинала приводят к ошибочному пониманию познания. Эти погрешности допускают наивно-реалистические и механистические подходы к познанию. Наивный реализм не рассматривает отображение как отличающееся от оригинала, не рассматривает акт познания как активное преобразование, отображение у него аналогично отображенному оригиналу. Собственно говоря, эта позиция привела бы в конечном итоге к ликвидации познания, так как необходимым условием познания является существование определенного различия между субъектом и объектом, между отображением и отображаемым. Этим отличием является отличие в разнообразии. Субъективный идеализм, наоборот, рассматривает знания не как отображения какого-то оригинала, а как нечто, имеющее совершенно отличный характер (например, по Канту, явления ничего

не говорят о характере вещи в себе, об объективной реальности), независимо от того, признают ли они существование объективной реальности или нет. И здесь, следовательно, имеет место ошибочное понимание познания, что, собственно говоря, приводит к ликвидации познания, но уже совсем с другой стороны, чем это делает наивный реализм: нарушается другое условие познания — существование определенного сходства между субъективным отображением и отображаемым объектом. Абсолютизация одной из этих сторон противоречия субъект — объект приводит к тому, что познание делается невозможным, или по крайней мере к тому, что делается невозможным правильное понимание познания: абсолютизация объекта нарушает субъект, а этим и возможность отображения его и суть отображения (наивный реализм), абсолютизация субъекта нарушает объект, а этим и предмет отображения (субъективный идеализм). В действительности же противоположные стороны субъект — объект совершенно не исключают друг друга, не сводятся один к другому, а переплетаются друг с другом, проникают друг в друга.

б) Диалектический характер компонентов познания

Отображение действительности не просто и не дифференцировано, оно образует всегда комплексную структуру, состоящую из сравнительно жестких элементов. Так, отображение органами чувств состоит из ощущений и восприятий, мысленное отображение — из понятий и суждений. Эти компоненты отображения часто называют признаками или символами, или же совокупностями признаков. Конечно, речь идет о символах не бессодержательных, пустых, не связанных с отображаемыми объектами, а о таких, от которых они в той или иной степени качественно, по содержанию зависят, и это объясняется именно тем, что они (символы) являются их (объектов) отображением, хотя и не однозначным, зеркальным отображением. Следовательно, эти компоненты касаются результатов процесса познания, принятого сообщения, картины. В противоположность этому сигналы имеют физическую сущность, они обслуживают передачу информации от объекта к принимающему их, к изображающему субъекту через какую-то среду. Сообщение, принимаемое

у источника сообщений, каким является объект, преобразуется в эти сигналы. Такими сигналами являются, например, световые или звуковые волны и т. п., по-разному изменяющиеся в среде передачи, и наконец, у субъекта, принимающего сообщение, эти сигналы преобразуются в принятое сообщение, в картину, состоящую из признаков, имеющих как определенную форму, так и определенное содержание.

Компоненты картины имеют внутреннее разнообразие и структуру, они не абсолютно просты, не жестки и не разлагаемы, они имеют относительный характер. Эти компоненты образуют в картине иерархические группировки, блоки различных по значению, интенсивности и т. д. уровней. Восприятие, представление, воспоминание, суждение, мыслительное рассуждение и т. д. или составленные из них комплексы всегда имеют определенный уровень разнообразия, которым они отличаются от определенного фона, данного для сравнения. Если, например, я созерцаю лес, то мое восприятие леса отличается своим уровнем восприятия от остальной окружающей среды. Однако я могу созерцать только одно дерево, и тогда лес станет для меня несфокусированным фоном. Или же я могу созерцать только деталь коры на фоне дерева и т. д. Аналогично обстоит дело и при мыслительной деятельности, при которой я выбираю определенные стороны рассматриваемого объекта, тогда как остальные стороны объекта остаются при этом в тени. Таким образом, отражение имеет целую иерархию различных уровней, однако различение наблюдаемого в данный момент уровня усилено по сравнению с ближайшим более низким уровнем, являющимся в данном случае фоном. Функция центральной нервной системы, осуществляющей отражение, состоит в различении уровней разнообразия, в создании контрастных различий. Физиологической основой этого являются взаимозависимости между возбуждением и торможением¹. Из всего разнообразия объекта выбираются определенные стороны, причем остальными сторонами в данном случае пренебрегают. Отображение имеет свое собственное разнообразие, возникшее путем ограничения разнообразия отображаемого. Кроме того,

¹ Подробнее этот вопрос рассматривается в главе «Информация и нервная система».

возникшее при этом различие обоих разнообразий представляет собой третью форму разнообразия.

Составные части отображения и их комплексы имеют, следовательно, свою суть в ограничении разнообразия объекта, в создании отличия от первоначального разнообразия тем, что какая-то дискриминация, какое-то разграничение этого первоначального разнообразия усиливается за счет других. Восприятие или понятие охватывает всегда только одну или несколько сторон, выбранных из разнообразия объективной действительности или из одного объекта. Эти стороны определенным образом усиливаются по сравнению с другими, которые не были выбраны, были исключены, которыми пренебрегли. Восприятия и понятия являются, следовательно, какими-то гипертрофированными, чрезмерными чертами разнообразия объективной действительности. Следовательно, восприятия и понятия характеризуются какой-то односторонностью, абстрактностью по сравнению с всесторонностью, конкретностью объективной действительности (в этом смысле не только понятия, но и восприятия абстрактны, конкретное нельзя отождествлять с чувственным).

Понятия, а также остальные компоненты образа и их комплексы представляют собой какие-то определения и кажутся чем-то только позитивным, единым и непротиворечивым. Однако это внешнее единство в действительности является раздвоенностью, противоречием. Мы говорили, что суть познания состоит в разъединении единого, единой объективной действительности. Позитивность понятия всегда связана с его негативностью. (Под позитивностью здесь понимается то, что каждое понятие — следовательно, и негативное — означает установление, определение.) Эта негативность означает, что понятие одновременно связано с каким-то отрицанием, исключением, подавлением неопределенных сторон объекта. Неопределенность, неполнота и ненасыщенность понятия приводят к тому, что в ходе развития познания содержание понятий все обогащается и уточняется. Понятие состоит в гипертрофировании определенных сторон, в усилении некоторого контраста, в создании некоторого различия, неравновесия, противоречия. Познание не может существовать без этой двойственности, любое определение является одновременно и отрицанием. Определение при создании впечатления состоит в создании различия

между так называемой фигурой и фоном, причем последний отрицается этой фигурой, ослабляется, подавляется ею. В логическом суждении логический субъект определяется каким-то предикатом и этим отрицается принадлежность контадикторного предиката этому субъекту. С физиологической точки зрения каждый психический акт означает создание различия между какой-то возбужденной областью и другой областью, заторможенной.

Если я созерцаю какую-то вещь, то я, во-первых, исключаю из сферы внимания другие вещи, образующие лишь неотчетливую окружающую среду, во-вторых, я исключаю у созерцаемого объекта детали сравнительно более низких уровней. Определяемый объект занимает всегда какое-то место в пространстве и во времени и всегда имеет два дополнения: выключенную внешнюю сторону и выключенную внутреннюю сторону. Иными словами, каждая картина находится всегда между бесконечно большим и бесконечно малым, между бесконечно сложным и бесконечно простым. Определяемый объект представляется как ограниченный в пространстве и времени, как конечный с дискретными пространственно-временными границами. Далее он представляется на данном уровне определения как единый и простой, хотя в действительности это только огрубление, отрицание внутренней сложности, ограничение разнообразия деталей.

Наши представления об объективной реальности являются как отрицанием пространственно бесконечно большого и малого, так и временно бесконечно большого и малого, то есть они ограничены во времени. Это проявляется как в том, что они подаются как отрезки из потока времени, имеющие начало и конец, так и в том, что они застывшие, ибо являются статическим отображением, омертвлением, отрицанием непрерывного течения реальности. «Изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление,— и не только мыслью, но и ощущением, и не только движения, но и всякого понятия»¹. Ввиду своей статичности понятия устаревают, они должны последовательно преодолеваться и заменяться. Только те понятия, которые более верно отражают действительность, сравнительно стойки к этому процессу устаревания.

¹ В. И. Ленин, Собр. соч., т. 38, стр. 255.

Подытожим для ясности идеи, выраженные в настоящем параграфе. Познание состоит в получении информации о материи, об объективной реальности. Эта информация используется человеком в его практической деятельности, в ходе которой он устанавливает и подтверждает меру правильности информации. Прогресс познания, достижение более высокой степени информации тесно связаны с развитием человеческого общества, следовательно, и с развитием мира в сторону более высоких эволюционных форм, более высокой степени упорядоченности. Это развитие приводит к совершенствованию функций, структуры и организации человеческого мозга и человеческого общества, к совершенствованию человеческого гомеостазиса. Сутью прогресса познания можно считать непрерывное установление и нарушение равновесия между субъектом и объектом, между отображением и отображаемым, в создании различия в уровнях информационного разнообразия субъекта и объекта. Стремления субъекта к совершенному познанию, к получению полной информации — что связано со стремлением к полному овладению природой и к совершенному гомеостазису — никогда не увенчаются полным успехом. Суть акта познания — в чувственной и логической форме — состоит в ограничении разнообразия объективной реальности, в раздвоении единой действительности на определенное и неопределенное, на общее и частное, на абстрактное и конкретное и т. д. «Раздвоение единого и познание противоречивых частей его (см. цитату из Филона о Гераклите в начале III части («О познании») Лассалевского Гераклита) есть суть (одна из «сущностей», одна из основных, если не основная, особенностей или черт) диалектики»¹. Характер составных частей образа детальнее объясняет то обстоятельство, что сутью познания является раздвоение, создание различия, усиление контраста. Познание опирается на различие в уровнях разнообразия объекта и его отражения, то есть разнообразие объекта всегда каким-то образом ограничено в его отражении. Сутью познания является противоречие между определенными и неопределенны-

¹ В. И. Ленин, Собр. соч., т. 38, стр. 357.

ми, между невыключенными и выключенными сторонами отражаемого объекта или объективной реальности вообще.

2. МЕТАФИЗИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОТОБРАЖЕНИЯ МИРА

Таким образом, основной чертой нашего познания является раздвоение, отрицание единства, непрерывное выявление противоречий и стремление к ликвидации их, что опять-таки создает новое неравновесие. Невозможность постижения всесторонности, сложности всего разнообразия объективной реальности приводит к ограничению этого разнообразия, к его упрощению. Пространственно-временная непрерывность объективной реальности разлагается в познании на дискретные и статические элементы. Понятие, отображающее объективную реальность, имеет истинную и неистинную стороны; однако благодаря памяти эта истинная сторона в нашем познании сохраняется и таким образом возрастает удельный вес истинности в наших понятиях.

Метафизический способ отображения мира ошибочно абсолютизирует несовершенства нашего познания, считает их закономерными и неизменяемыми, так как он не понимает их сути. Поэтому он абсолютизирует статичность в познании, подходит к познанию не как к процессу и развитию, он абсолютизирует также дискретность понятия, то есть не понимает, что понятия переплетаются друг с другом, проникают друг в друга, что они не имеют резких границ и что они изменчивы. Метафизический способ рассматривает отражение как простое и непротиворечивое, не видит, что отражение является только грубым, частичным, вырванным из сложного контекста объективной реальности. В противоположность этому, диалектическая концепция подчеркивает, что отражение не пассивно, что оно — противоречивое единство субъекта и объекта, что это противоречие между отображенными и неотображенными сторонами реальности в ее отображении. Согласно диалектике, понятия подвижны, гибки и потенциально всесторонни, они способны развиваться, сохраняя в себе правильно отраженные стороны. Суть познания представляет возможность непрерывного его прогресса и, таким образом, обеспечивается неограниченность познания, познаваемость мира.

Противоречивость в нашем познании имеет несколько разновидностей. Прежде всего, если мы понимаем познание как отражение объективной реальности, то противоречивость в познании является отражением объективно существующих противоречий внешней реальности. Далее, процесс познания противоречив, потому что он связан с противоречивой зависимостью между субъектом и объектом. И наконец, имеется противоречивость, свойственная самому нашему сознанию, познание опирается на усиление контраста между определенным и неопределенным, между возбуждением и торможением. Следовательно, противоречивость познания вытекает из различий во внешнем мире, из различий между субъектом и объектом и из различий внутри отражающего субъекта.

Для познания характерна его конечность, ограниченность. «...Первой ступенью, моментом, началом, подходом познания является его конечность (Endlichkeit) и субъективность, отрицание мира-в-себе...»¹. Однако эта конечность решается — и этого не понимают метафизики — непрерывным приближением познания к объективной истине. Определение представляет собой отрицание всесторонности, разрыв взаимозависимостей, сторон объективной реальности. Отсюда вытекает, что неопределенность в отражении, неопределенность понятий, восприятий и суждений, обусловленная неотраженной частью содержания, является результатом и новым источником противоречивости познания, движущей силой его дальнейшего развития. Противоречие между отраженным и неотраженным содержанием в наших представлениях или мера их неопределенности приводит к новому отрицанию их и, таким образом, к движению познания вперед. Образ никогда не бывает вполне определенным, так как всегда имеет место противоречие между субъектом и объектом, и если в отражении неопределенность никогда не бывает снижена до нуля, то это означает, что в нем нет абсолютной истины во всей ее полноте, хотя в нем и имеются моменты истины. Конечно, в повседневной жизни можно обходиться и приблизительной истиной, нам не бросается в глаза ее относительная ограниченность. Мера определенности и истинности в отражении

¹ В. И. Ленин, Собр. соч., т. 38, стр. 198.

может быть различной, большой или малой. В отражении всегда имеется смесь истины и неистины, как подчеркивает Энгельс. В познании, отражающем конкретную бесконечную и динамическую действительность, собственно, не существует вполне определенных, вполне истинных понятий и суждений. В этом (наряду с другими чертами) состоит отличие гносеологии от формальной логики.

Ленин подчеркивает правильность мысли Гегеля о том, что мышление всегда своим различием отделяет друг от друга взаимосвязанные моменты: «Мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не омертвив живого»¹. Это разделение характерно не только для познания движения, когда мы разделяем единую пространственно-временную непрерывность на пространство и время или когда мы определяем, находится ли данное движущееся тело в определенном месте, но и для любого познания. Мы разделяем единую объективную реальность с взаимосвязанными моментами.

Метафизическая концепция не осознает факта омертвления движения в нашем изображении, диалектика же, наоборот, указывает на это омертвление и стремится к постижению сути объективно существующего факта движения. Подобно этому, метафизика не понимает, что описание движения является определенной деформацией объективного движения, что каждое отображение является разделением, омертвлением, огрублением, деформацией действительности, причем, конечно, деформацией различного оттенка.

Разум раздваивает, разделяет то, что дано в противоречивом единстве в объективной реальности, что дано здесь одновременно и в различии и в тождественности. Понятия возникают из разделения противоречивого единства общего и единичного; понятие, которое всегда абстрактно, общо и неопределенно, отрицает индивидуальные, единичные элементы определенной и конкретной реальности; это является источником динамики понятия, неполнота и неполная определенность которого подлежит отрицанию, то есть необходимо непрерывное раскрытие неточности его определения. Метафизика не учитывает

¹ В. И. Ленин, Собр. соч., т. 38, стр. 255.

того, что в понятиях и суждениях может быть различная степень неопределенности и неистинности; для нее существуют либо абсолютно определенные и истинные, либо абсолютно неистинные суждения. В частности, она не учитывает, что понятия и суждения связаны с содержанием, что они являются отражением объективной реальности и что противоречие между отраженным и неотраженным, истинным и неистинным в созданном нами отражении непрерывно движет наше познание вперед. Нет понятий и суждений максимально определенных и абсолютно истинных, и мера определенности и истинности может быть различной. Метафизика не понимает, что в наших понятиях и суждениях усилены определенные черты отраженной объективной реальности за счет других черт, что это является результатом противоречивого характера нашего познания и что эта неравномерность является источником процесса и развития познания. Принципы метафизики исходят из абсолютизации принципов статической и равновесной, непротиворечивой системы.

Некоторые идеалистические философы видят именно в противоречивости предел нашего познания. Так, например, Кант видит непреодолимый предел разума в антиномиях (противоречиях между двумя действительностями, обстоятельствами, каждое из которых признается правильным) и считает противоречие чем-то недоступным для познания. Согласно Канту, при попытках постичь вещь в себе разум наталкивается на границы, то есть он приходит к противоречивым определениям. Кант ошибочно полагает, что в противоречивости и состоит непознаваемость вещи в себе. В действительности же дело обстоит так, что вещь в себе — объективная реальность — противоречива именно из-за собственного своего характера и она должна быть так же противоречиво определена. Реальность является единством противоречивых свойств, сама по себе она находится вне познания, вне противоречия субъект — объект, а следовательно, и вне противоречия истинность — неистинность и определенное — неопределенное. Все противоречивые категории гносеологии свойственны ей в одинаковой степени, поскольку они в ней содержатся в противоречивом единстве: абстрактное и конкретное, общее и единичное, сущность и ее проявление, абсолютное и относительное и т. д. в своей объективной основе, в объективной реаль-

ности не раздвоены, они существуют в противоречивом единстве. Раздвоение — отделение этих пар, например общего и частного и т. д., — производится нашим познанием путем сопоставления определенных сторон в какой-то сравнительно стабильной системе сравнения. Объективная реальность одновременно и абстрактна и конкретна, и определена и неопределенна, необусловлена и обусловлена, и именно поэтому для нее не характерны эти атрибуты, которые можно приписать ей или же не приписывать. Суждение о реальности, приписывающее ей определенную особенность, означает выбор, абстракцию, создание отношения различия.

Канта смущает и то, что вещь в себе представляется как противоречие, и в этом он видит недостаток нашего познания. Тем не менее он произвольно подошел к правильному познанию онтологической противоречивости объективной реальности. Противоречие в объективной реальности так же абсолютно, как абсолютно движение: абсолютное движение заключается именно в абсолютности противоречия; объективная реальность представляет собой противоречивое единство противоположных определений. Объективная противоречивость неполностью отражена в противоречивости познания, по мере развития которого степень полноты отражения возрастает.

Позиция Канта, видящего в противоречивости предел познания и конец познаваемости объективного мира, характерна для идеализма вообще. Некоторым вариантом позиции Канта можно считать, например, утверждение Спенсера, что абсолютное, безотносительное является пределом познания и что познание можно было бы рассматривать только как отрицание мыслимости; познанию будто бы доступно лишь относительное. Там, где устанавливаются какие-то пределы рассудочному познанию, открываются лазейки для религиозных верований, интуиций, надрассудочного зрения и т. д. С различными вариантами этого мы встречаемся в теориях различных идеалистических философов. Так, например, философ эпохи Возрождения Николай Кузанский в своем известном учении о совпадении противоположностей и руководящей бессознательности усматривает в противоречивости конец разума и начало веры. Варианты подобных идей высказывает и Сёрен Кьеркегор, чешский философ Владимир Хоппе и многие другие.

Однако противоречивость не является пределом нашего познания, наоборот, она является его предпосылкой и существом: онтологическая противоречивость отражена в гносеологической противоречивости. Без различия между объектом и субъектом познание вообще не могло бы существовать. Предпосылку познания нельзя, конечно, считать пределом его. Противоречие между субъектом и объектом обеспечивает то, что всегда остается нечто, пока еще не познанное, но отнюдь не непознаваемое. Непознанное предполагает наличие различия, противоречия между субъектом и объектом, непознаваемое же ликвидировало бы это противоречие, а этим и возможность гносеологической коммуникации. Недоступность кантовой вещи в себе или спенсеровского необусловленного и безотносительного является ошибочной абсолютизацией. Вещь в себе доступна в каждом относительном сведении, в котором всегда неизбежно имеется и элемент абсолютной истины, сущность, степень отражения которой все возрастает.

* * *

Метафизический способ отображения мира не понимает противоречивого характера познания, не учитывает противоречия между субъектом и объектом в процессе познания, не рассматривает познание как акт сложного преобразования. Он не понимает надлежащим образом различия между отображением и объектом и экстраполирует характеристику образа и его компонентов на внешний мир. Он абсолютизирует только относительные статичность и дискретность и мнимую непротиворечивость элементов познания. Он приписывает действительности особенности, являющиеся только характеристикой описания этой действительности. Для описания характерно упрощение, огрубление бесконечно сложного, омертвление, отражение текущего как находящегося в покое, разделение, разрыв единого и взаимосвязанного. В противоположность этому диалектика сознает, что в процессе отображения происходит выделение отдельных сторон взаимосвязанного из бесконечно сложного контекста материальной реальности, она сознает односторонность познания, приводящую к исключению, отрицанию, раздвоению объективного, противоречивого единства. Эту раздвоенность в познании метафизика не видит. Она рас-

смачивает понятия как единые, непротиворечивые. Метафизический и диалектический способы отображения мира относятся один к другому как низшее к высшему. Для метафизического отображения мира характерен отрыв, разделение взаимосвязанных сторон — пространства и времени, абстрактного и конкретного, общего и единичного, необходимого и случайного и т. д., — тогда как диалектика рассматривает эти полярные категории как диалектически взаимосвязанные. Противоречивое единство объективной реальности трансформируется и раздваивается в познании. Объективная противоречивость все глубже отражается в противоречивости субъективного отображения. Развитие познания асимптотически приближается к полному постижению противоречивости объективной реальности. Противоречивость этой реальности не является пределом познания разумом, как это ошибочно считают некоторые идеалистические философы. Развитие познания идет ко все более глубокому пониманию сути реальности, что достигается также и тем, что в ходе развития познания выясняются характеристики и несовершенства отображения этой реальности.

3. СУБЪЕКТ И ОБЪЕКТИВНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

а) Познание и бытие

Задачей теории познания является не только анализ познания самого по себе, но и исследование зависимостей между познанием и бытием. В домарксистской философии неправильно проводилась резкая грань между познанием и бытием, в результате чего возникли две более или менее независимые друг от друга философские дисциплины, а именно гносеология и онтология. Марксистская философия впервые в истории философии подчеркнула тесную взаимосвязь между закономерностями бытия и закономерностями познания, следовательно, и между онтологией и гносеологией, и выдвинула требование единства диалектически понимаемой онтологии, то есть диалектики — науки о законах объективного мира, диалектически понимаемой гносеологии — науки о законах познания, и диалектически понимаемой логики — науки о законах мышления. Для науки не существует абсолют-

но справедливых законов «чистого» бытия, которые можно было постичь и отразить в каких-то вечно действующих законах онтологии, так как, с одной стороны, сама действительность непрерывно изменяется и развивается, а с другой стороны, никакая наука, следовательно и онтология, невозможна без познания, на законы которого она опирается, и потому, что познание само является составной частью бытия, человека невозможно выделить из действительности. Действительность, и именно действительность, познаваемая человеком, как-то связана с человеческой, социальной действительностью. Психическое и социальное движения являются наивысшими формами движения, включающими в себя все виды движения более низкого порядка, а следовательно, попытка онтологии отобразить всю действительность не может быть успешной без учета закономерностей этих форм движения, следовательно, и закономерностей познания.

Искусственная действительность («вторая природа») развивается после возникновения человеческого общества, и в особенности социальной действительности, на основе общественного познания и социальной практики. Онтологическое становится посредством человека рефлексивным, то есть материя без сознания познается и изменяется материей с сознанием — человеком. Онтология невозможна без гносеологии. Диалектическая онтология — теория объективной диалектики — невозможна без диалектической теории познания. Исследование физических, химических и биологических закономерностей предполагает использование закономерностей познания. Теория познания исследует эти закономерности и сама использует их. Специальные науки не могут обходиться без теории познания, а последняя опирается на материалы этих наук. Человек — высшее эволюционное звено природы — познает природу и создает теорию мира. Эта теория не существует без человека, без человеческого познания, без социального знания, степень которого связана с уровнем развития человеческого общества и человеческой практики. Чтобы теория мира была полной, она должна быть дополнена теорией человека, включая и теорию познания. Нельзя решить вопрос о том, что выше — онтология или гносеология, так как бытие можно отделить от познания только теоретической абстракцией. Бытие, конечно, объективно говоря, выше познания, яв-

ляющегося только отражением его, познание само не исчерпывает мир, подобно тому как сообщение о событии не совпадает с самим событием. Можно говорить о бытии самом по себе, но бытие, о котором мы говорим, всегда уже является бытием познанным, увиденным человеком, преобразованным им. Необходимо предполагать объективность бытия, это есть предпосылка материализма и условие науки; однако бытие всегда должно воздействовать каким-то образом на человека, через человеческий мозг, чтобы оно могло быть познанным им и чтобы человек мог оказать обратное воздействие на бытие. Границы мира расширяются для нас с расширением границ познания и границ практической деятельности, причем эти границы имеют относительный характер. Наше познание как движение наиболее высокоорганизованной материи объективно включает в себя все низшие формы движения, но это не означает, что оно (познание) *co ipso* (этим самым) вполне познается нами, что мы полностью осознаем его, так как не все мозговые процессы — физиологические, химические и физические — переходят в сознание.

Несмотря на необходимость предполагать в теории познания единство законов бытия и познания, это не означает, что бытие и познание объективно тождественны. Необходимо различать объект и отображение его, то есть необходимо различать отображаемую базу и представление об этой базе. База может быть представлена либо чувственно-конкретным образом, воспроизводящим ее и несущим некоторые ее свойства и черты, либо логическим, абстрактным символом или ансамблем таких символов, которые сами по себе не несут непосредственные свойства объекта и могут быть в большей или меньшей степени условными символами, отображающее значение которых в какой-то степени известно отображающему субъекту. Образы и символы не только являются строительным материалом науки, они могут стать и сами объектами изучения, если мы эти образы и символы обозначим образами и символами другого типа. Это представление одного типа образов и символов другим типом происходит также и в преобразовании чувственного в логическое: чувственный, конкретный образ заменяется абстрактно-логическими символами, которыми удобнее оперировать. Каждый образ и символ, что-то обозначаю-

щий, имеет как материальные носители физического характера (сигналы в виде световых или звуковых волн, слов, нервных процессов и т. д.), так и идеальное содержание, отображающее его значение, его связь с обозначаемым, его символическую функцию в какой-то системе отображения. По мере развития познания и общества вообще система образов и символов изменяется, совершенствуется и становится более экономичной. С изменением системы отображения изменяются также и обозначающие функции его элементов. Если ослаблена связь символа с обозначаемым им, символ теряет эту свою функцию, теряет живое содержание, становится самоцелью, гипостазирован и тогда зачастую ошибочно оперируют с символом, потерявшим свое значение, свое содержание. Развитие познания состоит, помимо прочего, в том, что все глубже вскрывается представительный характер чувственных образов и идейных символов и эти образы и символы заменяются новыми, более точными, более адекватными (например, заменяются устаревшие понятия в отдельных науках).

Материал познания — объективная реальность — формируется формами познания, которыми являются способы чувственного восприятия, понятия и категории. Между материалом и формами познания нет четких границ, а имеется диалектическая взаимосвязь. Материал (содержание) никогда не бывает без формы, а форма сама также может стать содержанием, материалом. Материал объективной реальности формируется восприятиями, а чувственные ощущения в свою очередь становятся материалом для формирования логических категорий. Чувственные впечатления связаны и обобщены в понятиях, которые придают им смысл, а понятия опять-таки определяются категориями. С изменением понятий и категорий изменяется упорядоченность отображающей системы и она становится более определенной благодаря тому, что понятия уточняются в части логической структуры и эмпирического содержания, их неопределенность ограничивается. Общие логические принципы определяют действительно происходящее мышление и в свою очередь изменяются им.

Наивысшей ступенью человеческого сознания является мышление в понятиях. Сознание образует мост между сенсорными и моторными функциями, а мышление и по-

знание посредствуют между чувственным образом и практической деятельностью. Формы мышления обусловлены ведь не только чувственным материалом, но и направленностью свободной деятельности. Единство законов бытия и познания обусловлено не только единством объекта и отображения его, но и единством потребностей субъекта и его вмешательства в объективную реальность.

Сознание, мышление и познание обусловлены не только самой природой, но и степенью человеческого управления этой природой, степенью общественной практики. Человеческая история связана, помимо прочего, в значительной степени с развитием форм, в которых человек воспринимает мир и в которых он изменяет этот мир. Понятия имеют не только теоретический, но и практический смысл, это и формы поведения и указания к действиям, к удовлетворению потребностей, приведших к возникновению этих понятий.

В истории познания важную роль играет память. Память дает возможность преобразования истории знания в логическую форму, возможность фиксации и сохранения существенного. Когда разум открывает суть в множестве эмпирического материала, то он открывает то, что является гомоморфным, то есть то, что имеет в разных проявлениях сходное, общее и что стойко сохраняется в изменяющемся. Категории и законы, отражающие общее, отражают то, что продолжается, что остается идентичным, несмотря на происходящие второстепенные, несущественные изменения. В то время как чувственная память отражает все подробности явления (по крайней мере на короткое время), логическая память опускает несущественное, единичное и случайное и закрепляет в памяти существенное, общее и необходимое. Это выявление и фиксирование гомоморфных подобий дает возможность повышения упорядоченности в человеческом познании. Рост порядка в познании связан с ростом возможности предсказания. Развитие познания опирается на открытие все более глубоких взаимозависимостей явлений. Разнообразие объективной реальности, которое сперва отражалось в познании сильно упрощенно, раскрывается как все более сложный контекст, становится такой сложной упорядоченностью, что оно кажется нашему сознанию в максимальной степени неупорядоченным. Развитие науки означает в первую очередь рост порядка в человеческом

познании, что связано с постепенным ограничением одностороннего и чрезмерного преобладания некоторых сторон познаваемой действительности. Упорядоченность бытия действует на упорядоченность познания, и она в свою очередь изменяется последней, подвергается ее обратному воздействию.

б) Роль субъекта в отображении мира

Для понимания связи между субъектом и объективной реальностью, необходимо осветить роль субъекта в отображении этой реальности. Для развития научного познания характерно, что из нашего представления о мире все более устраняются антропоморфические и наивно реалистические элементы. Об этом свидетельствует, например, развитие астрономического представления о мире за время эпох Птолемея — Коперника — Эйнштейна или развитие от евклидовой до неевклидовой геометрии, причем подобные процессы протекают, собственно говоря, во всех науках.

Одной из основных задач теории познания как раз и является выявление субъективных элементов и исключение их из познания. Одним из первых указал на важность устранения антропоморфических моментов из познания английский философ Фрэнсис Бэкон в своей работе «*Novum organon*». Бэкон перечислил четыре дефекта познания: *idola tribus*, *idola specus*, *idola fori*, *idola theatri*.

Idola tribus — это дефекты, вытекающие из самой человеческой природы и проявляющиеся, например, в упрощенной или в обманчивой информации наших чувств о внешнем мире или в экстраполяции свойств человеческого существа на окружающую среду, которой приписываются понятия простоты, порядка и целесообразности там, где их нет или они хотя и есть, но в другом виде и в другой степени. *Idola specus* вытекают из особенностей человеческого индивидуума, имеющего личные привычки и влечения, приобретенные или врожденные, которые влияют на способ его познания, например, в нем может преобладать характер синтетичности или аналитичности и т. д. *Idola fori* вытекают из языка, так как мы приписываем словам объективную действительность и обращаемся с ними, как с вещами, хотя они яв-

ляются только обозначениями вещей. И, наконец, *idola theatri* являются результатом некритического заимствования чужих взглядов и традиций без достаточной проверки их. Поэтому Бэкон подчеркивает, что при познании люди должны стремиться к точному исследованию, к логической точности, к критичности и к последовательной проверке полученных результатов. Целью стремления ученых должно быть ограничение антропоморфических экстраполяций и достижение познания, очищенного от субъективных элементов.

И современной науке приходится еще вести борьбу с антропоморфической и антропоцентристской концепцией мира. Мы все еще встречаемся в науке с приписыванием точки зрения познающего субъекта исследуемой действительности, с проецированием полученного представления о действительности на саму действительность. Например, классическая физика не учитывала частичных зависимостей наблюдаемых физических явлений от наблюдателя и рассматривала субъект и объект как две вещи, разделенные друг от друга резкой границей. Современная же наука стремится рассматривать субъект не как статический центр, определяющий образ мира, а по крайней мере как нечто динамическое, переплетающееся с объектом во взаимодействии, и влияние которого на отображение мира подлежит всегда устранению в максимально возможной степени. Однако при этом допускают иногда ошибку, опускаясь до полного релятивизма, субъективизма и агностицизма и отрицая объективную базу отображения мира, его абсолютные моменты. Так, с одной стороны, некоторые философы стремятся устранить роль субъекта в наблюдении, но, с другой стороны, они сами приходят именно к тому, чего они стремятся избежать, то есть доходят до субъективизма, до гипостазирования роли субъекта в отображении, так как они исходят из ошибочного понимания некоторых явлений теории относительности и квантовой механики.

Основатель современного субъективизма Джордж Беркли считал, что человек ошибочно допускает отделение вещи от мысли, тогда как вещи будто бы существуют безусловно только в зависимости от субъекта и что они являются только его субъективными отражениями, образами. Воспринятое и наблюденное будто бы ни в какой степени не сходно с невоспринятым и ненаблюден-

ным. Согласно субъективизму, вещи являются только совокупностями различных субъективных отражений, представлений, проекций с различных положений и расстояний, это комплексы явлений, отдельно воздействующих на нас особенностей их сторон, но нет возможности познать и воспроизвести объективную основу этих вещей. И хотя следует признать, что позиция субъективизма правильно подчеркивала роль субъекта в познании, ту роль, которую не учитывали прежние механистические и наивно реалистические подходы к познанию, все же надо указать, что субъективисты односторонне преувеличивали роль субъекта в познании и не считались с тем фактом, что без существования объективной основы невозможны были бы различные способы отображения, в которых всегда имеется и некоторая степень сходства — сходства различных отображений и сходства с объектом, сходство, правильное выявление которого подтверждается практикой и которое свидетельствует об объективных моментах, что дает возможность создавать модель, надежное отображение объективного предмета.

Современные субъективистские и идеалистические философы и физики стремятся подкрепить старую концепцию Беркли аргументами из современной науки. Так, например, Ганс Рейхенбах¹ утверждает, что нельзя определить ненаблюдаемые объекты: если мы, например, отворачиваемся от созерцавшегося нами дерева, то мы будто бы можем с полным основанием говорить, что это дерево исчезло или что оно расщепилось и т. д. Согласно Рейхенбаху, наблюдение изменяет объект и вообще законы природы. Неизменное существование ненаблюдаемого объекта будто бы вообще даже вероятно не гарантировано. Следовательно, можно ненаблюдаемый объект интерпретировать множеством различных способов. Система описания, применявшаяся классической физикой, предполагавшая одинаковое действие законов природы в отношении как наблюдаемых, так и ненаблюдаемых объектов, является, согласно теории современных субъективистских и идеалистических философов, будто бы только более простой, но не более истинной, чем другие системы описания. К этому следует добавить, что,

¹ См. H. Reichenbach, *Philosophische Grundlagen der Quantenmechanik*, Basel, 1949.

хотя указания Рейхенбаха на то, что нельзя постичь вещи в себе в их чистом виде, что нельзя от познания отделить факт вмешательства субъекта, сами по себе правильны, все же, признав это, ни в коей степени нельзя опускаться до огульного отрицания существования объективной основы наблюдения, являющейся константной и подчиненной законам природы. Между объектами ненаблюдаемыми и наблюдаемыми, между вещами в себе и явлениями нет резких границ, как это, собственно говоря, признает и Рейхенбах, а есть только свободные переходы.

Физические идеалисты в этом же духе утверждают, что бытие означает бытие измеренное, что все зависит только от выбора условий наблюдателем, что, например, наблюдаемая микрочастица не существует объективно, а траектория ее возникает только потому, что мы наблюдаем ее, и т. п. Поэтому предметом науки являются будто бы не объективные предметы, а наши познания о них, наши отображения их, человек будто бы встречается в науке только с самим собой. Атом будто бы не имеет сам по себе геометрических и физических свойств, а имеет их только в той степени, в какой они сделаны доступными вследствие вмешательства наблюдения. Здесь в новом виде воскрешаются положения Беркли, что бытие есть только бытие воспринятое, что субъект создает мир.

Иногда преувеличение роли наблюдателя принимает такую форму, что утверждают, будто между субъектом и объектом можно провести разрез любым способом и что субъект может быть замещен даже наблюдательным аппаратом. Физические объекты рассматриваются как многозначные и поэтому только символически, так как наблюдение будто бы всегда означает совершенно неподдающееся контролю вмешательство. Например, Вейцзекер¹, рассматривает объект, не подвергающийся в данный момент наблюдению, только как предположительный, и даже заявляет, что нельзя говорить об устранении объекта вмешательством наблюдателя, так как объект не имеет объективного существования. При вмешательстве речь будто бы идет только о замене старых условий эксперимента новыми.

¹ См. V. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, Leipzig, 1944.

Согласно Джону фон Нейману¹, у микроявлений существует определенное распределение вероятностей, одно из которых и выбрано при наблюдении, то есть вмешательство означает выбор из многих возможностей. Здесь предвосхищено представление теории информации о выборе сообщения из комплекса возможных сообщений. Это сообщение, конечно, не создано только субъектом, хотя оно им воспринимается; сообщение должно иметь какой-то объективный источник.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга ни в какой степени не говорит против объективного существования вещи. Если возможны два комплементарных (дополняющих друг друга) описания микроявлений, то это не означает, что наши описания произвольны, а говорит только о диалектическом характере этих явлений, которые нужно и описывать противоречивым способом. Кроме того, познание означает больше чем само наблюдение, так как оно имеет в своем распоряжении опыт, дающий возможность судить и о ненаблюдаемом, о недоступном, о прошлом и о будущем.

Невозможность одновременного познания комплементарных явлений связана с невозможностью мгновенного познания, каковая невозможность аналогична невозможности мгновенного воздействия. Передача информации в познании и передача энергии при воздействии связаны с предельной скоростью света. Например, причинная зависимость как раз и связана с течением времени, с различием во времени между причиной и следствием. На эту зависимость можно было бы смотреть, как на канал передачи энергии, где различие между причиной и следствием связано с различием их энергий при сравнении перед и после причинного процесса. Представляется, что это причинное воздействие, понимаемое как канал передачи энергии, можно было бы детальнее объяснить с помощью теории информации. Полное и точное познание причинной связи возможно было бы только при бесконечно малом различии между причиной и следствием, различии настолько малом, что причина и следствие стремятся к тождественности, включая бесконечно малое раз-

¹ См. J. v. Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932 (русск. перев.: И. фон Нейман, *Математические основы квантовой механики*, Изд-во «Наука», 1964).

личие в интервале времени, стремятся к одновременности. Ибо если мы понимаем определенную причинную связь как выбор, как часть бесчисленных причинных пространственно-временных зависимостей, то требованием полного и точного определения причинности будет либо постижение всей этой зависимости, либо, наоборот, эта часть будет настолько мала, что она будет стремиться к одновременности, простоте и тождественности причины и следствия.

Аналогично обстоит дело и с каналом передачи информации при наблюдении, когда источник сообщения можно считать причиной, а конечную информацию — следствием. При этой передаче происходит задержка во времени¹. Мы могли бы предположить, что абсолютное использование пространства передачи сообщения означало бы получение мгновенной информации без задержки во времени. Полное использование пространства передачи сообщения означает в теории информации достижение максимальной экономичности передачи, что однако недостижимо². Участие субъекта в наблюдении и в познании вообще означает, что образ, описание наблюдаемого объекта не может быть тождественным с самим объектом, субъект совершает при наблюдении какое-то вмешательство в объект, совершает выбор определенных сторон объекта, изменяет энергетические условия и не может познать ситуацию на стороне объекта мгновенно и одновременно.

Современная наука стремится к анализу роли субъекта в процессе познания и к ограничению субъективных элементов в отображении мира. Субъективные идеалисты односторонне преувеличивают роль субъекта в наблюдении и доходят даже до отрицания объективной базы наблюдения. В процессе познания субъект создает, конечно, своим вмешательством противоречие между собой и объектом, и в известной мере изменяет и сам объект, который, несмотря на это, остается объективно реальным и

¹ Кроме того, расход энергии при вмешательстве наблюдателя означает, как будет показано в главе IV, возрастание общей энтропии системы наблюдатель—объект; однако, с другой стороны, это приводит к получению информации, которое повышение энтропии несколько ограничивает.

² К этой проблеме мы еще возвратимся в главе III при анализе понятия избыточности.

относительно константным. Явление комплементарности в физическом наблюдении следует считать отражением объективной противоречивости мира, а не пределом познания, как это делают собственно, в согласии с Кантом, объективные идеалисты.

в) Объективная реальность

Чтобы правильно понять суть познания, необходимо также правильно понимать, что подразумевается под объектом познания — объективной реальностью — и каково отношение между этой реальностью и субъектом. Отображение мира, являющееся результатом процесса познания, означает создание какой-то модели мира или его части. В понятие мир мы включаем объективную реальность, всю материю во всех ее разнообразных формах. Следовательно, это, например, не только Вселенная астрономов или Природа биологов, а мир, изучаемый всеми этими науками, и включающий в себя и самого изучающего его человека. Если же мы включаем в понятие мира и само человеческое познание, отражающее этот мир, то что же делать с субъективным отображением мира и с субъектом, создающим это отображение и находящимся в процессе познания перед объективной реальностью? Как мы уже говорили в начале настоящей главы, гносеология производит разделение мира на субъект и объект, с онтологической точки зрения, объединяющей эти противоречия. С онтологической точки зрения мы рассматривали бы мир как мир отображаемый плюс отображение этого мира. Это отображение не находится вне мира. Мир не статичен. Он изменяется и развивается. Процесс отображения мира является его составной частью, а результатом процесса отображения является факт отображения и образ мира. Тем, что производится и совершенствуется научное отображение мира, наука способствует развитию общества, а этим в конце концов и развитию мира вообще, то есть она способствует постепенному достижению более высокой формы упорядоченности материи. Ведь если мы рассматриваем человеческое сознание и познание как высшую форму движения наиболее высокоорганизованной материи — человеческого мозга, то развитие познания означает дальнейшее повышение организованности и упорядоченности этой ма- w

терии. Это особенно отчетливо проявляется, например, при революционных научных открытиях, имеющих практические результаты для человеческого общества. Актом истинного познания мы вмешиваемся в мир, изменяем его, способствуем его развитию и изменяем его упорядоченность (при этом мы понимаем познание в тесной связи с социальной практикой).

Диалектический материализм рассматривает познание как активный процесс, как преобразование внешних явлений в познанные факты, как результат противоречия между субъектом и объектом. Объектом может быть и само отображение, если, например, оно изображается на уровне другого типа. В акте отображения участвует какой-то объект в качестве оригинала и отображающий субъект, обладающий определенным способом отображения, обусловленным законами восприятия и мышления и накопленным запасом знаний. Результатом этого акта познания является создание определенной модели оригинала. Естественно, что этим оригиналом в данном акте не может быть и будущая модель, которая лишь подлежит созданию. Что именно мы рассматриваем как оригинал и что как изображение, как модель оригинала — это зависит от подхода и от данных условий. Если, например, мы принимаем за оригинал мир, то мы должны принимать за изображение его, например, информацию о мире, содержащуюся в какой-то энциклопедии, а также информацию, хранящуюся в голове какого-то ученого. Отображение может образовывать шкалу с рядом ступеней. При этом сама энциклопедия не находится вне мира, а относится к его совокупности. Здесь мы имеем дело с проблемой, аналогичной известному парадоксу с каталогом всех каталогов, не содержащих самих себя: если бы этот каталог относился к каталогам, не содержащим самих себя, то он содержал бы себя; если бы он относился к каталогам, содержащим себя, то он бы себя не содержал, то есть, следовательно, он и содержал бы себя. Подобно этому, если бы все вещи в мире были отображены какими-то моделями, не отображающими самих себя, и если бы эти модели были в свою очередь отображены другими моделями, то мы бы дошли до модели всех моделей, не отображающих себя, то есть не являющихся моделями себя самих; эта модель отображала бы и не отображала бы саму себя, то есть она относилась

бы к моделям, не являющимся моделями самих себя, но также и к моделям, являющимся моделями самих себя, она была бы одновременно отображающей и отображаемой; иначе говоря, субъектом и объектом. Типовое правило Рассела объясняет эти парадоксы так, что всегда необходимо различать типовой уровень, то есть различать, идет ли речь об элементе, классе элементов, классе классов и т. д. Поэтому упоминаемую модель всех моделей можно было рассматривать с этой точки зрения как класс высшего типового уровня.

Различие между объектом и субъектом, между миром и познанием этого мира, можно было бы, таким образом, с этой точки зрения считать различием в типовых уровнях. Необходимость существования различия между субъектом и объектом представляет собой не предел, а условие познания. Эта необходимость является залогом постоянного существования чего-то пока еще не познанного, но, конечно, отнюдь не непознаваемого. Ликвидация различия между субъектом и объектом означала бы как раз ликвидацию познаваемости, конец познания; вопрос познаваемости или непознаваемости чего-то теряет свой смысл там, где нет смысла говорить о познании. Взаимосвязь противоречивых сторон субъект — объект, познание — объективная реальность, конечно, изменяется с развитием познания. Мы рассматриваем познание как моделирование одной системы другой системой, то есть моделирование объективной реальности субъектом. Речь идет о моделировании открытой системы — бесконечной и изменяющейся объективной реальности относительно конечной и относительно замкнутой системами субъективного отражения. Конечно, если мы рассматриваем познание во времени, в развитии, то и тут речь идет об открытой системе. Поэтому мы говорим об относительной, а не об абсолютной замкнутости; кроме того, необходимо учитывать, что субъект сам является составной частью открытой системы материального мира. Объективная реальность образует сложную упорядоченную систему, отображаемую познанием как менее упорядоченной системой (мы имеем в виду огрубленный образ). Рост человеческого познания способствует развитию мира, то есть мир становится в результате роста человеческого познания все более упорядоченным, «более разумным» (изменяется упорядоченность мозга и посредством прак-

тики изменяется упорядоченность объекта); и хотя в этом процессе естественно возрастает и упорядоченность познания, степень упорядоченности мира всегда превышает степень упорядоченности познания, приближающуюся к первой (упорядоченности мира) только асимптотически. Познаваемость мира основана на возможностях познания. В процессе познания эта «возможность» (возможность познания мира) осознается как действительное, то есть связи, существующие в объективной реальности как действительные, существуют как возможные относительно их познания и осознания человеком. Кроме того, объективной реальности присущи и возможные связи, не существующие реально, в данный момент и в данном месте. Например, в объективной реальности может или не может идти дождь: дождь может в определенное время быть либо действительно существующим, либо лишь только возможным; если я, например, нахожусь с завязанными глазами и заткнутыми ушами в закрытом помещении, то идущий на улице дождь не существует для меня актуально, а лишь потенциально. То, что этот дождь реально существует, опирается на какое-то его актуальное, причинное воздействие и, конечно, не обязательно, чтобы речь шла о воздействии именно на данный воспринимающий человеческий субъект (гносеологическом воздействии), речь может идти и о воздействии на что-то другое, способное отражать, например на глину, всасывающую влагу и т. п. (онтологическое воздействие).

Если мы рассматриваем познание как отображение мира, отображение системы объективной реальности субъектом, то необходимо четко определить характер этого мира. Если мы понимаем мир как совокупность существующего, то нужно сказать, что само существующее при всем своем единстве является также разнообразным, ступенчатым, имеющим диапазон от потенциального до актуального существования. Например, закономерность, которая в данное время не действует, то есть реально не проявляет свое действие, все же не перестает вследствие этого существовать. Следовательно, в понятие мира необходимо включить наряду с актуальной (реально существующей, проявляющей свое существование) действительностью также и возможность, и аналогично этому нужно в это понятие включить наряду с узко понимае-

мым настоящим, как «именно в данное время», и прошлое, которое в настоящее время диалектически отрицается и одновременно принимает участие, а также будущее, которое в настоящем виртуально — пусть только лишь вероятно — содержится. Таким образом, настоящее не безразмерно, мгновенно, а имеет различный размер, диапазон в зависимости от его связи с прошлым и будущим. Следовательно, мир включает в себя все пространственно-временное бесконечное во всех разнообразных формах и ступенях качественной упорядоченности, включая бесконечно малое и потенциальности. Под понятием «мир» в онтологическом смысле следует подразумевать материю, развивающуюся, противоречивую, единую, бесконечную в пространстве и во времени, включая бесконечно малое и бесконечно разнообразное. Эта совокупность всех его свойств, проявлений и закономерностей, способов существования и форм движения, существующих не только в данный момент, но и потенциально, и представляет разнообразие объективной реальности. Следовательно, к понятию «мир» относится и наиболее высокоорганизованная материя с ее проявлениями — сознанием, мышлением и познанием. Объективная реальность имеет не только чувственно наглядный характер, но и логический характер, отраженный нашим мышлением.

За время существования человеческого общества в мире не произошло каких-либо кардинальных изменений физических, химических и биологических закономерностей, хотя происходили и происходят физические, химические и биологические изменения в рамках этих закономерностей (изменения астрономические, геологические, изменения живой природы). Однако за это время произошли существенные новые социальные и психические изменения, проявили свое действие закономерности, которые, конечно, в потенциальном виде существовали и раньше. Источник сообщений, объект познания, объективная реальность существуют, следовательно, в основном в сравнительно неизменном виде, основные закономерности объективной реальности (закономерности геометрические, математические, физические, химические, биологические, физиологические) были и во все большей степени становятся познаваемыми; конечно, уровень познания их зависит от уровня развития общества. В ходе развития познания и развития общества изменялись спо-

соб жизни, упорядоченность социальной и психофизиологической структуры. С развитием познания (под которым мы понимаем, наряду с познанием органами чувств и разумом, также и внедрение теоретических познаний в практику) мы во все большей степени познаем физические, химические и биологические закономерности мира и лучше овладеваем ими. С развитием познания изменяются и развиваются закономерности наивысшей формы движения — психического и социального. Можно было бы сказать, что со времени возникновения человека мир развивается в направлении достижения все более высокого качества в той степени, в которой изменяется познающий субъект — человеческое общество (при этом мы исходим из того, что во Вселенной не существует более высокоорганизованного живого существа, чем человек; поскольку мы не знаем ничего более высокого, чем человек, то естественно, что при своей оценке мы обязаны исходить из человека). Поскольку в онтологическом смысле субъект относится к объективной реальности, то в ходе развития познания он, наконец, познает и самого себя, познает психологические и социальные закономерности и получает знания и о самом познании.

С развитием познания убывает мера неистинности и неопределенности в познании и, наоборот, возрастает мера истинности и определенности. В следующей главе мы осветим понятие информации, означающее как (в качественном смысле) сообщение, образ объекта, объем содержания познания, так и — что разработала как раз теория информации — (в количественном смысле) меру определенности в передаваемом сообщении. Таким образом, можно сказать, что с развитием познания растет и информация¹. Рост информации в ходе развития познания возможен благодаря накоплению опыта, то есть сохранению сведений, полученных в прошлом. Мы будем пользоваться здесь понятием «память», но не в узком психологическом смысле его, а главным образом в гносеологическом и социальном смысле, как запас общественных знаний, социальный, общественный опыт, общественное знание. (Основой человеческой памяти является способность к отображению всей материи вообще, что

¹ Здесь (и далее) речь идет об увеличении количества информации. — *Прим. ред.*

приводит на высших уровнях развития к сохранению достигнутой степени упорядоченности и дает возможность дальнейшего развития; это связано и с отображением и с хранением информации.)

Память, фиксирующая прошлое, расширяет наши воззрения на мир, обогащает познанное нами настоящее, расширяет непосредственность нашего настоящего, благодаря чему мы рассматриваем и истолковываем существующие вещи и явления не только с точки зрения их настоящего, но и с учетом того, как они развивались раньше и как они будут развиваться в будущем. Память преобразует историческую последовательность в логическую последовательность, изменяет последовательное в синхронно-структурное. История познания сохраняется в структуре человеческого мозга и человеческого знания. Под действием памяти изменяется характер сферы передачи сообщений, то есть различаемость в так называемом гносеологическом канале, что дает возможность все более глубокого познания. Гносеологический канал является промежуточной средой между источником и получателем сообщений; запас информации получателя имеет не только пассивный характер, он активно влияет на способ познания, на способ получения сообщений, повышает уровень различения принятых сообщений. В процессе познания человек накапливает все большее количество информации, которая консервируется и конденсируется в памяти. Фиксирование всей информации об объективной реальности, конечно, невозможно, так как бесконечность источников сообщений — объективной реальности — и неустранимость различия между субъектом и объектом приводят к тому, что в изображении всегда имеется некоторая степень неопределенности, которая в ходе развития познания только асимптотически снижается. Эта неопределенность в наших знаниях и наших сведениях является источником и последствием противоречий между субъектом и объектом и силой, движущей наше познание все далее вперед.

* * *

Понятия «информация», «энтропия», «информационный перепад», «разнообразие» и «ограничение разнообразия», рассмотренные в настоящей главе только предва-

рительно, исследуются детально теорией информации, дающей возможность математического описания процессов передачи сообщений и точного выражения неопределенности в отображении. К основам теории информации мы обратимся в следующей главе. Теория информации исследует, конечно, пока что преимущественно количественную сторону информации, и она является для теории познания вспомогательной наукой (однако это не означает, что теория информации подчинена теории познания). Сложная зависимость между субъектом и объектом делает гносеологический канал настолько сложным, что его нельзя описать только средствами теории информации. Математическая теория информации исследует преимущественно вопросы формальной структуры сообщения (конечно, не исключая качественного аспекта, к которому она также стремится) и простых информационных каналов преимущественно технического характера. Наряду с использованием достижений теории информации для теории познания остается важным и использование научных достижений психологии, физиологии высшей нервной деятельности и других наук, причем основным методом теории познания остается собственно гносеологический анализ, использующий диалектические методы.

III. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

1. ПОЗНАНИЕ КАК ПОЛУЧЕНИЕ СООБЩЕНИЙ

При анализе процесса познания можно использовать ряд понятий, разработанных теорией информации и кибернетикой вообще. Результатом процесса познания является создание модели объективной реальности, воспроизведение ее по тем данным, которые мы смогли о ней получить. Таким образом, мы могли бы рассматривать объективную реальность, как «black box», так называемый «черный ящик»: нам неизвестно, как он выглядит внутри, мы знаем только его вход и выход. Таким «черным» ящиком является для человека, ничего не знающего о структуре радиоприемника, этот аппарат, о котором человек может судить только по тому, какой выход следует после определенного входа. Человек постепенно накапливает опыт, например, замечает, что при вращении определенных ручек радиоприемника происходят такие-то и такие-то изменения на выходе его, изменяется, например, сила звука, характер воспроизведения и т. п. Итак, постепенно может совершенствоваться мнение радиослушателя о структуре и функции его радиоприемника. При этом важное значение приобретает, конечно, то, какие знания имеет он в области физики, техники и т. п. Примитивный дикарь, например, будет видеть в радиоприемнике волшебный ящик, будет объяснять этот «black box» фантастически, будет видеть в нем действие каких-то сверхъестественных сил, скрытого демона и т. п. Аналогично обстоит дело с подходом человека к объективной реальности вообще. От его опыта, обусловленного уровнем развития человеческих знаний, зависит, как он

себе представляет и объясняет структуру и функции объективной реальности. Входом здесь можно считать человеческую деятельность, в первую очередь практическое преобразование природы, вмешательство в природу. Природа «отвечает» какой-то реакцией, каким-то выходом на то, что человек прикасается рукой к огню, чиркает спичку, роняет стакан на пол и т. д. По результатам этого мы еще с детства создаем свое впечатление, представление о природе, создаем свою модель объективной реальности. Аналогично создается образ, представление мира по мере развития человечества. Однако входом здесь следует считать не только материальную, практическую, центробежную, «пусковую» деятельность. И само познание, «информационная» деятельность является преобразованием, вмешательством в природу, которое бывает отчетливо видным лишь в исключительных случаях, например, при наблюдении физических микроявлений. Речь может идти и о преобразовании бессознательном, неактивном. Однако акт познания всегда связан по крайней мере с каким-то объективным физиологическим изменением. Входом я могу считать и то, что я открываю глаза: на сетчатую оболочку моих глаз начинает падать извне свет, это информирует меня об объективных предметах, что в данном случае аналогично вращению электрического выключателя или ручки радиоаппарата. Таким образом, в процессе познания имеет место обратная связь между субъектом и объектом в виде входа и выхода. В процессе познания мы получаем непрерывную информацию о том, каково различие между действительным состоянием объекта и нашим представлением о нем. Если я, например, протягиваю руку, чтобы взять карандаш, возникает серия обратных связей, сигнализирующих о том, каково положение карандаша, на каком расстоянии он находится от моей руки, и придание руке нужного положения регулируется в зависимости от этих данных.

Аналогичный процесс регулирования, основанный на предсказании, осуществляется в процессе познания. Входная информация о состоянии объекта преобразуется, трансформируется через прежний опыт в выходные сигналы — практическую деятельность, — посредством которых мы воздействуем на объект, а отклонения непрерывно корректируются в развитии познания и прак-

тической деятельности¹. Если в некоторых случаях отклонения увеличиваются, то имеет место положительная обратная связь, незатухающие колебания, свидетельствующие о неправильном, ошибочном познании. Тогда нужно снова восстановить отрицательную обратную связь, ведущую к уменьшению отклонений, к подавлению колебаний, которые, конечно, в случае познания приближаются к полному выравниванию только асимптотически, то есть достигается все более высокая степень гомеостазиса, но нет возможности достижения абсолютно конечного, совершенного, насыщенного гомеостазиса.

Процесс познания можно было бы также рассматривать, например, под углом зрения математической теории игр. Игры различаются по числу игроков (один, два или больше), по числу возможных ходов (бесконечное или конечное число ходов), бывают игры со случайностями и без случайностей, игры с полной информацией и без полной информации противника. Например, в шахматы играют два игрока, число ходов здесь бесконечное (если дело не доходит до циклической концовки): начинается всегда с одной и той же начальной системы (в отличие от карт, где в результате тасования может иметь место совершенно случайное начальное распределение), — случайность здесь, конечно, обусловлена множеством возможных комбинаций в ходе игры, что затрудняет предсказывание положения игроками; конечно, здесь имеется информация о поведении партнера, выражающемся его ходом (но нет информации о его замыслах), в отличие от игры, например, в «морскую битву». Аналогично этому можно и процесс познания рассматривать как игру между двумя партнерами — субъектом и объектом; субъектом можно здесь считать либо человеческий индивидуум, либо совокупность этих индивидуумов — человеческое общество, а объектом можно считать отдельную вещь или всю объективную реальность в ее совокупности. (Противник не обязательно должен обладать сознанием, он должен только иметь

¹ Следует подчеркнуть, что то, что мы принимаем за вход и за выход — это относительно, на эту систему можно смотреть и наоборот. Входом может быть восприятие, а выходом — поведение, или, наоборот, входом может быть какая-то информация, а выходом — информация об изменении объекта в результате этой операции.

возможность изменять вероятность ответа своего партнера, как, например, искусственный шахматист, теннисная учебная стенка и т. п.) Предположим, что число «ходов» при развитии всего человеческого познания бесконечно, хотя в отдельных «партиях» оно может быть и конечным. Представляется, что вполне возможно исходить из постоянства действия законов природы, по крайней мере в наших условиях изменчивость действия этих законов во времени так мала, что ею можно пренебречь. Единственным проявлением «коварства» природы можно считать то, что в то время как в познающем субъекте нарастает информация и убывает энтропия (мера неопределенности и неупорядоченности), в природе, наоборот, возрастает энтропия, по крайней мере если мы имеем в виду ограниченную Солнечную систему, а не всю Вселенную, в частях которой происходят противоположные процессы, как, например, возникновение звезд и т. д. Таким образом, человек находится перед лицом природы в каком-то «цейтноте», то есть для того, чтобы он сохранился, его информация должна нарастать раньше, чем Солнце начнет охлаждаться, так чтобы он мог обеспечить себя другими источниками энергии. В этой «игре» много случайностей, но нет незакономерностей — на одни и те же наши выходы природа реагирует всегда одинаково, хотя наше предсказание ограничено данным уровнем познания. Полную информацию мы всегда будем иметь лишь об определенном состоянии противника, информация же о будущих «ходах» зависит от нашего опыта и нашей способности к предсказанию. Аналогию с теорией игр — так же как и аналогию с «черным ящиком» — можно было бы развивать дальше, но у нас нет такой надобности, ибо мы прибегли к этой аналогии лишь для иллюстраций возможных аналогий в кибернетике.

Прежние теории познания исходили из того, что мы можем до конца познавать объекты, что можно получить о них полную информацию. Так представлял себе это, например, Лаплас. Демон, знающий все о действительности, мог будто бы что угодно предсказывать. Современная наука все лучше уясняет положение, что наше познание объективной реальности имеет вероятностный характер: сведения об объектах образуют какой-то макроразмер, по которому можно судить о микроуровне действительности с определенной степенью приближен-

ности, которая повышается, понижая таким образом неопределенность познания. Приближенность в познании объективной реальности можно точно исследовать, как зависимость различных степеней разграниченности. Это исследование стало возможным благодаря появлению современных математических методов. В то время как прежние теории познания ограничивались чисто философскими методами, а позднее — не более как методами психологическими, логическими и естественнонаучными, современная теория познания начинает прибегать к применению математических методов.

Способ такого математического исследования в теории познания дает нам в руки теория информации, являющаяся математическим обобщением современной техники связи и использующая в первую очередь современную теорию вероятности. Сведения можно рассматривать как сообщения об объективной реальности. И теория информации стремится математически описать переданные сообщения или информацию, то есть физическое, а не семантическое содержание сообщения. Теория информации содержит несколько подразделов, данные которых имеют общее значение и для теории познания. Сюда относится прежде всего теория сигнала, исследующая математический характер и структуру физических сигналов, посредством которых передаются сообщения, занимающаяся вопросом приведения сигналов к простому выбору между двумя состояниями — положительным и отрицательным, — исследующая спектр частот и амплитуду сигнала. Теория передачи информации исследует трансформацию сигнала в ходе его передачи, характер влияния помех, возможность их ограничения, вопросы модуляции сигналов, так называемой пропускной способности информационного канала и т. д. Теория кодирования исследует вопросы преобразования сообщения в передающие сигналы, общий характер алфавитов кодов, способы отображения сообщения, стремится найти оптимальные коды для различных условий передачи. С теорией информации связаны также такие дисциплины кибернетики, как теория предсказания, теория игр, теория математических машин, теория управления и теория автоматических систем; теория информации используется также вместе с теорией управления в биологии и науках об обществе, где организмы и обще-

ство исследуются как кибернетические саморегулирующиеся системы, перерабатывающие информацию. Это все новые области, имеющие большое значение для философии и для ее теории познания.

В настоящее время классическая гносеологическая проблематика связана с точными методами исследований, предоставляемыми ей математической логикой, кибернетическим моделированием и теорией информации. Понятия теории информации, как, например, информация, энтропия, шум, канал передачи сообщений и т. д., можно успешно использовать и в гносеологии. Чтобы получить возможность использовать эти понятия, необходимо в данной части нашей работы осветить основные понятия теории информации. Теория информации имеет в настоящее время общее значение для ряда научных дисциплин, и ее достоинство состоит в том, что она работает со значительной степенью точности. Она дает возможность точного количественного выражения источника сообщения, меры информации, пропускной способности канала, шума и т. д. Эта точность является, конечно, также и идеалом теории познания, которая может, пользуясь понятиями теории информации, считать процесс познания процессом получения сообщений об объективной реальности и попытаться математически описать этот процесс.

2. ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ ПО КАНАЛУ СВЯЗИ

а) Канал связи

Предметом теории информации является прежде всего изображение и описание так называемого информационного канала, канала передачи сообщений. В общем виде можно изобразить этот канал следующим образом:

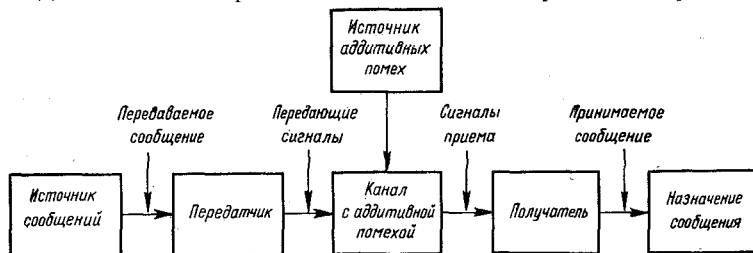


Рис. 1. Канал передачи сообщений.

Источник информации выбирает требуемые сообщения из множества возможных сообщений. Передача сообщения означает выбор определенного символа или определенных символов из множества возможных символов (из запаса символов источника, то есть так называемого алфавита) на стороне источника и преобразования этих символов в передаваемые сигналы. Элементами этого алфавита могут быть либо дискретные символы, какими являются, например, буквы, цифры, азбука Морзе, либо непрерывные символы, какими являются высота тона, амплитуда колебаний и т. п. Алфавит символов, из которых состоит сообщение (называемое в теории информации также «словом»), имеет алфавит (набор) физических сигналов, в которые сообщения преобразуются, кодируются при передаче. На стороне приема имеется аналогичный алфавит символов, из которых на основе полученных физических сигналов выбирается принятое сообщение. Передача информации основана на отличительности, то есть она возможна благодаря наличию множества альтернатив, представляющих собой множество различных символов и сигналов. Источник образует сообщения путем последовательного выбора определенных знаков из алфавита символов и преобразования их в сигналы, а на стороне приема принятые сигналы выбирают соответствующие знаки из алфавита приемной стороны, иначе говоря, переданные сигналы содержат в себе инструкции для выбора на стороне принимающего, причем эти сигналы могут быть искажены аддитивными помехами, то есть шумом, действующим на канал передачи. Информация относительна, так как она зависит от различия между неуверенностью принимающего перед приемом и после приема.

При телефонной передаче источником сообщения является говорящее лицо, сообщение состоит из высказанных слов, передатчиком является микрофон, в котором звук преобразуется в изменяющийся электрический ток, представляющий передаваемые сигналы. Каналом является здесь провод¹. В телефон получателя приемные сигналы поступают уже искаженным шумом физическо-

¹ В более широком смысле слова каналом является, собственно говоря, вся коммуникационная цепь, так как помехи или шум, вызывающие искажение сообщения, действуют не только при течении тока через провод. Шум зависит также и от отчетливости выгова-

го характера, то есть техническим шумом. Здесь эти сигналы снова преобразовываются в звук, в принятые сообщения, которые затем известным образом определяются, то есть смысл сообщения воспринимается получателем с большей или меньшей степенью правильности в зависимости от действия семантического шума. К этому каналу следует отнести и ухо, слуховой нерв и слуховой центр слушателя. В телеграфной передаче написанные слова кодируются в последовательность прерывистых электрических токов различной длины (тире, точки, короткие и длинные промежутки). В радиопередаче каналом является пространство, через которое распространяются электромагнитные волны, а сигналом является модулированная электромагнитная волна.

Мейер-Эпплер¹ различает несколько типов коммуникационных цепей:

1. *Наблюдательная коммуникационная цепь.* Здесь речь идет об односторонней коммуникации, где сигналы передаются от источника к наблюдателю в одном направлении. Здесь источник может сам передавать сигналы (это имеет место, например, в отношении Солнца), или он может только отражать сигналы, например в случае освещенного предмета или эха. Наблюдатель может также сам посылать сигналы, которые возвращаются к нему измененными наблюдаемым объектом, как это делается, например, в радарных устройствах.

2. *Диагностическая коммуникационная цепь.* Это особый случай наблюдательной коммуникационной цепи, когда источником сообщений является живое существо. Если сигналы образуются живым существом, то интерпретация этих сигналов наблюдателем имеет характер диагноза, а свойства сигналов имеют характер симптомов.

3. *Языковая коммуникационная цепь.* Эта цепь уже не односторонняя, отправитель сообщения является одновременно и получателем и наоборот. Передаваемый

риваемых слов, от качества телефонных аппаратов, передающих и принимающих сообщение, от качества слуха принимающего сообщение и от его способности уловить смысл сообщения, что обусловлено его опытом и интеллектуальным развитием, а это в свою очередь связано с семантическим шумом, касающимся определения смысла сообщения в отличие от технического шума, касающегося передачи сообщения.

¹ См. W. Meyer-Eppler, Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie, Berlin, 1959.

сигнал является носителем языковых функций, и он относится к определенным объектам, причем это отнесение предполагает обоюдное согласие участников. Запасы знаков обоих участников связи должны иметь достаточное количество общих элементов. Получатель судит о сообщении отправителя также, например, по тембру его голоса и т. п.

4. *Внешний контур обратной связи.* Отправитель наблюдает и контролирует не только свой процесс производства сигнала, но и продукт этого процесса, который контролируется адекватным органом чувств.

5. *Нарушенная коммуникационная цепь.* Коммуникационная цепь представляется здесь наиболее сложной, если речь идет о языковой связи при существовании внешнего контура обратной связи при действии помех. У отправителя и у получателя могут иметь место помехи центрального действия (погрешности в мышлении и понимании), или вследствие периферийных неполадок производства сообщения (погрешности в выражении и в произношении слов). Далее могут иметь место помехи (неполадки при обратном сообщении и помехи на пути физического переноса сообщения, недостаточная степень овладения в инвентарях символов у отправителя и у получателя и т. д.

6. *Канал с метаязыком.* При описании коммуникационного канала внешним наблюдателем он использует так называемый метаязык, отличающийся от языка отправителя и получателя (объектный язык). Это еще более усложняет коммуникационную цепь. Черри¹ изолировал такой канал следующим образом:

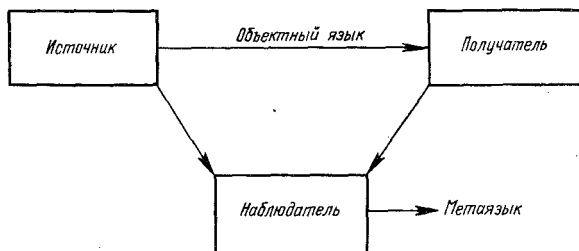


Рис. 2. Канал с метаязыком (по Черри).

¹ См. С. С. Cherry, *Communication Theory and Human Behavior*, «Studies in Communication», London, 1955, p. 50.

6) Информация

Теория информации стремится количественно выразить физическое содержание переданного сообщения как меру определенности в переданном сообщении, то есть информации¹. Впервые к этому прибег Кюпфмюллер в 1924 году, выразивший это содержание следующим образом:

$$k = BT,$$

где T означает продолжительность сообщения, преобразованного в сигналы, а B — потребную ширину полосы частот сигналов, то есть диапазон от самой низкой до самой высокой из использованных частот при передаче сообщения по каналу. Величины T и B обратно пропорциональны, то есть при большей продолжительности передачи может сузиться полоса частот и наоборот, причем без изменения количества информации.

В 1928 году Хартли ввел третий размер, то есть амплитуду². Согласно Хартли, для передачи сообщения и для структуры сигнала важное значение имеет различие в амплитуде, повышающее разнообразие, различимость канала передачи. Информация, по Хартли, выражается следующим образом:

$$I = 2BT \log_2 s = 2BT n \text{ битов},$$

где B — ширина полосы частот, T — длительность передачи сообщения, а s — число поддающихся различению ступеней амплитуды, двоичный логарифм которого равен n битов, двоичных единиц информации³. Ширину полосы частот Хартли выражает следующим образом:

$$B = \frac{1}{2\tau_0},$$

¹ Слово «информация» здесь используется также и в качественном смысле как синоним слова «сообщение».

² См. R. V. Hartley, Transmission of Information, «Bell. Syst. Tech. Journal», Vol. 7, 3, p. 535. (Русск. перев.: Р. Хартли, Передача информации, сб. «Теория информации и ее приложения», М., 1959.)

³ Слово «бит» является сокращением английских слов «binary digit» и означает элементарную единицу информации (1 бит = $\log_2 2$), равную двоичному логарифму двух, то есть логарифму с

где t_0 — продолжительность одного двоичного шага. Информационное содержание сообщения можно выразить с помощью трех координат: $2B$, T и n .

В 1949 году Шеннон¹ усовершенствовал формулу информации. В то время как Хартли считал выбор сообщения из множества проблемой в основном психологической, Шеннон считает эту проблему чисто статистической. Количеством информации он считает энтропию, являющуюся мерой неопределенности в каком-то сообщении, которая после приема сообщения устраняется в той или иной степени, так что она выражает и меру полученной информации. Эта энтропия соответствует больцмановскому выражению термодинамической энтропии, и ее можно математически выразить с помощью теории вероятности следующим образом.

Система случаев A_1, A_2, \dots, A_n полна, если всегда наступает именно один из этих случаев. Их вероятность можно обозначить в виде p_1, p_2, \dots, p_n . Сумма этих вероятностей равна единице. Так называемая конечная схема получается тогда, когда дана полная система случаев и их соответствующие вероятности. Эта схема описывает какое-то состояние неопределенности. Общая формула конечной схемы такова:

$$A = \begin{pmatrix} A_1, A_2, \dots, A_n \\ p_1, p_2, \dots, p_n \end{pmatrix}.$$

основанием 2. Количество информации зависит от выбора сообщения и измеряется логарифмом числа необходимых при этом выборов. Например, $\log_2 16 = 4$ бита означает, что информация характеризуется четырьмя битами и что число выборов равно 16. Двоичная азбука удобна для передачи сообщений благодаря ее простоте и точности, она исходит из элементарного выбора между положительным и отрицательным решением или ответом и имеет только два символа: 1 и 0. Согласно Джону Лозбу, бинарный код встречается впервые у английского математика Доджсона, написавшего под псевдонимом Л. Керрол известную книгу «Алиса в стране чудес». Героиня книги Алиса, которая не может договориться с копейкой, высказывается в одном месте, что если бы кошка отвечала на вопросы утвердительно путем мяуканья, а отрицательно путем мурлыканья, то с ней можно было бы говорить обо всем.

¹ См. C. Shannon, The mathematical Theory of Communication, Urbana, 1949. (Русск. перев.: К. Шеннон, Математическая теория связи, «Работы по теории информации и кибернетике», Издательство иностранной литературы, 1959.)

Таким образом, например, конечная схема при бросании шестигранной кости такова:

$$A_i = \left(A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6 \right) \\ \left(\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{6} \right).$$

Конечная схема имеет некоторую неопределенность, то есть мы не знаем, какой из случаев наступит (на какую грань кость падет). В качестве меры неопределенности конечной схемы может служить энтропия, обозначенная как H . Формула этой энтропии, по Шеннону, такова:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i,$$

где определяем в соответствии с непрерывностью функции $x \log_2 x : 0 \log_2 0 = 0$.

Таким образом, для конечной схемы бросания кости получаем:

$$H = - \sum_{i=1}^6 p_i \log_2 p_i = - \left(\frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \right. \\ \left. + \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \log_2 \frac{1}{6} \right) = - \log_2 \frac{1}{6} = \\ = \log_2 6 = 2,58496 \text{ битов (двоичных единиц информации).}$$

Если какое-то $p_i = 1$, то остальные равны нулю, и H также равна нулю, так как $\log_2 p = 0$ для $p = 1$ или $p = 0$. Энтропия в этом случае, следовательно, минимальна. Наоборот, энтропия максимальна при равенстве всех вероятностей p_1, p_2, \dots, p_n между собой. Между нулевой и максимальной мерой неопределенности имеется бесконечное число средних возможностей, когда H лежит между 0 и $\log_2 n$:

$$0 \leq H \leq H_{\text{макс}} = \log_2 n.$$

Если H мала, то это значит, что между системой случаев имеется один случай или небольшое число случаев, вероятность появления которых значительно превышает вероятность появления других случаев. Энтропию обозначают как меру неопределенности, информацию же, наоборот, как меру определенности. Если убывает энтропия, возрастает информация и наоборот.

Если начальная неопределенность перед бросанием кости равна $\log_2 6$, то эта неопределенность устранена выполнением броска таким образом, что выпадет одна грань кости и неопределенность будет тогда равна $\log_2 1$, то есть будет нулевой. Информацию мы получаем путем устранения неопределенности. Конечно, не обязательно должна идти речь о полном устранении, особенно если тут действует шум.

При конкретном использовании канала некоторые возможные состояния вообще не встретятся, другие встретятся лишь редко, третьи же встретятся часто. Поэтому можно обойтись каналом и с меньшим объемом. Если, например, все сообщения одинаковы, они заранее известны или о них можно судить по прежним, ранее принятым сообщениям, то источник не будет передавать ничего нового, количество передаваемой информации будет низким. Случайный характер описываемого события приводит к случайному выбору сообщения из многих возможных, и мера информации поэтому описывается при помощи методов теории вероятностей. Мы указали, что конечная схема состоит из полной системы случаев и соответствующих им вероятностей. При передаче сообщений производится выбор одного из элементов конечной схемы в соответствии с распределением вероятностей. Каждая конечная схема представляет какую-то неопределенность выбора своих элементов, и эта неопределенность исчезает после выполнения выбора. Максимальная неопределенность имеет место при равномерном распределении вероятностей, а следовательно, и получение информации в таком случае наибольшее, так как это соответствует устранению большей неопределенности. Схема

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ 1/2 & 1/2 \end{pmatrix}$$

имеет, следовательно, большую неопределенность, чем схема

$$\begin{pmatrix} B_1 & B_2 \\ 0,01 & 0,99 \end{pmatrix}.$$

Степень неопределенности возрастает с большей равномерностью распределения вероятностей и с ростом

числа элементов схемы. Мера неопределенности выбора в схеме является и мерой количества информации для одного выбора, так как выбор нарушает неопределенность. Эта мера является функцией всех вероятностей, и она изменяется плавно при плавном изменении вероятностей. Единицей измерения количества информации или энтропии является единичный выбор из двух одинаковых вероятных возможностей.

Энтропия является, по Шеннону, мерой свободы выбора, априорной неопределенности. Таким образом, энтропия характеризует не то, что передано, а то, что могло бы быть передано. Выбор сообщения производится источником сообщения на входной стороне канала, чем характеризуется энтропия источника сообщений. Эта энтропия измеряется либо в символах (на один выбор), либо в единицах времени (секундах). Энтропией 32 символов является 5 двоичных единиц информации (битов), 16 символов — 4 единицы, то есть в общем виде

$$H = \log_2 n,$$

где n — число символов.

Приведенная Шенноном формула энтропии относится к сообщениям, выраженным в дискретных величинах. Наряду с этим существует и непрерывная информация. Непрерывный процесс передачи сообщений можно считать крайним случаем дискретного процесса, если континуум сообщений и сигналов разделится на большое число дискретных частей. Можно непрерывные величины квантовать с определенной степенью приближения в дискретных величинах. Далее можно было бы сказать, что для непрерывного алфавита число возможных сообщений, собственно говоря, бесконечно, оно поддается вычислению путем преобразования этого алфавита в дискретный. Непрерывный источник передает сообщения в виде волн. Количество информации здесь задано числом инструкций «да — нет», необходимых для выбора волновых видов сообщения из данного комплекса. Алфавит непрерывного источника дан, например, различением уровней амплитуды. При передаче сообщения речь идет о выборе из состояний источника волн.

Сигнал, выходящий из источника, является временной серией двоичных решений. Таким образом, волну можно квантовать в двоичном коде.

Энтропия непрерывного распределения задается, по Шеннону, формулой

$$H = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \log p(x) dx,$$

где $p(x)$ — плотность вероятностей. При двух аргументах x и y энтропия задается как

$$H(x, y) = - \iint p(x, y) \log p(x, y) dx, dy.$$

При n —размерном распределении $p(x_1, \dots, x_n)$ энтропия равна

$$H = - \int \dots \int p(x_1, \dots, x_n) \log p(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n.$$

Вход в непрерывном канале является постоянной функцией времени $f(t)$, выход задан искажением этой функции. Количество переданной информации задано как и в дискретном канале разностью энтропий входа и выхода¹.

Непрерывные сигналы, несущие сообщения, можно по-разному модулировать. Модуляция является изменением во времени одного из параметров физического процесса, несущего информацию. Сигнал должен иметь возможность принимать различные состояния. На текущей субстанции, движущейся от передатчика к приемнику, передатчик может посредством модуляции делать пометки, представляющие выбор различных символов какого-то алфавита. Можно модулировать световые или звуковые волны. Примером модуляции в частоте является игра на скрипке или человеческая речь. Наряду с этим можно выполнять модуляцию и в амплитуде или в фазе. Средством передачи информации служат основные или несущие колебания, на которых производится модуляция. На одном несущем основании можно передавать

¹ Энтропия входа, то есть энтропия источника, показывает информационное содержание переданных символов. Энтропия выхода показывает информационное содержание принятых символов. Далее в теории информации говорится об объединенной энтропии, то есть об объединенной энтропии переданных и принятых символов. Диссипация означает условную энтропию выхода, если известны вероятности входа. Эквивокация — это условная энтропия входа, если известны вероятности выхода.

одновременно много сообщений, которые на выходе подразделяются как различные модуляционные функции. Примером модуляции может служить речь, изменение электрического тока в проводе, нервное возбуждение и т. д.

в) Отображение сообщения

Теория информации занимается не конкретным содержанием сообщения, а только его физическим содержанием, которое можно выразить количественно. Согласно Шеннону, семантические аспекты коммуникации независимы от технических аспектов. Технический аспект будто бы обходится без семантического аспекта, но не наоборот, семантический аспект не может быть без технического аспекта, то есть определение смысла сообщения зависит от передачи его. Таким образом, в подходе Шеннона теория информации абстрагируется от семантического содержания сообщения.

Однако вопрос о связи семантического и технического аспектов в теории информации все еще является предметом постоянных дискуссий. На важность семантического аспекта указывали, в частности, Мак-Кэй, Карнап, Бар-Хиллел и другие¹. С точки зрения технической теории коммуникаций информация не обязательно должна быть связана с понятием смысла и конкретного содержания сообщения. Следовательно, это означает, что с точки зрения меры информации два сообщения могут быть математически эквивалентны, даже если одно из них будет бессмысленным. Телеграфистка, например, может быть при исполнении своих обязанностей равнодушной к конкретному содержанию передаваемого сообщения. Ей может быть все равно, радостно или печально это содержание. Ее интересует лишь длина сообщения, количество букв и слов, а может быть, и их вероятностная зависимость влияющая на скорость кодирования.

С философской точки зрения технический, количественный и семантический, качественный аспекты не не-

¹ См. D. M. Mac Kay, Quantal Aspects of Scientific Information, «Phil. Mag.», 1950, p. 289; The Place of «Meaning» in the Theory of Information, в: C. Cherry (ed.), «Information Theory», London, 1956; J. Bar-Hillel, R. Carnap, Semantic Information, в: W. Jackson (ed.), «Communication Theory», London, 1953.

зависимы друг от друга. Нет независимости (друг от друга) так называемой селективной и семантической информации, технического и семантического шума. Однако саму по себе теорию информации не обязательно должно интересовать конкретное содержание сообщения, эта теория рассматривает преимущественно его математическую сторону, и сообщение означает для нее лишь определенное количество различающихся друг от друга состояний. Способность к передаче и изображению сообщения означает способность разложить сообщение на определенное число разнообразных состояний. Каждое событие, о котором подается сообщение, может находиться в каждый момент в одном из многочисленных возможных состояний. Вход события означает изменение этих выбранных состояний. События отличаются друг от друга числом возможных состояний и особенностями выбора. Количество возможных состояний может быть изображено сообщением в дискретном или в непрерывном виде. Каждому событию соответствует состояние физического процесса, представляющего определенный сигнал или совокупность сигналов сообщения.

Сообщение можно изобразить на сетке координат. Если мы временно отвлечемся от частоты сигналов, то можно нанести на одну координату квантованные ступени амплитуды, а на другую — время. Сообщение определенной длины, определенной продолжительности зависит от выбора из данного алфавита. Следовательно, оно зависит от временной последовательности, указывающей длину сообщения n , и от выбора из m ступеней при каждом значении n . Совокупность возможных сообщений V равна m^n (m — число букв алфавита, n — число букв сообщения). Если, например, $m = 4$ (A, B, C, D), а $n = 1$, то $V = 4$. Если $m = 4$, $n = 2$, то $V = 16$ ($AB, AC, AD, AA, BB, BA, BC, BD, CC, CA, CB, CD, DD, DA, DB, DC$). Совокупность возможных сообщений — это запас, из которого выбираются определенные конкретные сообщения. Информационное содержание сообщения равняется двоичному логарифму из этого запаса:

$$I = \log_2 V = \log_2 m^n.$$

Этот логарифм показывает число двоичных единиц информации, двоичных решений, которые необходимо выполнить при передаче сообщения и которым, следова-

тельно, задается информационное содержание сообщения. Квант информации, так называемый элемент, атом сообщения или логон, задается одной двоичной единицей информации, одним решающим шагом. Таким образом, можно изобразить сообщение на растре символов, где запас сообщений задан n рядами из m точек, и он выражает число V различных информационных кривых на растре, равное m^n . Если, например, мы имеем алфавит с пятью буквами A, B, C, D, E , то мы можем изобразить на растре сообщение $BEDA$ длиной в четыре буквы следующим образом:

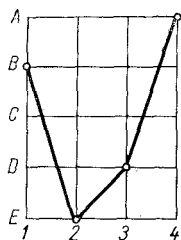


Рис. 3. Отображение сообщения на растре символов.

Тонкость раstra определяет отличительность в сообщении. Эта тонкость может быть обусловлена, например, зернистостью фотографической бумаги, степенью свечения телевизионного кинескопа и т. п. На этом растре можно изобразить сообщение в виде определенной выбранной кривой, и информацию в этом сообщении мы будем измерять по количеству двоичных единиц информации, которым эта кривая задана на растре. Если, например, $m=10$, а $n=5$, то $V=10^5$, а $I=\log_2 10^5=5\log_2 10$, что равно $5 \cdot 3,32193$ битов = 16,60965 битов.

Некоторые ученые, работающие в области теории информации, например Мак-Кэй, Габор и др., стремятся анализировать так называемую информационную ячейку, то есть логон. Согласно Мейер-Эпплеру¹, двухразмерное

¹ W. Meyer-Eppler Informationstheorie, «Naturwiss.», H. 15, 1952, S. 341.

матричное изображение этих ячеек выглядит таким образом:

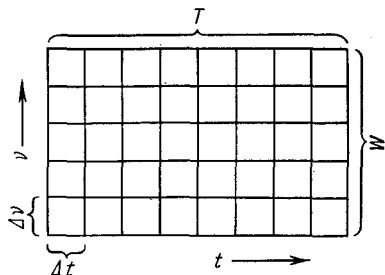


Рис. 4. Двухразмерное изображение информационных ячеек (по Мейер-Эпплеру).

W — здесь ширина полосы частот, T — продолжительность передачи, а t — частотный и временной диапазон информационной ячейки, то есть логона. Если ввести третью координату — энергию, то получим так называемую информационную призму:

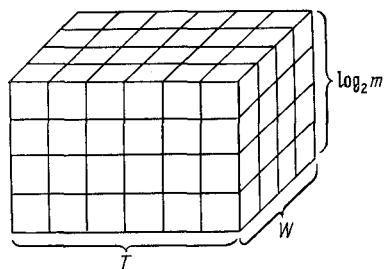


Рис. 5. Информационная призма (по Мейер-Эпплеру).

Третий размер задан как $2\log_2 m$, где m — число так называемых метронов, то есть различных энергетических ступеней (поддающихся различению ступеней амплитуды). Процесс, ограниченный W , T и m , полностью задается числом M информационных единиц и выражает меру потребного «нагрузочного» пространства определенного передаваемого сообщения:

$$M = 2WT \log_2 m,$$

что соответствует формуле информации Хартли.

Согласно Дж. Лоэбу¹, логон является последним элементом, наименьшим поддающимся различению сигналом, зерном амплитуды. Чтобы возможно было различать дифференциацию амплитуд, амплитуда сигнала не должна быть ниже амплитуды помех; крайний случай имеет место тогда, когда обе эти амплитуды равны; тогда нужно выбрать между двумя возможностями: 1) сигнал существует, 2) сигнал не существует, что и является крайним пределом отличительности, характеризующим логон. Лоэб обращает внимание на зависимость определения атома сигнала и гейзенберговского соотношения неопределенностей.

Распределение сообщения по ячейкам и его геометрическое изображение дает возможность исследовать так называемое пространство сообщений. Сообщение, выбранное на входе и переданное по каналу, изображено в информационном пространстве выхода. Эта передача зависит от пропускной способности канала. Эта пропускная способность в свою очередь задается пространством передачи, и ее можно определять с помощью информационных ячеек.

г) Пропускная способность канала

Экономичность передачи сообщения зависит от правильности кодирования его. Кодирование сигнала по существу означает сравнение символов одного алфавита с символами другого алфавита, причем код представляет собой комплекс правил такого сравнения. Коды могут иметь различные размеры: например, скульптура имеет код, заданный тремя пространственными координатами, фильм — двумя пространственными и одной временной координатой и т. д.; скульптура существует, конечно, и во времени, однако она не изменяется во времени, и неизменяющийся сигнал не несет новой информации. Эти коды можно по-разному трансформировать. Например, при фотографировании скульптуры трехмерный код изменяется в двухмерный, при чтении одномерный пространственный код букв изменяется во временной.

¹ J. Loeb, La cybernetique, «La Technique Moderne», vol. 44, 1952, p. 193.

Естественно, что при кодировании может измениться количество символов и их вероятностное распределение. Например, один символ может быть отнесен к определенной комбинации символов или наоборот. При выборе кодов всегда изыскивают наиболее экономичный для данной передачи код. Какой-то код имеет наивысшую энтропию на символ, то есть наименьшее число символов, необходимых для данного количества передаваемой информации. Наиболее экономичный код требует минимального числа символов и минимального времени на передачу.

Хороший код должен сохранить все нужное в сообщении и исключить ненужное так, чтобы пространство передачи было использовано наиболее экономично в течение продолжительности передачи данного сообщения.

Ограничение в передаче обусловлено пропускной способностью канала. При формировании сообщения в сигналы необходимо добиваться экономичного использования пространства. Теория информации исследует зависимости между величиной сообщения, пространством передачи и помехами, действующими во время передачи помех. Она исследует математическими методами ограничения, имеющие место при передаче сигналов, поддающихся выражению в виде функциональной кривой, заданной взаимозависимостью частоты, амплитуды и времени. Пропускная способность канала передачи определяет, какое количество информации может быть передано за определенное время.

На пропускную способность канала влияет источник помех, под которыми понимаются изменения передаваемых сигналов, следствием которых является, например, искажение звука, отображения телеграфного сообщения и т. д. Вследствие помех количество информации в переданном сообщении всегда уменьшается при передаче и никогда не увеличивается, то есть количество принятой информации может быть лишь в идеальном случае таким же (но не больше), как и количество переданной информации. Этот идеальный случай возможен только в канале без шума. Шум вызывает искажение сообщения, рост неопределенности в передаваемом сообщении, причем этот шум может иметь своим следствием как исчезновение определенных переданных эле-

ментов сообщения, так и появление новых элементов в переданном сообщении.

Пропускная способность канала представляет собой число «независимых» «да — нет» решений, которые можно передавать в единицу времени. Ограничение канала, обусловленное его пропускной способностью, определяет подходящую статистическую структуру для передаваемых сигналов¹. Мера передачи информации по шумовому каналу задается по формуле Шеннона

$$K = H(x) - H(x/y),$$

где $H(x)$ — энтропия входа, а $H(x/y)$ — условная энтропия, показывающая, что при поступлении информации y было передано x информации.

Согласно Шеннону, принятый сигнал E является функцией переданного сигнала S и шума N , следовательно,

$$E = f(SN).$$

В канале без шума энтропия входа равна энтропии выхода, следовательно,

$$H(y) = H(x),$$

то есть принятый сигнал E является только функцией переданного сигнала S . Если канал с шумом и мы оперируем только с принятым сигналом, то вообще невозможно воспроизвести первоначальное сообщение или переданный сигнал с полной уверенностью.

Максимальная пропускная способность канала с помехой равна, по Шеннону, разности энтропии входа и условной энтропии выхода:

$$C = \text{Макс} [H(x) - H_y(x)].$$

¹ Популярный пример ограниченной пропускной способности канала связи: если я хочу послать телеграмму и пропускная способность моей передачи ограничена суммой денег, которую я намерен истратить на телеграмму, то я вынужден соответственно закодировать телеграмму, то есть подобрать такие слова, которыми я могу изложить суть сообщения покороче. Пропускная способность канала может быть ограничена также особенностями приемника, то есть, например, она будет более ограничена при разговоре с ребенком, чем при разговоре со взрослым.

При передаче без шума условная энтропия выхода равна нулю, следовательно, пропускная способность тогда равна энтропии входа. Максимальные пропускные способности могут быть достигнуты только асимптотически: для этого нужно было бы выбрать оптимальный код, который, однако, требует больше времени на передачу, так как он связан с большой возможностью аварийности (с малой помехоустойчивостью).

Для иллюстрации приводим, по Шеннону, пример передачи с помехами: имеются два возможных символа 0 и 1, и мы передаем 1000 символов в секунду с вероятностью $p_0 = p_1 = 1/2$. Источник производит информацию в 1000 двоичных единиц информации в секунду. При этом шум создает такие помехи, что в среднем один из ста символов принимается неточно, то есть тогда принимается 0 вместо 1 или 1 вместо 0. Мера передачи и количество передаваемой информации будут в этом случае меньше 1000 двоичных единиц информации в секунду, здесь будет, следовательно, 990 таких единиц в секунду, причем получатель не знает, где скрыты ошибки. Крайний случай имел бы место тогда, когда помехи настолько велики, что принятые символы не зависят от переданных символов. Поскольку вероятность для поступления 1 и 0 равна $1/2$, то в этом случае половина принятых символов принята правильно, а мера передачи будет здесь, следовательно, 500 двоичных единиц информации в секунду.

Определение пропускной способности канала, данное Шенноном, — это прежде всего статистическое определение. Мейер-Эпплер ограничивает эту пропускную способность физически¹. Согласно Мейер-Эпплеру, можно выразить информационную емкость системы следующим образом:

$$C = M/T = 2W \log_2 m,$$

где M — мера так называемого нагрузочного пространства сообщения, то есть мера нагрузки, заполнения пространства передачи, заданная количеством информации передаваемого сообщения, T — продолжительность передачи, W — ширина полосы частот, m — число метронов, то есть поддающихся различению энергетических ступеней. Условием передачи сигнала по каналу является то, что объем сигнала был всегда меньше про-

¹ См. W. Meyer-Eppler, Informationstheorie, «Naturwiss.», № 15, 1952.

пускной способности канала. Максимально эффективное использование канала было бы возможно при равенстве объема сигнала и пропускной способности канала.

Содержание сообщения зависит от длины сигнала и поэтому оно определяется в секундах потока. Поток сообщений или поток информации задается числом решений при передаче за одну секунду и выражается как

$$J = I/T,$$

где I — содержание информации в сообщении, а T — продолжительность передачи. Максимальный поток определяет информационную пропускную способность системы, зависящую от предельной частоты сигналов и от числа поддающихся различению степеней свободы системы (энергетических уровней, ступеней амплитуды). Если пропускная способность меньше потока, то при передаче теряется определенное количество информации. Если, наоборот, эта пропускная способность больше, то поток информации может проходить через систему хорошо. Для возмещения потерь при передаче необходимо использовать повторную или замедленную передачу. Если, например, у нас плохой телефон, то необходимо повторять сказанные слова или же уменьшить поток информации путем снижения скорости разговора или же, наконец, произносить слова особо отчетливо.

Скорость передачи указывает количество информации при расчете энтропии на единицу времени, и она равна разности безусловной и условной энтропии. При отсутствии помех условная энтропия имеет нулевое значение, а скорость переноса равна энтропии входа, то есть все переданное количество принимается получателем. Если же, наоборот, помехи настолько велики, что условная энтропия равна энтропии входа, то информация не передается и тогда скорость передачи — нулевая. Скорость передачи зависит от распределения вероятностей сообщения и помех и от статистической связи входа и выхода. При использовании правильного кода скорость передачи мало чем отличается от пропускной способности канала. И при использовании экономичных кодами все же вероятность погрешности в канале без помех никогда не бывает нулевой. Скорость передачи

зависит от влияния помех. Чем выше уровень этих помех, тем больше вероятность ошибок. Для защиты от помех применяют наряду с замедленной или повторной передачей также и так называемые самокорректирующиеся или контрольные коды. В контрольном коде добавляют к каждой группе из N символов сообщения контрольный символ, не несущий информации сам по себе, но дающий возможность обнаружить ошибку (обнаружить, но не исправить или указать место ее). Конечно, более сложные коды связаны с задержкой во времени, с увеличением продолжительности передачи. Зависимость меры пропускной способности канала от помех выражена в теореме Шеннона следующим образом:

$$C = W \log_2 \frac{P + N}{N},$$

где W — ширина полосы частот, P — средняя мощность сигнала, а N — средняя мощность помех.

При передаче сообщения по каналу важно знать, насколько сигнал превышает шум. Шум представляет собой частоту появления случайных помех при передаче сигнала, а возможно и при возникновении или при фиксировании его. При действии помех стираются мелкие различия между сигналами и последние становятся неразличимыми. Уровень помех является границей отличимости отдельных сигналов. Поскольку сигнал сопровождается помехой, возможно, чтобы дискретный сигнал заменял непрерывный сигнал, то есть непрерывное сообщение можно кодировать как дискретное с определенным приближением. Дело в том, что существование помех делает возможным использование непрерывного алфавита, для которого число возможных сообщений, собственно говоря, бесконечно. Величина помех по сравнению с величиной сигнала обуславливает скорость, с которой можно передавать сигналы с минимальной аварийностью (максимальной помехоустойчивостью)¹. Вопрос о передаче без помех тесно связан с проблемой так называемой избыточности сообщения. Понятие

¹ Наиболее известным видом помех является тепловой шум, состоящий в хаотическом движении молекул (броуновском движении), при котором вероятности распределены равномерно.

избыточности сообщения наряду с понятиями информации и энтропии является одним из наиболее интересных в философском отношении понятий теории информации.

3. ИЗБЫТОЧНОСТЬ

Максимальная энтропия алфавита достигается при равенстве вероятностей всех символов, что представляет собой наиболее экономичный оптимальный код, который, однако, при реальной передаче трудно использовать. Так называемая относительная энтропия задана формулой

$$h = \frac{H}{H_{\text{макс.}}},$$

где H — энтропия данного кода, а $H_{\text{макс.}}$ — максимальное значение энтропии. Избыточность кода является дополнением к относительной энтропии:

$$R = 1 - h = \frac{H_{\text{макс.}} - H}{H_{\text{макс.}}}.$$

Поскольку энтропия является одновременно и количеством информации, то можно выразить избыточность сообщения и следующим способом:

$$R = \frac{I_{\text{макс.}} - I}{I_{\text{макс.}}} = 1 - \frac{I}{I_{\text{макс.}}},$$

где I — эффективное содержание сообщения, то есть количество информации фактически переданной, а $I_{\text{макс.}}$ — содержание, достигнутое при оптимальной передаче, например, в канале без шума и при наиболее экономичном использовании канала. Избыточность сообщения — это та часть решений при передаче, которая не является носителем действительного содержания сообщения.

Если уж приводить для иллюстрации какой-то популярный пример избыточности сообщения, то лучше всего указать на разговорный и письменный язык. Избыточность в языке состоит в растянутости и повторимости, обеспечивающих помехоустойчивость речи, возможность легкого понимания друг друга. Так, например, при разговоре в шумном зале или при обсуждении сложного вопроса речь требует большей избыточности. При малой избыточности, наоборот, концентрирован-

ность информации велика, велика и экономичность речи, то есть каждая фраза такой речи содержит что-то новое, что-то неожиданное, большую степень информации; однако при этом даже небольшая помеха приводит к большой потере информации. Простейшим видом избыточности является повторение. Более сложным видом ее является, например, применение так называемых контрольных кодов в передаче сообщений, о которых мы уже упоминали выше. Препятствием для концентрации информации как раз и является повышенный результат действия помех при пониженной избыточности. Кроме того, проблема избыточности сообщения связана также с проблемой времени. Степень отличительности в передаваемом сообщении зависит от времени. Можно понизить помехи и повысить отличительность при передаче сообщения тем, что мы растянем передачу на больший интервал времени, так что, собственно говоря, понизится пропускная способность передающего канала. Речь может идти о замедлении передачи или об использовании повторений, но и то и другое связано с избыточностью. Оба эти процесса облегчают понимание сообщения, прием его адресатом, что известно из процесса обучения; учебный материал лучше усваивается тогда, когда изложение ведется либо достаточно медленно, либо если трудные места изучаемого повторяются в различном виде.

Избыточность сообщения можно сводить к нулю при пользовании оптимальным кодом. При неравномерном распределении вероятностей символов и при наличии их внутренней вероятностной связи (корреляции) уменьшается относительная энтропия и возрастает избыточность сообщения. При создании текста мы делаем меньше выборов, чем число букв в тексте, так как мы действуем в рамках грамматических правил образования слов и предложений. Только примерно от $\frac{1}{4}$ и до $\frac{1}{3}$ числа букв мы можем выбирать произвольно: мы можем выбрать данные буквы или не выбрать их. Следовательно, при оптимальном коде мы могли бы выражаться втрое или вчетверо короче. Любая комбинация букв здесь создавала бы слово, полное смысла, так как все буквы и комбинации их встречались бы одинаково часто и каждая таблица букв могла бы годиться для кроссворда. Однако при обычном общении людей избы-

точность всегда имеет место, она имеется в каждом разговоре, в газетном языке и в научной литературе. Каждый национальный язык имеет значительную степень избыточности. Как уже было сказано, избыточность имеет не только отрицательные, но и положительные, полезные стороны. Она обеспечивает возможность понять друг друга, возможность исправить ошибки, получившиеся при передаче, тогда как при нулевой избыточности ошибки при передаче сильно искажали бы конечное сообщение.

Избыточность можно снизить путем перекодирования, путем изменения статистической структуры сигнала. Так, например, Нейдхардт¹ указывает, что в телевидении можно снизить избыточность путем уменьшения скорости развертывания передаваемого образа в тех местах, где сконцентрировано наибольшее информационное содержание, и путем ускорения развертывания в тех частях, где имеются свободные места и где можно эти промежутки интегрировать во времени. Если переходные вероятности между элементами одинаковы, нет взаимозависимости символов, то корреляция между ними нулевая. Если же, наоборот, они различны, то это дает экономию передачи и уменьшает избыточность. При передаче информацию несет только часть сигналов, остальные сигналы избыточны; в полезной части сообщения одна и та же информация может содержаться несколько раз, что дает возможность дальнейшего сжатия сообщения. Нейдхардт различает холостую (беспольную) и полезную избыточность. Из неизбежного сообщения нельзя изъять ни один знак, не изменяя этим его смысл. Если мы хотим установить избыточность сообщения, то мы убираем из этого сообщения знаки до тех пор, пока это не лишает сообщение понятности, то есть пока оно не теряет своего смысла. В противоположность холостой избыточности полезная избыточность обеспечивает или же и повышает верность передачи сообщения, и, наоборот, появление холостой избыточности не повышает ясности сообщения.

Выявление избыточности печатного текста выполняется, например, с помощью так называемой ампута-

¹ См. P. Neidehardt, Einführung in die Informationstheorie, Berlin, 1958.

ции текста, при которой из полной формы напечатанных букв убирают какие-то части, так что мы можем определить предел читаемости, а следовательно, и меру избыточности. Аналогичным образом эта мера применяется для определения видимости цветов с помощью так называемых псевдоизохроматических таблиц. На использовании (вернее на устранении) избыточности основана стенография, а также экономия времени при телеграфировании. Так, например, в телеграфном коде Морзе наиболее короткие знаки — точки — используются для буквы *E*, чаще всех встречающейся в английском языке.

Наглядный пример использования избыточности для сжатия передаваемого текста приводит Мейер-Эпплер¹. Имеем текст, состоящий из 23 букв:

NA CH RI CH TEN VERB I N D U N G E N.

В этом тексте можно заменить чаще всего встречающиеся в немецком языке пары букв, то есть диграммы, отдельными реже встречающимися в этом языке буквами, а вместо этих букв текста ввести необычные пары букв. Так, например, пары

EN ER CH ND DE IE

можно заменить буквами

Y X Q J P V,

а вместо буквы *V* будем писать *HC*, так что путем такого перекодирования мы получим новый текст, состоящий уже только из 18 букв.

NAQRIQTYNHCXBIIUNGY.

Другой пример с более высокой и более низкой избыточностью в коде приводит Черри²:

Если бы мы закодировали буквы *A*, *B*, *C* и *D* только с помощью двух бинарных знаков, например, как

<i>A</i> 11	<i>C</i> 01
<i>B</i> 10	<i>D</i> 00 ,

¹ W. Meyer-Eppler, Informationstheorie, «Naturwiss.», № 15, 1952, S. 341.

² C. Cherry, On Human Communication, New York, 1957, p. 186.

то этот код получился бы очень экономичным, имеющим малую степень избыточности. Однако в этом случае даже небольшая помеха привела бы к тому, что сообщение стало бы слишком неразборчивым. Если же мы закодируем эти буквы с помощью четырех бинарных знаков, например, так

A	1111	C	1010
B	1100	D	1001

то код станет более избыточным, но он будет иметь большую помехоустойчивость. Если, например, помеха коснется одного знака (он исказится), то эту помеху можно обнаружить (но, конечно, не сразу же исправить ее). Так, например, при одной помехе код для A может измениться в 1110, 1101, 1011 (вместо 1111) или же 0111, то есть во всех этих случаях код A нельзя будет спутать с группой кодовых символов для B, C или D, как это может иметь место в случае двухзначного кода при одной помехе (когда получится 0 вместо 1 или 1 вместо 0). Конечно, например, группа 1110 может при одной ошибке получиться при искажении не только кода буквы A, но и кодовых букв B, C или D. Еще большая помехоустойчивость может быть получена при еще большем усложнении кода, при придании ему еще большей избыточности.

Правильное кодирование передаваемых и записываемых сообщений имеет большое значение для человеческого общества, которое поэтому и изыскивает все более экономичные способы кодирования сообщений. Сообщение можно расположить, например, в ряды, но более экономичным будет расположение сообщений в группы. Например, в телеграфной передаче каждой из 32 букв отведена какая-то единица времени, в телетайпе же введена более экономичная система, состоящая только из пяти единиц времени для всех 32 букв. Вместо 32 знаков здесь используется только 5 знаков. 32 знака управляются пятью двоичными шагами. Групповая компоновка использована также при написании чисел в десятичной системе. Совокупность всех сообщений о тысяче численных данных (чисел от 0 до 999) можно выразить только тремя цифрами. В противоположность этому расположение в ряд требовало бы тысячи знаков и выбора из тысячи возможностей. Поэтому прежнюю римскую цифровую систему, у которой было именно рядовое расположение цифр, заменили арабской цифровой системой. (Римская цифровая система состояла, собственно говоря, из ряда линий, но притом так, что для пяти линий ввели знак V, для десяти линий — знак X, для пятидесяти линий — знак L и т. д.)

Совокупность сообщений V требует не менее $\log_M V$ данных, если каждое данное касается одного решения из M возможностей. На этом принципе можно построить ограничение числа разрешающих шагов. Если, например, мы имеем 32 карты (или буквы и т. п.), то вероятность того, что мы угадаем, какая карта вытянута из колоды, будет $1/32$, и в среднем необходимо 16 раз гадать, прежде чем угадаешь правильно, какая карта вытянута. Однако, чтобы угадать это, достаточно иметь только пять ответов «да — нет» на пять вопросов, что соответствует числу $\log_2 32$.

Эти пять вопросов можно составить следующим образом:

1. Красная ли это карта? (Если «да», то это значит, что червовая или бубновая карта, «нет» — значит либо трефовая, либо пиковая карта.)
2. Червовая ли это карта (или бубновая)?
3. Фигура ли это? (При ответе «нет» это значит, что карта цифровая.)
4. Это карта из высшей половины (фигур или цифровых карт)?
5. Это четная карта из данной половины?

После пяти ответов на эти вопросы мы получим ответ, какая именно карта вытянута.

Таким образом, с помощью надлежащей упорядоченности можно добиться экономии и снижения избыточности. Хорошим примером низкой избыточности, приводимым Земанеком¹, является шрифт для слепых, в котором остается неиспользованным лишь небольшое пространство из шести полей одной буквы. Здесь избы-

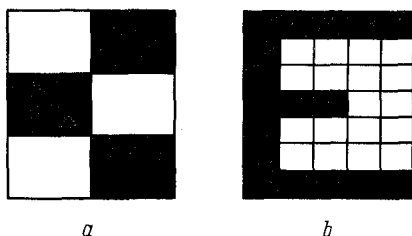


Рис. 6. Избыточность шрифта:
a — шрифта для слепых, *b* — блочного
 типографского шрифта (по Земанеку).

¹ H. Zemanek, Ungewohnte Zahlen aus der Informationstheorie, «Radiotechnik», № 6, 1954, S. 188.

точность составляет только 31,4%. В противоположность этому блочный типографский шрифт, где для одной буквы используется 35 полей карты, имеет сравнительно большую избыточность — 88,3%. Письменный шрифт имеет довольно большую избыточность, и он должен ее иметь хотя бы по той причине, что индивидуальные отклонения в начертании отдельных букв приводили бы при низкой избыточности к большей степени искажений. Как отмечает Земанек, только благодаря тому, что письменный шрифт имеет большую избыточность, получается, что аптекарь может прочитывать написанные врачами рецепты, которые для профанов совершенно непонятны. Стенография является, собственно говоря, сильно упрощенным письменным шрифтом с низкой степенью избыточности. Можно с уверенностью сказать, что избыточность существует не только в языке письма или речи, но и в языке нашего мышления (так называемый внутренний язык, по Теплову), и в мышлении, и познании вообще. Не исключено, что на основе математических исследований информации и избыточности мы придем к созданию универсального шрифта и языка для максимально экономичного кодирования научной информации. Само собой разумеется, что в зависимости от назначения данного научного сообщения степень избыточности в нем должна быть различной и, например, для научно-популярной работы нужна большая степень избыточности, чем для работы, предназначенной для специалистов по данному вопросу.

В вышеуказанной статье Земанек указывает, что в среднем в нашей речи избыточность составляет 75% (различные национальные языки имеют, конечно, различную степень избыточности, причем сравнительно наименьшую избыточность имеет английский язык). Страница книги, содержащая 500—2500 букв, содержит не 2500—12 500 двоичных единиц информации, а только лишь 600—3000 этих единиц. Если книга имеет 500 страниц, то в ней содержится 10^6 двоичных единиц информации. Среднее количество томов в каждой из десяти крупнейших американских библиотек было в 1850 году $2 \cdot 10^4$, в 1900 году — $2 \cdot 10^5$, в 1950 году — $2 \cdot 10^6$, так что можно ожидать, что в 2000 году среднее количество томов в таких библиотеках составит примерно $2 \cdot 10^7$. Количество двоичных единиц информации, находящихся в этих книгах, возрастет соответственно с $2 \cdot 10^{10}$ до $2 \cdot 10^{12}$. Исходя из этого, Земанек считает, что данное количество книг могло бы служить базой для составления приблизительной картины роста человеческих знаний. Конечно, тут Земанек измеряет информацию только технически — по

количеству букв, но не семантически, то есть по смыслу и по плотности информационного содержания. В этой статье Земанек пытается также определить верхний предел объема информации, могущего быть использованным одним читателем в течение всей его жизни, и этот объем не превышает, по Земанеку, $5 \cdot 10^{10}$ двоичных единиц информации.

* * *

Рост человеческого познания и накопление информации памятью также делается возможным именно благодаря бессознательному использованию избыточности. Наша память производит сжатие информационного содержания зафиксированных ею сообщений, и она снижает их избыточность, сохраняя только самое существенное из сообщений. (К этому вопросу мы еще возвратимся в конце настоящей книги.) По-видимому, следует считать память системой обусловленных вероятностей. Чем теснее связь запомнившихся содержаний, тем больше упорядоченность в памяти и тем меньше ее избыточность.

Вопросы о сжатии информационного содержания в сообщениях, о наиболее целесообразном кодировании сообщений и о снижении избыточности в мышлении и памяти имеют важное значение для роста человеческого познания. Уже само возникновение второй сигнальной системы означало экономичность, так как вторичные сигналы — слова — являются обобщением большого количества первичных сигналов — восприятий. Далее была достигнута экономия, например, путем введения различных удобных способов кодирования научной информации, как, например, созданием математических и прочих символов и книгопечатания. Речь идет здесь, конечно, не только о внешних формальных средствах, вопрос об избыточности и экономичности касается также и содержания научной информации.

В настоящее время, например, проблемой, имеющей значение для дальнейшего непрерывного развития научного познания, становится чрезмерное возрастание числа научных книг, что связано с большой степенью избыточности в научных книгах, то есть с тем, что в различных книгах идеи повторяются и читатель теряет много времени, так как он вынужден читать в изучаемых книгах такое, что он и без того знает и что не дает ему новой информации. Причем потеря времени на чте-

ние уже знакомого текста непропорциональна выигрышу от закрепления в памяти информации, полученной уже ранее. Поэтому было бы желательно провести какую-то унификацию, централизацию, концентрацию и контроль книжного фонда, чтобы можно было обеспечить лучший учет, обзор научной литературы и снизить избыточность. Как остроумно указывает польский писатель Станислав Лем в своей книге «Магелланово облако», при нынешнем росте книжной продукции дело может дойти до того, что через какое-то время каждому второму человеку в мире придется стать библиотекарем и земной шар превратится в гигантскую библиотеку. Поэтому необходимо найти способы улучшения хранения и переработки научной информации путем внедрения в библиотечное дело электронных вычислительных машин. Введение информации в эти машины было бы значительно более экономичным, чем в книги, и это дало бы значительное снижение избыточности в научных книгах. С помощью этих машин можно было бы также экономично обрабатывать информацию таким образом, что будет выявляться гомоморфизм в научных сообщениях, а это приведет к снижению избыточности, ибо приведет к исключению того, что во многих научных работах является одинаковым и повторяющимся. Одновременно это объединяло бы то подобное, что имеется в работах различных дисциплин.

Собственно говоря, объективная реальность составляет для нашего познания совокупность сообщений различной длины и различной степени отличительности. Совокупность этих сообщений — это материальный пространственно-временной континуум, из которого мы в процессе познания совершаем определенный выбор. Вещи и процессы вокруг нас, или, выражаясь словами Минковского, мировые линии образуют отдельные сообщения, выборы из совокупности сообщений, передаваемых в наше сознание, в наш мозг и здесь декодируемых более или менее успешно в зависимости от степени нашей опытности, от совершенства нашего способа отражения и т. д. Поскольку невозможно при этой передаче сообщений полностью устранить шум, обусловленный ограниченностью наших познавательных способностей, информация в нашем познании может приближаться к максимальной информации только асимптоти-

чески и точно так же избыточность в нашем познании может только асимптотически приближаться к нулевой избыточности.

На первый взгляд существует некоторая ограниченность в повышении информации и в снижении избыточности в нашем познании. Нулевая избыточность могла бы быть достигнута тогда, когда эффективное содержание сообщения было таким же, как содержание, которое может быть нами получено при оптимальном использовании канала, что возможно было бы, например, при полном отсутствии помех. Помехи в передаче сообщений можно уменьшить применением избыточности, путем использования более длительного времени для передачи наряду с некоторыми другими способами борьбы с помехами. Между скоростью передачи и помехами должна, следовательно, существовать определенная зависимость. Нельзя, например, полностью устранить разрыв во времени между входом и выходом при передаче сообщения. Самый быстрый процесс передачи информации может ведь происходить только со скоростью света (если иметь в виду только физическую скорость передачи сообщения; в теории информации скорость передачи сообщения измеряется числом переданных двоичных единиц информации в секунду).

Однако развитие познания является доказательством того, что нет никакого абсолютного предела нашего познания, имеются только пределы относительные, исторические. Человек приобретает все более совершенные знания об объективной реальности, и его информация возрастает, а избыточность в его мышлении и познании убывает. Производится конденсация информации, причем это не связано с повышением помех и аварийности, а обеспечивается способностью к обучению и памяти. По мере развития общества, от поколения к поколению человек все лучше осваивает более экономичные коды для передачи сообщений, фиксации и хранения их в мозгу.

4. ВЕРОЯТНОСТЬ И РАЗНООБРАЗИЕ

Если мы имеем какое-то множество элементарных символов, то есть алфавит, то при передаче сообщений мы производим последовательные выборы из этого мно-

жества. Наши выборы управляются вероятностно, причем их вероятности могут зависеть от предшествующих выборов. Так, например, в речи мала вероятность того, что после слова «поскольку» будут следовать слова «так как». Таким образом, некоторые группировки слов или букв являются неправдоподобными, невероятными; вероятность некоторых группировок слов или букв мала или даже нулевая, так как такие группировки бессмысленны. Последовательность символов, связанных с определенными вероятностями,— это стохастический процесс, и его особый случай, когда вероятность появления определенного символа зависит от вероятности появления одного предшествующего символа,— это так называемая марковская цепь или стохастический марковский процесс. Следовательно, вероятность определенного выбора может зависеть от предшествующих выборов.

Символы, из которых состоит сообщение, не обязательно должны иметь одинаковую вероятность, они могут иметь различную относительную частоту появления. Чем реже данный символ появляется, тем больше информации он с собой несет, тем большую степень неожиданности он имеет. Неодинаковые вероятности появления символов можно также изобразить с помощью двоичных выборов, то есть для нахождения каждого символа алфавита требуется определенное число последовательных двоичных делений этого алфавита. Среднее ожидаемое количество информации измеряется в двоичных единицах информации на символ по формуле

$$H(i) = -\sum_i p_i \log_2 p_i \text{ бит/символ.}$$

Вероятность определенной последовательности знаков равна произведению вероятностей всех этих знаков, если все эти вероятности независимы друг от друга.

Частота появления знаков может быть независима от появления других знаков. Энтропия для независимых знаков аддитивна по формуле

$$H(A, B, C \dots) = H(A) + H(B) + H(C) + \dots$$

Принятый сигнал может быть вероятностно связан с переданным сигналом, и из него можно получить информацию об этом переданном сигнале. Функция $p(x/y)$

выражает вероятность того, что было передано x , если было принято y , что и является так называемой вероятностью апостериорной в отличие от априорной вероятности $p(x)$ высланного сигнала.

Вопрос о вероятностной зависимости очень важен для передачи сообщений. При передаче сообщения происходит отображение элементов поддающегося измерению пространства сообщений источника элементами поддающегося измерению пространства сообщений получателя, что совершается вероятно, так как при этой передаче проявляют свое действие помехи и принятое сообщение имеет меньшее количество информации, чем переданное. Согласно Перезу¹, априорное распределение вероятности в пространстве сообщений источника можно рассматривать как микроскопическое состояние, изображенное каким-то макроскопическим состоянием в поддающемся измерению пространстве получателя, которое (макроскопическое состояние) здесь задано другим, апостериорным распределением вероятности, другой, меньшей отличительностью на стороне выхода, чем на стороне входа.

Разнообразие переданного сообщения всегда больше или в крайнем случае одинаково с разнообразием принятого сообщения. Таким образом, при передаче сообщения происходит редукция, ограничение разнообразия. Разнообразие принятого сообщения может быть больше разнообразия переданного сообщения в случае, когда шум вносит новые элементы в переданное сообщение. Однако это не повышает отличительности принятого сообщения, для которого решающее значение имеет точное воспроизведение входа: например, вместо переданного *OKY* можно принять *OKYF* или *OLVF*.

Вопросом о разнообразии сообщений и его ограничении занимался Шеннон², согласно которому в дискретном канале без помех производится при передаче информации последовательность выборов из конечного множества элементарных символов $S_1 \dots S_n$. Каждый из символов S_i имеет определенную длительность во времени (например, в азбуке Морзе точка длится одну единицу

¹ См. А. Perez, *Matematicka teorie informace*, «Aplikace matematiky», № 1—2, 1958.

² См. C. Shannon, *The Mathematical Theory of Communication*.

времени, тире — три единицы времени, промежуток между символами — три единицы времени, а промежуток между словами — шесть единиц времени). *Разнообразие возможных последовательностей символов больше разнообразия действительно переданных последовательностей*, то есть в качестве сигналов для передачи через канал допустимы лишь определенные последовательности; следовательно, при выборе всегда совершается определенное ограничение разнообразия. При приеме происходит дальнейшая редукция этого разнообразия.

Шеннон подчеркивает, что последовательности символов при передаче сообщений не совершенно случайны, а имеют определенную статистическую структуру. Так, например, в английском языке буква *E* чаще встречается, чем *O*, а последовательность *TH* чаще встречается, чем последовательность *XP* и т. п. Эта статистическая структура дает возможность экономить время, а этим и пропускную способность канала при кодировании последовательностей символов в сигналы. Поэтому в телеграфии используют для буквы *E* короткий код — точку, тогда как, например, для редко встречающихся букв *O*, *X* и *Z* применяют более длительные коды элементарных символов. Эти свойства сообщений, то есть статистической структуры последовательностей, используются в так называемых коммерческих кодах, где определенные, чаще встречающиеся, слова и даже фразы кодируются с помощью четырех или пяти буквенных кодов групп. Сокращенный код применяется также для стандартизированных телеграмм.

Выбор последовательности символов, согласно определенной вероятностной зависимости, — это стохастический процесс. Шеннон приводит пример нескольких различных ступеней выбора букв. Эти буквы можно использовать так, что их вероятности будут независимы друг от друга. Более сложный выбор имеет место тогда, когда при выборе символов мы имеем дело с зависимыми вероятностями, то есть, например, когда имеется зависимость от одной предыдущей буквы. Статистическую структуру выбора можно описать множеством переходных вероятностей $p_i(j)$, что означает вероятность того, что после буквы i следует буква j . Так называемая диграммная вероятность выражает относительную частоту появления диграмма (двухбуквенного соединения) ij . Вероятность

появления буквы i , то есть буквенную частоту мы обозначаем как $p(i)$, переходную вероятность — как $p_i(j)$, а диграммную вероятность — как $p(i, j)$. Триграмм выражает зависимость проявления данной буквы от двух предыдущих букв, и эту зависимость обозначают как $p(i, j, k)$ или $p_{ij}(k)$. В общем виде n — грамм обозначают, как

$$p(i_1, i_2, \dots, i_n),$$

а переходную вероятность — как

$$p_{i_1, i_2, \dots, i_{n-1}}(i_n).$$

Таким стохастическим процессом является текст, состоящий из последовательности букв или последовательности слов. Шеннон указывает, что с помощью переходных вероятностей можно создать искусственный язык и что серией искусственных языков можно приблизиться к вероятностной структуре естественного языка. В своем примере Шеннон использует буквы и слова с определенными вероятностями. На первой ступени приближения производится выбор букв, имеющих одну и ту же и независимую друг от друга вероятность:

*XFOML RXKHRJFFJUJ ZLPWCFWKCXY
FFJIEYVKCQSGHYD QPAAMKBZAACIBZLHJQD.*

На второй ступени выбор производится так же независимо, но буквы имеют такую частоту появления, как в английском тексте:

*OCRO HLI RGWR NMIELWIS EU LL NBNESEBY
THEEI ALHENHTTPA OOBTTVA NAH BRL.*

На третьей ступени приближения используются диграммные структуры, то есть выбор буквы здесь всегда производится с вероятностью, зависящей от частоты появления предшествующей буквы, то есть, например, в общем виде после i следует с максимальной вероятностью буква j :

*ON IE ANTSOUTINYS ARE T INCTORE ST BE
S DEAMY
ACHIN D ILONASIVE TUCOOWE AT TEASONARE
FUSO
TIZIN ANDY TOBE SEACE CTISBE.*

На четвертой ступени приближения используются триграммные структуры английского языка, то есть здесь буквы выбраны с вероятностью, зависящей от двух предшествующих букв:

*IN NO IST LAT WHEY CRATICT FROURE BIRS
GROCID*

*PONDENOME OF DEMONSTURES OF THE
REPTAGIN IS REAGOACTIONA OF CRE.*

На пятой ступени приближения не используются какие-либо граммы, а совершается переход к словам. Слова здесь выбраны независимо друг от друга, но с учетом соответствующей частоты их появления:

*REPRESENTING AND SPEEDILY IS AN GOOD APT
OR COME
CAN DIFFERENT NATURAL HERE HE THE A
INCAME THE TO OF
TO EXPERT GRAY COME TO FURNISHES THE LINE
MESSAGE HAD BE THESE.*

И наконец, на шестой ступени приближения используются переходные вероятности слов, но без учета дальнейшей более сложной структуры (грамматической, синтаксической и т. д.):

*THE HEAD AND IN FRONTAL ATTACK ON AN
ENGLISH
WRITER THAT THE CHARACTER OF THIS POINT IS
THEREFORE ANOTHER METHOD FOR THE
LETTERS THAT
THE TIME OF WHO EVER TOLD
THE PROBLEM FOR AN
UNEXPECTED.*

Подобные примеры искусственных языков, построенных на вероятностных зависимостях, приводят для немецкого языка Мейер-Эпплер и Кюпфмюллер¹. Мейер-Эп-

¹ W. Meyer-Eppler, Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie, Berlin, 1959; K. Küpfmüller, Die Entropie der deutschen Sprach, «Fernmeldetech. Zschrift», № 7, S. 265.

плер приводит последовательности букв по марковским цепям от нулевого до третьего ряда (первый ряд — это диграммы):

Ряд 0: *aiobnin tarsfneoulpiitdregedcoa ds e dbieast-nreleeucdkeait dnurlarsls omn ken svdleeoieei.*

Ряд 1: *er agepteprteiningeit gerelen re unk ves mte-rone hin d an nzerurbom.*

Ряд 2: *billuntenzugen die hin se sch wel war gen man nicheleblant diertunderstim.*

Ряд 3: *eist des nich in den plassen kann tragen was wiese zufahr.*

Далее Мейер-Эпплер приводит марковскую цепь первого ряда из последовательностей немецких слов:

Das übrige Summe aller Anfang des mittleren Dichtegrade und jedenfalls soll erfüllt haben,

что напоминает дадаистскую¹ конструкцию; смысл имеют здесь лишь пары слов.

Кюпфмюллер приводит последовательности немецких букв, аналогично тому, как это делает Шеннон. Нулевой ряд представляет совершенно случайные последовательности букв. Первый ряд — последовательности, соответствующие вероятностным частотам букв в немецком языке. Второй ряд — диграммы зависимости. Третий ряд — триграммы зависимости, четвертый ряд — зависимости группы из четырех букв (выбор букв совершается здесь с вероятностью, зависящей от частоты появления трех предыдущих букв):

Ряд 0: *ITVWGAKNAJTSQOSRMOIAQVFWTKHXD.*

Ряд 1: *EME GKNEET ERS TITBL BTZENFNDG-BGD EAL E LASZ BETEATR IASMIRCH EGEOM.*

Ряд 2: *AUSZ KEINU WONDINGLIN DUFRN ISAR STEISBERER ITEHM ANORER.*

¹ Дадаизм — западноевропейское реакционное течение в литературе и изобразительном искусстве. В литературе дадаисты стремились к изгнанию смысла и логики, предлагая бессмысленный набор слов. — *Прим. ред.*

Ряд 3: *PLANZEUNDGES PHIN UNDEN ÜBBEICHT
GES AUF ES SO
UNG GAN DICH WANDERSO.*

Ряд 4: *ICH FOLGEM ÄSZIG BIS STEHEN DISPO-
NIN SEELE NAMEN.*

Вероятностная структура речи определяет надежность, зависимость определенных последовательностей букв и слов. Искусственный язык первой ступени имеет большую свободу выбора, и поэтому он несет с собой немного семантической информации. Произвольность выбора здесь связана с высокой степенью избыточности в языке. Наоборот, чем ниже избыточность, тем больше сжатие семантического содержания. Например, в кроссворде твердо закреплена последовательность букв и не допускается никакая свобода, значит, здесь избыточность нулевая. Свобода выбора слов для кроссворда связана со степенью избыточности данного языка. При решении кроссворда выбор соответствующих слов тем более труден, чем больше избыточность данного языка; на языке с большой избыточностью всегда приходят на ум много кажущихся возможными слов для данного искомого слова. Поэтому более сложные кроссворды можно составлять лишь на языках с низкой степенью избыточности. Например, трехразмерный кроссворд можно было бы создать только для языка с избыточностью в 33%.

Модели искусственных языков Шеннона имеют специальное значение не только для техники связи. Рост когерентности и изменение вероятностной зависимости характерны и для развития познания, так что можно говорить о росте семантической информации, о росте смысла. Как показал еще Шеннон, можно было бы продолжать заниматься построением высших ступеней выбора, если ввести в это построение учет вероятностей сложных грамматических, синтаксических и т. д. структур. Это было бы, конечно, очень трудно и требовало бы тщательного математического анализа языковых синтаксисов и других сложных языковых зависимостей.

Следующей стадией построения высших ступеней выборов был бы учет не только степеней приближения искусственных языков к какому-то естественному языку, но и последовательное приближение к совершенной системе отображения объективной реальности. Тогда мы бы,

едовательно, считали объективную реальность сложным контекстом зависимостей и закономерностей, к которому мы приближались бы какими-то более упрощенными контекстами (иначе говоря, если бы мы стали изображать разнообразие объективной реальности каким-то редуцированным разнообразием, но вероятностно зависящим от первого). Весь этот вопрос связан и с теорией предсказания. Рост количества информации по мере развития познания дает возможность роста предсказания, а этим и снижения избыточности в познании. Трудность состоит здесь, конечно, в том, что в то время как в моделях Шеннона известно то, к чему мы стремимся приблизиться — естественный язык, в вопросе познания семантической информации то, к чему мы стремимся приблизиться, мы знаем лишь приближенно.

При передаче сообщений большое значение имеет случайность, поскольку помехи искажают сигнал, так что на выходе мы получаем лишь некоторое вероятностно определенное сообщение. Следовательно, мы ищем определенную правильность в какой-то неправильности, и в этом, собственно говоря, и состоит существо познания: изыскание упорядоченности в неупорядоченном. Ограниченность познания обусловлена невозможностью иметь в нашем распоряжении огромную, собственно говоря, бесконечную массу данных об изучаемом объекте и необходимостью выбирать из этого сложного разнообразия какие-то существенные зависимости. Следовательно, мы совершаем определенную редукцию этого разнообразия; с помощью упрощений и абстракции мы постигаем общее и существенное. Без этого невозможна была бы никакая наука. Так, например, физика газов не может опираться на информацию о каждой молекуле газа, она вынуждена ограничиваться абстракцией и только статистическим определением.

С полной случайностью и неправильностью мы встречаемся в теории информации при рассмотрении вопроса о так называемом белом шуме. Этот белый шум изображен совершенно неправильной кривой, в спектре которой не выделяется какая-либо частота и где имеется равномерное распределение амплитуд. Полная правильность не несет с собой, собственно говоря, никакой информации, потому что здесь теряется упомянутый выше момент неожиданности. Противоположностью правильно-

сти является именно полная неправильность и случайность, представляемая белым шумом. В сообщении, закодированном в виде белого шума, была бы, следовательно, скрыта максимальная мера информации; с другой стороны, хотя это на первый взгляд кажется парадоксальным, для такого кодированного сообщения требовалось бы лишь минимальное пространство передачи. Однако при передаче информации мы имеем всегда дело со смесью правильности и неправильности, с сочетанием моментов предсказания и неожиданности.

В объективной реальности как источнике сообщений скрыто для познающего субъекта максимальное количество информации, но субъект не может воспринять всю ее, так как его пропускная способность сильно ограничена. Субъект воспринимает, принимает, истолковывает и познает лишь кое-что из огромной сложности разнообразия объективной реальности: возможность познания и состоит в редукции этого разнообразия. Эта максимальная информация настолько сложна для субъекта, что она представляется ему хаосом, максимальными неправильностью и неопределенностью, из которых он выбирает лишь определенные сообщения и выводит из них некоторую определенность. Говоря словами поэта, объективная реальность представляется для субъекта «оча-ми хаоса, светящимися сквозь вуаль порядка». Редукция разнообразия, совершаемая субъектом, означает раздвоение на определенное и неопределенное, определенное и неопределенное, информацию и энтропию. Однако по мере развития познания растет удельный вес информации и убывает удельный вес энтропии в познании, то есть изменяется распределение вероятностей в разнообразии картины мира. . .

IV. ИНФОРМАЦИЯ И МАТЕРИЯ

1. МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЕ И ИДЕАЛИСТИЧЕСКОЕ ПОНИМАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Теория информации и кибернетика в целом принесли с собой не только новые понятия и методы научного исследования, но и выдвинули ряд проблем общего характера, вокруг которых разгорелись многочисленные дискуссии. Своей новой терминологией и новыми аспектами кибернетика создает область, которую необходимо тщательно изучить в свете диалектического материализма. Прежнее отношение отдельных марксистских философов к кибернетике было, как известно, резко отрицательным, кибернетику считали чисто механистической, бесполезной и реакционной «наукой», лженаукой. От этой неправильной оценки кибернетики, от полного отрицания ее теперь отказались, но пока еще нет единой точки зрения на кибернетическую теорию. Хотя в общем все признают большой вклад так называемой технической кибернетики в дело развития человеческих знаний и практической деятельности человечества, все же нет согласия в отношении оценки вклада так называемой теоретической кибернетики, за исключением оценки ее вклада в развитие различных точных, математических методов и т. д. Таким образом, расхождения касаются главным образом идеологической, мировоззренческой оценки кибернетики, включая ее теорию информации. Резко выраженную критическую позицию по этому вопросу занял, в частности, Тодор Павлов¹, считающий, что теория

¹ T. Pavlov, Teorie odrazu a kybernetika, «Filosof. časopis», № 2, Praha, 1960, str. 209.

кибернетики в таком виде, как ее преподавал Винер, является по своему существу идеалистической. Т. Павлов особенно критикует винеровское определение информации, представляющей собой одно из центральных понятий кибернетики. Однако, как указал Э. Кольман¹, позиция Т. Павлова является главным образом следствием неправильного понимания им кибернетики, следствием того, что он не разграничивает содержательный и математический аспекты понятия информации.

Согласно Винеру, информация не зависит от материи и энергии. В конце главы «Вычислительные машины и нервная система» своей первой книги о кибернетике² Винер пишет, что информация — это информация и что она не является ни материей, ни энергией, что мозг не выделяет идеи, то есть информацию, механически, как печень выделяет желчь, или как мышцы — энергию. Энергия, затраченная на математические операции, на обработку и передачу информации, очень незначительна по сравнению с самой информацией, и она не может быть масштабом этой информации. (В пользу точки зрения Винера говорит в некоторой степени то, что передача одной и той же информации может быть осуществлена различными физическими способами — преобразованием информации в акустические или оптические и тому подобные сигналы.)

В пятой главе своей следующей книги о кибернетике³ Винер рассматривает организм как сигнал или как информацию, или как форму организации и говорит о теоретической возможности телеграфной передачи человека, разложенного на отдельные элементы информации. Он понимает здесь информацию как форму организации живого существа, следовательно, как его организованность, сохраняющуюся в течение всей его жизни и не зависящую от материи и энергии, которые непрерывно заменяются в течение всей жизни животного, подобно тому как изменяется, но сохраняется водоворот в текущей реке.

¹ См. А. Kolman, Na obranu kybernetiky, «Filosof. časopis», № 3, 1960.

² Н. Винер, Кибернетика или управление и связь в животном и машине, М., 1958.

³ См. Н. Винер, Кибернетика и общество, Издательство иностранной литературы, 1958.

Вопрос об информации, выдвигающийся здесь на первый план, становится поистине пробным камнем. Его можно истолковывать правильно — материалистически, или неправильно — идеалистически¹, и поэтому необходимо остановиться на том, что именно следует понимать под термином «информация». В ходе дальнейшего исследования необходимо будет детально сравнить и сопоставить принципы диалектического материализма и теории информации.

Теория информации, обобщающая материал техники связи, говорит о передаче, приеме и переработке информации и понимает информацию в общем виде как *сообщение*. При этом теорию информации интересует в первую очередь не семантическое содержание этого сообщения, а его математическое отображение. Теория информации стремится выразить это сообщение количественно, с помощью так называемых квантов передаваемой информации, то есть двоичных единиц информации (битов); в более узком смысле слова теория информации понимает под термином «информация» *меру определенности* в сообщении, связанную с пропускной способностью канала передачи, зависящую от источника сообщения, помех и получателя. Информация задается вероятностной характеристикой последовательности посылаемого, передаваемого и отражаемого сигнала. Таким образом, сообщение образует известным способом расположенный ряд символов или сигналов или, выражаясь более общо, *упорядоченную форму*, которая при передаче преобразуется во временную последовательность, а при приеме снова преобразуется в форму (чувственный образ, телевизионное изображение, фразу, мелодию и т. д.).

Теория информации рассматривает информацию преимущественно с коммуникационного, гносеологического аспекта. Кибернетическое понимание информации как формы организации исходит из онтологического аспекта, здесь информация понимается уже не как сообщение, а в более общем виде — как *порядок, организация, упорядоченность*, которые можно также математически выразить с помощью *меры организованности*, на основе фор-

¹ Например, позитивистски — только как признак — или виталистски — как энтелехию, особый духовный принцип, и т. п.

мулы энтропии, выведенной Больцманом—Шенноном (для термодинамической энтропии). Следовательно, можно было бы понимать в общем виде информацию как какую-то *упорядоченную систему* вообще, которую можно *описать математически*, иначе говоря, как математические принципы и математическое описание такой системы. Такой системой является, конечно, не только последовательность сигналов сообщения, а любая алгоритмированная система, причем этот алгоритм задан объективно в системе и может быть познан. Однако представляется, что понятие системы более привычно, более общо, чем понятие информации. Поэтому вопрос о том, как сложится в дальнейшем взаимозависимость понятий информации и системы, будет зависеть от дальнейшего развития этих понятий, которое пока невозможно точно предсказать. Пока что термин «информация» используется преимущественно в области коммуникации и связи между элементами и частями систем и между системами и в меньшей степени касается области управления и организации. Поэтому термин «информация» связан, главным образом, с понятием сообщения и меры определенности в сообщении и в меньшей степени — с понятием упорядоченной системы вообще. По мере развития математического описания упорядоченных систем термин «информация» будет во все большей степени применяться и в этой области. Например, онтологический аспект этого понятия начинают применять в генетике, где уже говорят об информации (программе, алгоритме), заложенной в зародышевой клетке и управляющей развитием организма в упорядоченную систему. Однако, разумеется, преимущественно будут пользоваться скорее гносеологическим аспектом этого понятия и его *математическим, количественным* характером, а не его содержательным, качественным характером, более важным для других понятий. Между гносеологическим и онтологическим нет, конечно, резкой границы, так же как между количественным и качественным.

Таким образом, информацию можно понимать качественно, в гносеологическом смысле как сообщение, а в онтологическом смысле как организацию, и количественно как меру определенности и упорядоченности. Однако во всех этих смыслах информация остается чем-то таким, что не *независимо от массы и энергии*, как это непра-

вильно утверждает Винер. И хотя Винер, разумеется, понимает материю не в общем марксистском смысле, а в узком смысле как вещество или массу, все же совершенно нет абсолютной независимости информации от ее материальных носителей. Информация при передаче и приеме всегда связана с материальными элементами. Информация независима от этих материальных носителей — только в математической абстракции, но не объективно, подобно тому как математика никогда полностью не независима от материального содержания, отображаемого (описываемого) ею с наивысшей степенью абстрактности. Считать количество независимым от качества — это неправильная идеалистическая, пифагоровско-платоновская концепция, гипостазировавшая число и субстанцию. Развивающаяся современная наука движется в направлении все более высокой степени обобщения. Старое термодинамическое понятие энтропии Клаузиуса превращено уже Больцманом из чисто физического в общее математическое понятие, где энтропия выражает меру рассеянной энергии. Теория информации обобщила понятие энтропии для всех областей, и она понимает энтропию в обобщенном, математическом смысле как меру неопределенности или неупорядоченности вообще. Высокая степень всеобщности математически понимаемых терминов энтропии и информации привела некоторых ученых к неправильному гипостазированию этих терминов и к отрыву их от материи. Поэтому необходимо все более глубоко освещать отношение диалектико-материалистических понятий «материя», «количество» и «качество», «развитие» и других к понятию «информация».

Материя, понимаемая марксистски как объективная реальность, существующая независимо от субъекта и отражаемая им, не исчерпывается только физическими свойствами, какими являются вещество, масса и энергия. Материя связана также и с более высокими формами движения, чем физическое движение, и с более высокими качественными особенностями, чем только физические особенности. Наряду с механической и физической формами движения к материи относятся также формы химического, биологического, психического и социального движения. Материя может проявляться в различных физических видах как вещество, излучение, поле, однако ни один материальный объект не существует без массы и

энергии и без основных форм существования материи — движения, пространства и времени. Однако более высокие качественные ступени материи имеют новые качества движения, пространственные и временные качества, которые пока еще не объяснены в достаточной степени. Например, не совсем ясно, что такое биологическое движение, что именно следует понимать под энергией на биологической, психической и общественной ступенях, нет также объяснения новых пространственно-временных свойств этих качественно более высоких ступеней. С другой стороны, понятно, что можно сравнивать различные ступени организованности, имея в виду шкалу развития от неживой природы до живой и до человека. Здесь мы не можем обойтись чисто физическим подходом к понятиям массы, вещества и энергии, хотя и более высокие в качественном отношении ступени не лишены физических свойств массы и энергии. Поэтому было бы правильно ввести для материи наряду с понятием массы (которое иногда понимается как мера гравитационных и инерционных воздействий) и энергии (которая иногда понимается как мера движения) и понятие меры организованности, связанной со стадией развития, которую можно обозначить с помощью общего понятия энтропии (или отрицательной энтропии) и информации, и которую можно выразить, используя какую-то твердую основу измерений (например, абсолютную энтропию и т. п.). Энтропия, математически выраженная формулой Больцмана—Шеннона, является достаточно общим понятием, правда, пока еще разработанным главным образом в области физики и химии, в меньшей степени в области биологии и еще меньше в прочих областях (нейрофизиологии, психологии, социологии, лингвистики, логики). Однако уже выявляющиеся тенденции свидетельствуют о том, что и в этих областях энтропия будет иметь все большее значение. Разработка математически выраженной меры упорядоченности будет иметь большое значение для дальнейшего развития научной диалектики. Согласно диалектике развитие осуществляется на базе общих свойств отражения и, следовательно, можно понимать развитие на базе сохранения достигнутых степеней упорядоченности. Суть процесса развития вообще можно было бы усматривать в противоречии противоположных тенденций к росту как энтропии, так и упорядоченно-

сти. Конечно, ясно, что придется ещё немало потрудиться, прежде чем будет осуществлена полная взаимосвязь всех понятий диалектики (противоположность, качество, причинность, детерминизм и т. д.) с понятиями кибернетики и теории информации. Это относится и к понятиям марксистской гносеологии.

В настоящей работе мы попытаемся применить теорию информации, и особенно ее понятие канала связи, к вопросам процесса познания, имея, главным образом, в виду вопрос отражения объекта в субъекте как передачу и прием информации. Мы уже подчеркивали, что истинность отражения и ценность полученной информации сказываются в общественной практике тогда, когда человек использует полученные сведения в целях преобразования мира и повышения его (мира) и своей степени упорядоченности. Настоящая работа направлена на рассмотрение вопросов процесса отражения и естественнонаучных основ познания. Мы не намерены детально заниматься вопросами общественной практики и общественных основ познания. Однако, вопрос социальной практики — производственной и политической — связан, разумеется, также и с вопросами кибернетики, с вопросами управляемых систем, упорядоченности и информации; отражение экономической базы в головах людей связано с вопросами обратной связи, передачи и обработки информации, с вопросом об общественном сознании и вопросах обратной связи, передачи и обработки информации, с вопросом об общественном сознании и мышлении и т. д. Этим интересным вопросам надо будет уделить повышенное внимание при дальнейшем изучении проблем кибернетики.

Совершенно понятно, что по вопросу о вкладе кибернетики и теории информации в теорию диалектического материализма будет еще много дискуссий и споров. Мы не намерены детально заниматься этим вопросом в настоящей работе. Мы только попытаемся указать на некоторые области проблем теории информации, которые можно было бы использовать при дальнейшей разработке марксистской гносеологии, особенно вопроса о процессе гносеологического отражения. При этом необходимо учитывать идеологическую борьбу, ведь идеалистическая философия уже попыталась использовать для себя достижения кибернетики, злоупотребить ими. Диалекти-

ческий материализм должен тщательно изучить новые данные и категории кибернетики и отделить плевела от зерен. В частности, в будущем надо будет тщательно заняться следующими вопросами:

1. Критикой *механистических* тенденций в кибернетике, сводящих качественно более высокие ступени к более низким, организм к машине и качество к количеству.

2. Критикой *идеалистических* тенденций, отрывающих информацию от ее материальных носителей и гипостазизирующих ее в самостоятельную субстанцию, подобно тому как были в свое время гипостазированы идея, энтелехия, целостность и т. д. Далее, критикой дуалистических тенденций, понимающих информацию и энергию как две совершенно отдельные вещи, особенно в области нейрофизиологии и психологии в связи с вопросом об отношении физиологического к психическому.

В нашей работе в отличие от винеровской концепции мы попытаемся показать именно зависимость информации от материальных элементов, от материи и энергии, причем мы будем опираться, помимо прочего, и на замечания Сциларда и Бриллюэна, в работах которых показана тесная связь между энергией и информацией. Детально об этом будет говориться в следующем разделе. Информацию невозможно передавать, принимать и обрабатывать без зависимости от ее материальных носителей. Без материальных носителей, без взаимозависимостей с материей и энергией информация является чистой абстракцией, не существующей объективно в таком виде. Подобно тому как форма и содержание, теория и практика, субъективное и объективное, психическое и физиологическое не существуют иначе как в диалектической взаимозависимости, так и информация (понимаем ли мы ее как сообщение или как форму организации) и материальные элементы, то есть вещество, масса, энергия и т. д., находятся в диалектической взаимосвязи. Это ярко выражено именно в гносеологии:

1) процесс гносеологического отражения невозможен без существования материальных объектов, подвергающихся отображению, невозможен без материальной среды, являющейся обязательным условием для переноса информации от объекта к объекту;

2) содержание сознания как конечного звена процесса познания, процесса передачи информации, не существ-

вует без зависимости от материального субстрата — мозга, и от его физиологических процессов;

3) наши знания, наша информация об объективной реальности получают свое эффективное содержание только тогда, когда они успешно используются (если они были правильными) для преобразования материального мира в ходе практической деятельности, в которой субъект диалектически связывается с объектом и изменяет и свою и его организованность.

Категории «энтропия» и «информация», понимаемые в правильном материалистическом смысле, имеют бесспорно огромное значение для современной науки и современного научного мировоззрения. В математических методах кибернетики, в математической теории информации и в других современных областях математики и состоит сила новой науки, построенной на материалистическом мировоззрении, так как эта наука способна добиться высокой точности, абстрагируясь в высшей степени от конкретного содержания. Конечно, в высокой степени абстрактности и математизации может скрываться и слабость науки, если она будет забывать, что абстрагирование от содержания является только необходимым средством современного познания, хотя и весьма важным средством; если эта наука не будет стоять прочно на материалистической базе, то она ошибочно допустит отрыв формы от содержания, будет неправильно, идеалистически истолковывать новые данные и категории, одной из которых и является категория информации. Не отрыв, а, наоборот, все более тесное сочетание, тесная увязка формы и содержания, теории и практики, включая ликвидацию различий между умственным и физическим трудом, — вот правильный материалистический смысл автоматизации, кибернетики и теории информации в наступающем веке коммунизма. В этом направлении необходимо будет далее развивать дискуссии по вопросам информации и взаимосвязи материалистической диалектики с математической теорией информации.

2. ИНФОРМАЦИЯ И УПОРЯДОЧЕННОСТЬ МАТЕРИИ

Материалистическую концепцию информации можно особенно удачно построить на связи информации и материальной упорядоченности, в первую очередь в связи с

материалом физически (и особенно термодинамически) ориентированной биологии.

Внимание современной науки в первую очередь приковано к исследованию связей между органическим и неорганическим, между физическим и биологическим, а также между органическим и психическим или в более широком смысле — между физико-биологическим и психико-логическим. Объединяющим понятием, мостом между современной физикой и современной биологией, между мирами неорганическим и органическим является главным образом физическое понятие негэнтропии, понимаемой как мера организованности, мера порядка. Мост между мирами органическим и психическим, между биологией и психологией (или в более широком смысле антропологией — наукой о человеке) может быть усмотрен в категории информации, понимаемой как мера определенности, а отсюда также и как мера порядка. Современная биология использует категории кибернетики и теории информации, в частности категории «управление», «обратная связь», «передача информации». Она исследует организм как систему, регулирующую свою деятельность на основе передачи информации в порядке обратных связей. Современная биология связывает проблему наследственности с кодированием информации, с программами в зародышевой клетке, с переносом этой информации в зародышевой клетке и с развитием организма в соответствии с информацией, с инструкцией, заложенной в зародышевой клетке. Современная биология изучает характер этой информации и ее физико-химическую базу. Она изучает процессы переработки информации в онтогенезе и филогенезе. Она изучает коммуникации организма со средой, рассматривает поведение организма в плане информационной взаимосвязи между организмом и средой, в плане передачи информации и связи ее с управлением внутри организма. Она рассматривает трансформирование информации в нервной системе и передачу сообщений в системе кровообращения и гуморальной коммуникации. Несмотря на свою историческую изменчивость, организм представляет собой и некоторый сравнительно стабильный порядок; этот сравнительно стабильный порядок можно было бы теоретически алгоритмизировать, и в этом смысле его можно было бы формально выразить как информацию. Организм являет-

ся структурой, порядком, формой, но, конечно, не без содержания, не без вещества, то есть не без материальных носителей энергии, имеющих, конечно, в рамках организма другую функцию, чем вне этих рамок. Сообщения из внешней и внутренней среды, получаемые и перерабатываемые организмом, несут с собой информацию, способствующую сохранению порядка организма. Следовательно, организму нужен прилив не только вещества и энергии, но и информации. Латинское слово «informare», из которого возникло наше слово «информация», означает приводить в форму, придавать форму, подобие, формировать, а также и изображать, представлять, создавать представление, понятие. Латинское слово «informatio» означает представление, понятие, контур. Процесс создания информации можно в общем виде понимать как *приведение к форме, формирование (оформление), образование порядка*, причем как формирование вещества в органическую структуру, так и оформление отраженного материала в логическую форму, в сознание. Единство психического и органического, обусловленное категорией информации, можно видеть и в том, что отраженное сообщение составляет индивидуальный опыт условно рефлекторного характера и что этот опыт может превратиться в родовой опыт, передаваемый в процессе обучения, или же, наконец, наследственными механизмами. Таким образом, эмпирическая, психическая информация может перейти в информацию органическую, биологическую, в генотип. Единство психического и органического состоит также и в том, что физиологические процессы переходят в сознание, в прием сообщения субъектом, что отражается в виде функционально-структурных изменений мозгового вещества, изменений, которые могут подвергаться обратным влияниям и могут быть преобразованы в виде уложенной на хранение потенциальной информации для предстоящих в будущем мозговых процессов.

Процессы сохранения порядка в природе менее вероятны, чем процессы уменьшения порядка и роста неупорядоченности, но эти процессы сохранения вовсе не невозможны. Возникновение жизни было необходимым и закономерным. Согласно теории информации, индивидуальное количество информации есть мера неожиданности. Эта исключительность, малая вероятность характерна и для возникновения и сохранения жизни во

Вселенной. Жизнь состоит в сохранении степени организованности, в сохранении меры свободной энергии, в неповышении энтропии, в сохранении различий в степени организованности организма и среды. Это сохранение структуры, формы и организации совершается так, что расходуется, деградирует энергия, преобразуемая в более низкие формы, воспринимаются вещества, богатые свободной энергией, и эта свободная энергия преобразуется в связанную. Таким образом, организм является сравнительно устойчивым, постоянным складом свободной энергии. В организме восстанавливается равновесие, и энтропия становится сравнительно постоянной, точнее говоря, рост энтропии в организме протекает медленнее роста энтропии в неорганических изолированных системах, но этот рост не совершенно нулевой, так как организм стареет. Если бросить камень, он теряет полученную им ранее свободную энергию и не может ее восстановить. Организм постоянно восстанавливает свой порядок и создает его; путем сжигания веществ он высвобождает энергию и использует ее для связи, для функциональной деятельности. Нервная деятельность также опирается на восстановление упорядоченности ионов — деполяризации нерва после возбуждения, компенсируется приливом новой энергии, следовательно, нерв имеет консервирующие тенденции, он сопротивляется изменению своей упорядоченности.

Шредингер¹ различает два типа порядка:

1. Порядок, возникающий из беспорядка, если, например, энтропия организма сохраняется путем постоянного связывания свободной энергии, то есть путем ее обесценения.

2. Порядок, возникающий из порядка, как, например, порядок организма, возникающий из порядка хромосомной молекулы, когда микроскопический порядок преобразуется в макроскопический.

Другим примером типа порядка, возникающего из порядка, можно считать наряду с онтогенетическим развитием и филогенетическое развитие и развитие жизни вообще. Филогенетическое развитие основано на сохране-

¹ См. E. Schrödinger, What is Life, Cambridge, 1944 (русск. перев.: Э. Шредингер, Что такое жизнь с точки зрения физики, М., 1947).

нии и использовании порядка, достигнутого отдельными организмами в ходе их индивидуального развития. Организмы на более высокой стадии эволюции характеризуются большей экономичностью, более совершенной организованностью, основанной на использовании прежнего биологического опыта, полученного филогенетическим путем.

Согласно Гуммелю¹, эволюцию можно характеризовать как постоянно повышающуюся степень экономии энергии, хранения ее, как затормаживание процессов обесценения энергии и как использование свободной энергии для повышения степени организованности. Эволюция, развитие, по Гуммелю, означает увеличение свободной энергии. Сущность жизни организма состоит, по Гуммелю, в сохранении и восстановлении степени порядка; сущность развития жизни состоит в росте порядка на базе сохранения опыта организмов. Сущность жизни отдельного организма состоит в неповышении энтропии, а сущность развития жизни состоит в убывании энтропии.

Смысл развития жизни заключается в процессах еще менее вероятных и еще более неожиданных, чем сохранение существования отдельного организма, здесь речь идет о росте упорядоченности на основе сохранения ранее достигнутых степеней упорядоченности. Память как элемент жизни все больше развивается у человека, наделенного сознанием, мышлением. Рост порядка у человека происходит далее путем познания и активного создания этого порядка. Возникновение сознания и мышления является еще менее вероятным и еще более неожиданным, чем само возникновение жизни. Человеческие понятия по существу своему имеют весьма неправдоподобную структуру, так как их абстрактность дает возможность создавать образы более совершенного порядка. Например, человек приходит на основе понятийного мышления к идеям идеальной точки, идеальной прямой, треугольника и т. п., которые в конкретной действительности в совершенной форме не встречаются. (Поставленная точка все же имеет некоторые размеры, вычерченная прямая не абсолютно пряма, конкретный треугольник имеет углы, сумма

¹ См. J. H u m m e l, *Natürlicher Ablauf der Entropievermehrung und die Lebenserscheinungen*, Leipzig, 1942.

которых не точно равна 180° .) Следовательно, человек может создавать более совершенный порядок, чем существующий в природе, может творить, улучшать (самолет, например, летит быстрее, чем птица, и он все более отличается от нее, хотя первоначально он был построен на имитировании птицы). С ростом познания и памяти возрастает не только запас знаний и информации в памяти, но совершенствуется и сама способность запоминания и воспроизведения информации. Человек сохраняет и повышает порядок не только тем, что он восстанавливает свою биологическую упорядоченность путем обмена веществ и сохраняет отраженный опыт, но и тем, что он способен моделировать порядок и благодаря своей способности к абстрагированию, к творческому мышлению и к использованию активной памяти способен создавать новые типы порядка, которых до сих пор в природе не было. Человек способен к качественно более высоким формам самоорганизации.

В природе различаются изменения обратимые и необратимые, между которыми, впрочем, нет резкой разницы. О взаимозависимостях этих изменений специально говорит, например, Гуммель в своей цитированной выше работе. Он различает так называемые обратимые системные функции (Systemfunktionen) и необратимые структурные изменения (Gefügeänderungen). В системных функциях всегда восстанавливается первоначальное состояние, изменение порядка системы здесь только временное, основной характер этого порядка остается незатронутым, стойкие изменения происходят только вне системы. Для системных функций характерны циклические процессы, периодичность. Это, например, обмен веществ, кровообращение, циклы дыхания, кругооборот планет, неподавленные колебания маятниковых часов и т. д. Замена части системы происходит без структурных изменений (например, замена клеток организма), организация продолжает свое действие, сохраняется. Предпосылкой функционирования этих процессов является, конечно, восстановление среды (кислорода в воздухе, среды, содержащей пищу, восстановление источников энергии). В противоположность этому для процесса структурных изменений характерна необратимость. Это, например, возникновение и гибель организма, радиоактивный распад, выветривание горных пород и т. д. Гум-

мель обращает внимание на то, что между обоими типами процессов нет абсолютного различия и что это зависит от точки зрения, от системы, взятой за основу сравнения. Например, обмен веществ является для организма системной функцией, но для вещества это структурные изменения; подобно этому смерть организма означает одно для самого организма и другое — для вида этих организмов. Состояние определенной сравнительно устойчивой организации является носителем системных функций; в этих рамках могут происходить необратимые структурные изменения подсистем (например, взаимосвязь организма и его клеток).

Процессы роста или убывания энтропии — это процессы противоположного порядка, но общим для них является то, что они, как правило, имеют массовый статистический характер. Процесс роста энтропии аналогичен понятию регрессивного развития, а процесс убывания энтропии — понятию прогрессивного развития. Для обоих общим является необратимость. Наряду с этим в мире имеются процессы, в общих чертах обратимые, например круговорот планет, циклы обратной связи, включая и обмен веществ. Эти циклы повторяются и остаются неизменными только в течение определенного периода, во время которого сохраняется также степень упорядоченности данной системы. Сохранение этой степени может быть и у некоторых необратимых процессов, если она (степень упорядоченности) очень низка: речь идет о перегруппировке свободно сгруппированных элементов в какое-то множество, что имеет место, например, при движении облаков, при транспортировке кучи песка и т. п. Конечно, свободный агрегат очень легко становится структурой с каким-то принципом упорядоченности, как это имеет место, например, у стада животных; куча песка также перестает быть свободным агрегатом, если ребенок построит из нее какое-то сооружение. Таким образом, наряду с обратимыми процессами имеются три вида необратимых процессов, а именно:

- 1) регрессивный (со снижением степени упорядоченности),
- 2) прогрессивный (с повышением степени упорядоченности),
- 3) нейтральный (без изменения степени упорядоченности).

Процесс роста энтропии происходит у изолированных систем, если мы, например, оставим какое-то животное в закрытом пространстве с ограниченным количеством пищи. Сохранение, восстановление степени упорядоченности или процесс убывания энтропии и повышения упорядоченности имеет место у открытых систем. В современной биологии организм понимается как открытая система, находящаяся в процессе непрерывного изменения и стремящаяся к так называемому плавному, динамическому равновесию (*steady state*, *Fliessgleichgewicht*) с окружающей средой, то есть вынужденная постоянно поддерживать это равновесие. От организма и его динамического равновесия неотделимы и процессы получения информации.

Вопрос об открытых и закрытых системах разработан классической и современной термодинамикой. Классическая термодинамика рассматривает состояние статического равновесия, процессов в замкнутых системах, переходов из одного равновесного состояния в другое. Уравнения этой термодинамики могут быть использованы и в отношении обратимых процессов. Берталанфи¹ отмечает, что классическая термодинамика является поэтому скорее термостатикой, чем термодинамикой, так как она неприменима для неравновесных состояний, для необратимых процессов и для процессов передачи за границы системы. Поэтому в современную эпоху термодинамика была обобщена, разработана в части равновесных и неравновесных состояний, особенно бельгийской школой — Пригожиным, Денбиджхемом и де Гроотом. Закрытая система — это, по Берталанфи, система без обмена веществ с окружающей средой (хотя тут и может иметь место некоторый обмен энергии), достигающая в конце концов стойкого, статического равновесия. Живой же организм, наоборот, поддерживает свое состояние в результате непрерывного обмена своих составных частей, и развитие живого организма и жизни вообще идет в отличие от закрытых систем в сторону менее правдоподобных состояний, в сторону упорядоченности. По Берталанфи, открытая система имеет более общий характер, тогда как закрытая система является

¹ См. L. v. Bertalanffy, *Biophysik des Fliessgleichgewichts*, Braunschweig, 1950.

только крайним случаем открытой, когда величина транспорта веществ нулевая. Биолог Вольтерек ввел для процессов снижения порядка термин «катаморфоза», а для обратных процессов — повышения порядка — термин «анаморфоза».

Процессы снижения упорядоченности связаны с известным понятием энтропии, первоначально развитым в термодинамике. Энтропия в физике связана с процессами обесценения энергии, с потерей способности совершить работу. Она выражает меру качественных изменений энергии, основанных на невозможности создавать внешний эффект. Таким образом, энтропия означает дословно преобразование энергии «к себе». Одновременно физическая энтропия выражает степень неопределенности микроскопического состояния какой-то системы, если дано ее макроскопическое состояние. Если, например, мы знаем температуру и давление газа, знаем ее только макроскопически, то тут мы имеем дело с неопределенностью микроскопических деталей состояния отдельных молекул газа, то есть мы не знаем положения, скорости и направления движения каждой отдельной молекулы. Отсюда следует вероятностный характер энтропии, что подчеркнуто Больцманом. Согласно Больцману, тенденция к росту энтропии имеет только большую вероятность, но при этом не исключены и обратные процессы, принцип энтропии полностью справедлив только для закрытых систем. Энтропия пропорциональна логарифму вероятности для соответствующего состояния системы:

$$S = k \log W,$$

где k — постоянная Больцмана. Таким образом, есть и некоторая вероятность перехода к состояниям с меньшей энтропией, например в незакрытых системах. Энтропия выражает вероятностное состояние системы и направление ее процессов, следовательно, она охватывает структурный и динамический моменты.

Согласование вопроса об энтропии с вопросом о замкнутых и открытых системах привело к тому, что понятие энтропии было распространено из области термодинамики в область биологии¹. В частности, это сделали

¹ Кроме упоминаемых далее работ см. также: К. С. Тринчер, Биология и информация. Элементы биологической термодинамики, Изд-во «Наука», М., 1965. — *Прим. ред.*

Шредингер¹ и Бергаланфи². Шредингер назвал энтропию мерой дезорганизации, неупорядоченности и противопоставил этому понятию негативную энтропию — негэнтропию как меру упорядоченности, организации. Собственно говоря, он этим объединил физические категории энтропии и порядка с биологической категорией организации. Негэнтропия выражена в формуле как отрицательная энтропия Больцмана:

$$\text{негэнтропия} = -k \cdot \log D = k \cdot \log 1/D,$$

где D — мера молекулярного беспорядка тела, обусловленного движением тепла и случайным перемешиванием. В закрытой, неживой системе возрастает энтропия и убывает упорядоченность, не восстанавливается начальная степень упорядоченности. Открытая, живая система сохраняет или даже повышает свою степень организации. Организм также подчинен законам термодинамики и также создает энтропию — при обмене веществ происходит обесценение этих веществ и деградация энергии. Однако организм сопротивляется понижению степени своей организованности тем, что он непрерывно ассимилирует упорядоченность из окружающей среды в виде пищи, воздуха и солнечных лучей. Выражаясь словами Шредингера, «организм питается негативной энтропией». Организм получает в виде пищи сложные органические молекулы с большой свободной энергией, расщепляет ее и возвращает в окружающую среду более простые продукты. В противоположность этому в закрытой системе энтропия возрастает и порядок постепенно нарушается, так как ее изолированная система не может восстанавливать саму себя.

Согласно Бергаланфи, движение энтропии в открытых системах иное, чем в закрытых, где прирост энтропии всегда положителен и где энтропия возрастает по формуле

$$dS > 0.$$

В открытых системах энтропия изменяется как путем образования энтропии внутри системы, так и путем

¹ См. E. Schrödinger, What is Life (русск. перев.: Э. Шредингер, Что такое жизнь с точки зрения физики?).

² См. цит. выше работу.

перехода энтропии из окружающей среды в систему, причем эта вторая энтропия может быть и нулевой или отрицательной. Берта LANFI использует функцию энтропии по Пригожину¹

$$dS = d_e S + d_i S,$$

где $d_e S$ — изменение энтропии внешних процессов, $d_i S$ — изменение энтропии необратимых процессов внутри системы, на которые влияет перепад температуры электрического потенциала, и т. д. В то время как $d_i S$ постоянно положительно, $d_e S$ может быть положительным, нулевым или отрицательным (если в организм подаются вещества, богатые свободной энергией). Берта LANFI говорит, что в динамическом равновесии изменение энтропии нулевое, так как образующаяся позитивная энтропия компенсируется негативной энтропией из окружающей среды ($-d_e S$). При развитии организма негативная энтропия может даже превысить позитивную.

Процесс снижения энтропии может быть достигнут не только путем ассимиляции негативной энтропии из окружающей среды в виде пищи, но и с помощью информации сообщения. На это впервые указал, собственно говоря, уже Максвелл, а после него снова указал Сцилард, а в недавнее время — Бриллюэн. Этим была введена взаимозависимость термодинамического понятия энтропии и информационного понятия той же энтропии. Знаменитый демон Максвелла — это микроскопическое гипотетическое существо, наделенное разумом, способное сопротивляться процессу нарастания энтропии в закрытой системе. Максвелл подчеркивает чисто вероятностный характер нарастания энтропии и возможность противоположных процессов. Если мы соединим два объема газа или жидкости неодинаковой температуры, то мы увидим, что через некоторое время молекулы обоих объемов перемешаются и температура всех их выравнивается. Максвелл создал модель, в которой объемы газов будут связаны друг с другом миниатюрным клапаном, через который может проходить одновременно только одна молекула. Этот клапан будет обслуживать воображаемый демон, который будет пропускать только быст-

¹ См. I. Prigogine, *Thermodynamique des phénomènes irréversibles*, Liege, 1947.

рые молекулы в один объем и только медленные в другой объем. Так постепенно создастся такое положение, что на одной стороне окажутся только быстрые, а на другой — только медленные молекулы, так что распределение температуры в замкнутой системе достигнет состояния, возникновение которого в природе маловероятно.

Этой гипотезой позднее занимался Сцилард¹. Сцилард считает гипотетически возможным перпетуум мобиле второй степени при вмешательстве разумного существа. Он указывает, что производством измерений и использованием их результатов можно изменить поведение системы по сравнению с поведением системы, предоставленной самой себе. Наличие у измерительной системы памяти дает возможность уменьшения энтропии, если только само измерение не создает энтропию такой же величины. Например, демон Максвелла регулирует свое поведение в каждом отдельном случае в зависимости от результатов наблюдения за приближающимися молекулами. Сцилард полагает, что этим способом можно получить работу из тепла. Здесь он продолжает ход мыслей, высказанных в 1914 году Смолуховским, также считавшим возможным существование перпетуум мобиле при вмешательстве разумного существа, которое, для того чтобы оно могло изменять свою деятельность, должно быть всегда информированным о мгновенном состоянии данной системы. Конечно, при этом нужно было бы устранить задержки во времени, имеющие место при получении информации, и далее необходимо учитывать, что сенсорные и моторные, нервные и биологические процессы у наблюдающего живого существа означают обесценение энергии. Следовательно, надо было бы компенсировать и жизненные процессы наблюдающего, которые необходимо включить во всю систему.

Модель Сциларда, использующая измерения для уменьшения энтропии, выглядит следующим образом: имеем цилиндр, который можно разделить на две неодинаковые части промежуточной стенкой — поршнем, вводимым внутрь наблюдающим человеком. Газ в цилиндре

¹ См. L. Szilard, Ueber die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen, «Zeitschrift für Physik», № 53, 1929.

состоит только из одной молекулы, которая может находиться во всем цилиндре, если он не перегороден. Человек вводит стенку и определяет, находится ли теперь молекула в верхней или нижней части. Если она находится, например, наверху, то он двигает стенку вниз (или наоборот), причем молекула давит на стенку и переносит на нее определенное количество работы (изотермическое расширение идеального газа объема V_1 до объема V_1 плюс V_2). Водный резервуар температуры T обеспечивает изотермичность. Стенка соединена с грузом, потенциальная энергия которого при этом постоянно возрастает, так что получается работа за счет тепла. Движение поршня можно механизировать, так что человеку останется только определять положение молекулы и нажимать на гашетку, регулирующую движение, или соединять координату x (положение молекулы) с координатой y (положение гашетки). Этим способом измерение используется для уменьшения энтропии.

В связи с указанными рассуждениями Бриллюэн¹ говорит, что демон Максвелла или наблюдатель Сциларда, собственно говоря, преобразовывают информацию в негативную энтропию, в упорядоченность всей системы. По Бриллюэну, каждый акт наблюдения означает некоторое потребление негативной энтропии, а следовательно, и повышение общей энтропии системы, например в лаборатории. Каждое наблюдение приводит к потреблению энергии и к ее деградации. Поэтому Бриллюэн говорит, что демон Максвелла, или физик, или любой другой наблюдатель может получить информацию только за счет потери определенного количества негативной энтропии. Получение информации приводит к нарастанию энтропии в системе, но с помощью полученной информации наблюдатель может приближенно определить явление, а этим использовать полученную информацию для восстановления части утерянной негативной энтропии и для уменьшения энтропии. Таким образом, весь процесс наблюдения выглядит так, что сначала в системе существует определенное количество негативной энтропии, часть которой расходуется при наблюдении, но это наблюдение одновременно приводит к получению информации,

¹ Л. Бриллюэн, Наука и теория информации, Издательство иностранной литературы, 1960.

использование которой приводит к восстановлению части утерянной негативной энтропии. Бриллюэн подчеркивает, что наблюдение, получение информации не может обойтись без какого-то источника негативной энтропии. Так, например, демон Максвелла должен иметь освещение для наблюдения за молекулами, то есть он должен иметь какой-то источник, который вливал бы в систему негативную энтропию, например фотоэлектрический элемент. И если бы демон не был живым творением и не расходовал бы энергию при физиологических процессах в ходе наблюдения, он должен был бы иметь по крайней мере способность получать информацию, а получение информации не может обойтись без потребления энергии.

В своих рассуждениях Бриллюэн опирается на соотношение неопределенностей Гейзенберга, из которого вытекает, что невозможно одновременно точно определить положение q и импульс p микрочастицы. Эта неопределенность зависит от константы h Планка по соотношению

$$\Delta q \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}.$$

Бриллюэн считает, что при наблюдении полученная информация всегда меньше прироста энтропии или же в крайнем случае равна ему

$$\Delta S \geq \Delta I = k \ln 2.$$

Элементарное приращение информации здесь выражено одним битом—двоичной единицей информации в термодинамических единицах. Таким образом, согласно Бриллюэну, за информацию, полученную при физическом наблюдении, приходится платить ростом энтропии в лаборатории, которая (энтропия) всегда больше полученной информации. Рост энтропии можно будто бы ограничить таким образом, что он будет лишь ненамного больше приращения информации, но он никогда не может быть меньше.

Однако представляется, что Бриллюэн здесь прав только частично. Акт наблюдения, а следовательно, акт познания вообще, в результате которого мы получаем информацию, связан, конечно, с потреблением энергии, а следовательно, и с определенным нарастанием энтропии. Однако рост энтропии при наблюдении превышает

полученную информацию лишь тогда, когда мы имеем дело с какой-то изолированной системой наблюдения, но можно сказать, что с развитием познания среднее приращение информации изменяется по сравнению с приращением энтропии, так что в конце концов первое (приращение информации) должно превысить второе (приращение энтропии). Если бы это было не так, то познание не могло бы развиваться в направлении повышения упорядоченности, повышения негативной энтропии, то есть того, свидетелями чего мы являемся при развитии общества.

С развитием познания в индивидуальной и общественной памяти накапливается все больше информации, количество информации возрастает, причем даже быстрее, чем в арифметической прогрессии. Студент вуза получает за сравнительно короткое время и при сравнительно малом расходе негативной энтропии информацию, полученную обществом за целые столетия. Таким образом, благодаря памяти потребные время, энергия и негэнтропия постепенно относительно уменьшаются по сравнению с получаемой информацией; так может быть достигнуто большое количество информации при незначительном расходе энергии и при незначительном росте энтропии. Эта большая информация дает возможность при небольшом расходе энергии регулировать и направлять большие количества энергии, что приводит к росту упорядоченности в мире. В познании рост энтропии не только не превышает рост информации, а, наоборот, познание может приводить к убыванию энтропии, к росту негативной энтропии, к росту упорядоченности.

Таким образом, информация связана с негативной энтропией не только в формальном и количественном выражении, но и в части содержательной, качественной стороны: информацию сообщения можно использовать для роста упорядоченности мира, между информацией и материей нет пропасти. Тесная взаимозависимость между информацией и материей доказывается и многими фактами из психологии и физиологии высшей нервной деятельности, к которым мы обратимся ниже.

V. ИНФОРМАЦИЯ И НЕРВНАЯ СИСТЕМА

1. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СООБЩЕНИЙ В НЕРВНОЙ СИСТЕМЕ

Основной чертой живой материи является ее способность к раздражимости, что дает возможность приспособления организма к условиям среды. У животных с нервной системой носителем этой раздражимости является прежде всего нервная ткань, которая, кроме того, способна проводить возбуждение и сохранять его действие в виде следов. Организм стремится сохранить себя в состоянии внутреннего равновесия, внутренней стабильности, сохранить свою качественную отличительность от среды, непрерывно нарушающей это равновесие. Организм постоянно циклически восстанавливает свое равновесие. Все биологические функции организма направлены на сохранение равновесия организма, на сохранение его упорядоченности. Подача пищи обеспечивает химическое равновесие организма, подача жидкости — осмотическое равновесие, подача кислорода — ионное равновесие. Это равновесие обслуживается прежде всего нервной системой. Одним из первых охарактеризовал жизнь как сохранение равновесия И. П. Павлов: «Возьмем сложное химическое тело. Это тело может существовать как таковое лишь благодаря уравниванию отдельных атомов и групп их между собой и всего их комплекса с окружающими условиями.

Совершенно так же грандиозная сложность высших, как и низших организмов остается существовать как целое только до тех пор, пока все ее составляющее тонко и точно связано, уравновешено между собою и окружающими условиями.

Анализ этого уравнивания системы и составляет первейшую задачу и цель физиологического исследования как чисто объективного исследования...»¹

«...Только идя путем объективных исследований, мы постепенно дойдем до полного анализа того беспредельного приспособления во всем его объеме, которое составляет жизнь на земле. Движение растений к свету и отыскивание истины путем математического анализа — не есть ли в сущности явления одного и того же рода? Не есть ли это последние звенья почти бесконечной цепи приспособлений, осуществляемых во всем живом мире?»

Мы можем анализировать приспособление в его простейших формах, опираясь на объективные факты. Какое основание менять этот прием при изучении приспособлений высшего порядка!»²

В процессе сохранения внутреннего равновесия организма и равновесия со средой организм сохраняет более высокий тип упорядоченности, чем имеющийся у среды. Существом жизни и является способность сохранить различия в уровнях упорядоченности (разнообразия) между организмом и средой. Организм сам является системой в высшей степени неустойчивой, сохраняющей свою устойчивость путем непрерывной циклической дыхательной деятельности, кровообращения, обмена веществ, сна и бодрствования, и если иметь в виду сохранение вида, то тут речь идет о циклах жизни и смерти при чередовании поколений. Непрерывной проточной системой, как называет биологическую систему биолог Берталанфи, является не только отдельное животное, но и вид животных. Диалектическое единство неустойчивости и устойчивости выше всего у нервной ткани, наиболее чувствительной к импульсам и помехам, лучше всего реагирующей, но также легче всего и разлагающейся при недостатке питательных веществ, и особенно кислорода. Именно эта ткань является основным хранителем различий между организмом и средой, хранителем самобытности и упорядоченности организма и даже носителем его развития, хранителем его растущей опытности, важнейшие компоненты которой преобразуются в на-

¹ И. П. Павлов, Полн. собр. соч., М., 1951, стр. 25—26.

² Там же, стр. 38.

следственное вещество, которое можно считать самой общей формой памяти вида животных.

Наряду с выполнением задач обеспечения и регулирования функции обмена веществ нервная система дает организму информацию о среде, в которой находятся потребные организму вещества, но она (нервная система) представляет собой и ряд опасностей для организма. Согласно И. П. Павлову, элементарной формой уравнивания организма со средой является нервный рефлекс, нервная связь, имеющая три части — центростремительную, центральную и центробежную. Особо важную роль для совершенствования биологической функции уравнивания имеют временные связи — условные рефлексы, вызываемые условными стимулами, сигналами безусловных стимулов. Сигнализационная деятельность выполняется нервными анализаторами, которые сортируют, разлагают и соединяют внешние стимулы, приносят и обрабатывают для организма информацию о среде. Ощущения — это раздражения нервных анализаторов, обработанные и осознанные корой головного мозга. Сигналы дают организму возможность ориентироваться в среде, приспособляться и уравниваться. Условный рефлекс представляет собой сокращенные и более быстрые связи, сигнальная деятельность дает организму экономию времени и энергии. Сигналы, сокращенные, быстрые и упрощенные, воспроизводят для организма внешнюю реальность, создают ее модель. Еще более гибкое созидание временных связей возможно благодаря наличию второй сигнальной системы, состоящей из сигналов — из словесных понятий, обобщающих восприятия и отражающих существенные свойства объективной реальности в весьма экономичном коде. Эта система выполняет более точный анализ и синтез, чем первая сигнальная система, она осуществляет сложные комбинации соединений, уточняет и совершенствует не только представление о реальности, но и поведение организма относительно этой реальности.

В создании нервной системой картины объективной реальности участвуют все уровни деятельности этой системы, начиная от работы отдельных нейронов и до высшей нервной деятельности. При этом процессе нервная система осуществляет сложные ограничения разнообразия. Подобно тому как поток сообщений в процес-

се гносеологической коммуникации объекта и субъекта не может существовать при равенстве уровней разнообразия объекта и субъекта, так и процессы отражения мозгом и процессы сознания не могут обойтись без определенного редуцирования всего разнообразия в мозге без различия в уровнях разнообразия внутри мозга.

Ограничение разнообразия при аналитико-синтетической деятельности мозга производится путем усиления различий в уровнях возбудимости. Хотя это звучит парадоксально, но максимальное разнообразие означало бы, собственно говоря, минимальное разнообразие, так как тогда процессы возбуждения и торможения были бы равномерно распределены по всему мозгу, то есть все клетки мозга имели бы одинаковую степень стационарного раздражения. Поэтому при процессе раздражения производится выбор в первую очередь из огромной массы внешних импульсов, некоторые из которых оцениваются при этом как важные, существенные, более сильные, а другие — как не имеющие большого значения, как слабые. Таким образом, редуцируется разнообразие этих импульсов и объективная реальность дифференцируется тем, что некоторые ее черты и процессы оцениваются особенно высоко. Аналогичная дифференциация происходит в мозгу, где некоторые процессы возбуждения ослабляются и тормозятся, тогда как другие, наоборот, усиливаются. Итак, мозг, собственно говоря, выполняет функцию, аналогичную функции демона Максвелла: он сортирует процессы на более сильные и более слабые, пропускает через порог сознания только более сильные процессы, тогда как более слабые он подавляет или же использует энергию их раздражения для усиления более сильных процессов. Так происходит уже в процессе наблюдения, когда усиливается контраст между наблюдаемой формой, находящейся в центре внимания, и между слабее наблюдаемым, неразграниченным фоном. Этими процессами ограничения разнообразия оцениваются и усиливаются некоторые регулярности, закономерности объектов, и эти закономерности фиксируются в наших представлениях, в нашей информации об объектах, в наших идеях. Код нашего мозга определенным образом преобразовывает регулярности, закономерности внешнего мира в регулярности наших представлений, не вполне

соответствующих регулярностям, закономерностям этого внешнего мира.

Основой процесса познания является существование различий в регулярности и упорядоченности объекта и субъекта, среды и организма. Организм как открытая система сохраняет свою упорядоченность путем непрерывного динамического достижения равновесия, чему служит и получение информации. Основной характерной чертой живой материи является ее способность раздражаться, способность, необходимая для выполнения этой функции выравнивания и уравнивания. Раздражимость можно рассматривать как способность организма реагировать на изменения внешней среды изменением его жизненных проявлений. Согласно Голубаржу¹, эта раздражимость имеет две формы:

1) низшую, в эволюционном отношении более старую, которой является раздражение или стационарное раздражение;

2) высшую, в эволюционном отношении более позднюю, которой является возбуждение, проводимость раздражения, свойственную нервной системе высших животных и их ощущающей и движущей системе. Раздражение у низших животных, имеющих диффузионную нервную систему, например у кишечнополостных и медуз, распространяется во всех направлениях, функции нервных клеток у них не специализированы, каждая клетка воспринимает импульс, передает его и реагирует на него, то есть здесь сенсорные и моторные клетки не дифференцированы. Эта дифференциация и развитие функции торможения имеются у живых существ с ганглиевой нервной системой (у червей), у которых раздражение распространяется только в определенных направлениях и реакции которых более пластичны. Дальнейшая дифференциация нервных функций имеется у живых существ с центральной нервной системой и с условными рефлексам. Наивысшая степень дифференциации и наиболее развитые функции торможения имеются у человека, для которого характерно существование второй сигнальной системы.

Итак, для систем с более совершенным способом получения информации важное значение имеют функции

¹ См. J. Holubář, *Obecná fyziologie nervstva*, Praha, 1957.

торможения, дающие возможность большей дифференциации в отображении среды. Согласно Введенскому, торможение происходит при слишком низком или, наоборот, при слишком высоком уровне стационарного раздражения нерва, когда раздражение не распространяется по волокну. Таким образом, здесь возбуждение имеет место только при среднем уровне стационарного раздражения¹. Электрическим проявлением торможения является, по Голубаржу, гиперполяризация мембраны нейрона, тогда как возбуждение проявляется деполяризацией, то есть временным снижением потенциала покоя нервного волокна, обусловливаемым электрическим напряжением между поверхностью волокна (мембраны) и внутренностью его. Затем этот потенциал покоя снова восстанавливается, происходит реполяризация. При возбуждении волокна нельзя снова привести его в состояние раздражения — наступает так называемая абсолютная рефрактерная фаза, за которой следует относительная рефрактерная фаза, то есть снижение раздражимости нерва после возбуждения, когда нерв отдыхает. В филогенезе происходит энергетическая экономия и ускорение в линии возбуждения путем усиления нервных волокон и создания миелинового влагалища вокруг волокон. У беспозвоночных, например у головоногих, волокна не имеют миелинового влагалища и поэтому могут иметь место проскоки возбуждений между волокнами нерва, синхронизация возбуждений этих волокон. Здесь дифференциация понижена, не развиты также функции торможения; нервная деятельность имеет более диффузионный характер. На высших ступенях развития происходит резкое разграничение возбуждения и торможения, система распространения информации становится дискретной, бинарной (закон «все или ничего»). Эта бинарность, приводящая к разграничению положительного и отрицательного состояния, имеет несколько ступеней:

1. Самой простой формой бинарности является функция предполагаемого *порогового сопротивления нервного*

¹ Эти закономерности относятся и к распространяющемуся раздражению у живых существ, имеющих центральную нервную систему. В отношении низших существ, имеющих диффузионную нервную систему, можно говорить не о возбуждении, а только о раздражении, распространяющемся во всех направлениях и не связанном с торможением.

волокна, которым создается дискретное разграничение состояний возбуждения и торможения и при котором шкала уровня стационарного раздражения непрерывна. Возбуждение возникает при среднем уровне этого раздражения. Таким образом, различные волокна находятся в различных состояниях (проводимость — непроводимость). Кроме того, отдельные волокна могут иметь различный порог раздражимости. Этим обеспечивается многообразие уровней раздражимости.

2. Высшая степень бинарности образуется *пороговым сопротивлением синапсов* (переключение — непереклечение возбуждения на другие нейроны). Этим многообразие повышается еще больше. Некоторые нейроны раздражаются только несколькими одновременными или следующими непосредственно друг за другом возбуждениями, и их раздражимость изменяется главным образом в зависимости от предшествующего функционального состояния синапса. Это есть так называемое явление пространственного или временного суммирования раздражений. Таким образом, на синапсах происходит временная задержка дальнейшего распространения возбуждения, связанная с определенным числом или с определенной плотностью поступивших возбуждений. Благодаря этому временному моменту возбуждения могут дальше передаваться в другой последовательности. Следовательно, для того чтобы имело место переключение возбуждения, раздражение на синапсе должно достичь определенного уровня. Это раздражение может суммироваться с оставшимся раздражением от предшествующего возбуждения, оставившего на синапсе свой след (прокладывание пути следующему возбуждению). Действие синапсов может быть связано не только с раздражающими, но и с замедляющими импульсами, так что оно может быть весьма сложным по сравнению с деятельностью одного изолированного нервного волокна или даже целого изолированного нейрона.

3. Следующей ступенью является *пороговое сопротивление* других более сложных форм — *очагов возбудимости*, состоящих из большего числа нейронов и синаптических комбинаций. Очаги повышенной возбудимости называются, по Ухтомскому, доминантами. Это, по существу, ассоциационные блоки, в известной мере соответствующие стереотипам Павлова. Для того чтобы определенный

очаг возбуждения был приведен в действие, должен быть достигнут определенный уровень раздражения его, причем раздражение стимула суммируется тогда со скрытым (латентным) раздражением очага. Доминанта суммирует раздражение других, сравнительно более слабых очагов, которые она таким образом подавляет, усиливая саму себя до тех пор, пока она не начнет действовать. Таким путем в центрах синтетико-аналитической деятельности дифференцируется существенное и несущественное. Благодаря существованию доминант в коре головного мозга образуется пластичный рельеф различных уровней возбудимости, создающих сложную иерархию.

4. Наивысшей ступенью является функция *порогового сопротивления сознания*. Порог сознания перекрывают только процессы наивысшей возбудимости, тогда как другие процессы ослаблены, заторможены, заглушены или отодвинуты на задний план, образуя недифференцированный внесознательный, бессознательный или подсознательный фон, базу для сознательных процессов. Слабые процессы возбуждения и процессы более слабых очагов возбуждения не осознаются. Эти процессы могут быть корковыми и подкорковыми. Речь может идти и о подкорковых процессах сильной динамики, которые легко могли бы перейти в сознание, но которые по определенным причинам подавляются контролем («цензурой») сознания как нежелательные. Пороговая функция сознания, совершающая выбор между мозговыми процессами и усиливающая одни за счет других, опирается на высоко развитую функцию активного торможения, в частности дифференцирующего и замедляющего, функцию, имеющую и социальное обоснование. При ослаблении «цензуры» коры головного мозга, например при опьянении, могут происходить неуправляемые, эффективные реакции; наоборот, при возбужденной подкорке может иметь место ослабление ощущений и вялость инстинктов. Таким образом, кора головного мозга подавляет эффекты, подкорка же, наоборот, является источником активности коры головного мозга и, следовательно, кора и подкорка находятся во взаимосвязи торможения. При неврозах и психозах нет равновесия между обеими составляющими, они тогда противоречат друг другу и происходит раздвоение личности. Сознательное и подсознательное содержание, корковые и подкорковые процессы находятся

в комплементарной (дополняющей друг друга) связи. Сознание заглушает и подавляет подсознательное и использует его динамику возбуждения для повышения возбудимости корковых процессов. Если понижено пороговое сопротивление сознания, например во сне, может иметь место ослабление подавления тенденций в снах, так как сознание в это время не подавляет эти тенденции, не трансформирует их и не упорядочивает их в определенных целях. Слишком высокий порог сознания, слишком сильное подавление подкорковой динамики и более слабых корковых процессов точно в такой же степени нежелательны, как и, наоборот, излишнее понижение этого порога, когда ослаблена дифференциация между сознанием и подсознанием и подкорковые процессы слишком легко овладевают полем деятельности сознания или когда оказывается ослабленной дифференциация между существенным и несущественным. В то время как пороговое сопротивление и функция торможения низших ступеней выполняются пассивно, автоматически, подавляющая, тормозящая роль сознания активна и подчиняется управлению воли, которая, конечно, зависит от объективных условий и которая объективно мотивируется.

На пороговую функцию нервной деятельности опираются все психические процессы человека, в частности процессы познавательной деятельности, процессы получения и переработки информации. Этим в процессе наблюдения, восприятия усиливается дифференциация между наблюдаемым и фоном и повышается точность в разграничении объектов внешнего мира. Точное разграничение необходимо в процессах логического мышления, закономерности которого опираются на резкую дифференциацию между суждениями, выбранными как истинные, правдивые, и между отрицаниями их.

Под действием пороговых функций всех упомянутых ступеней образуются и усиливаются различия в высшей нервной деятельности. Этим обеспечивается высокая разрешающая способность человеческого мозга, и пространство для отображения информации становится более пластичным. Тут имеется несколько качественных уровней, и это повышает число различных состояний, которые мозг может занять.

2. ИНФОРМАЦИЯ И ФОРМА

Каждое сообщение характеризуется определенным выбором из совокупности возможных сообщений. Это сообщение можно изобразить на выходе в пространстве сообщений как определенную форму. Этой формой в процессе отражения является либо восприятие, либо понятие как обычная логическая форма. И хотя сообщение как последовательность выборов отдельных символов всегда имеет характер какой-то временной последовательности, нужно предположить, что в отражающем сознании адресата производится интегрирование временной последовательности сигнальных серий и, кроме того, данное сообщение интегрируется с уже ранее полученными сообщениями, хранящимися в памяти, образующими блоки памяти, физиологический характер которых пока еще не достаточно ясен и является предметом различных гипотез, которые мы рассмотрим позже.

Понимание вопроса приема, переработки и хранения сообщений в связи с вопросом о форме тесно связано с фактом наличия неразрывной связи между чувственной и логической ступенями процесса познания. Сознает это человек или нет, но он всегда обрабатывает полученные чувствами данные в какой-то связи со своим логическим аппаратом как с запасом своего мыслительного опыта, так и с помощью логических операций — анализа, синтеза, абстракции и т. п. С другой стороны, умственная работа обычно связана с некоторой наглядностью, думающий человек перерабатывает что-то, выражающееся какими-то физическими сигналами, будь это прочтенное или услышанное им слово или будь это какое-то представление.

Любое абстрактное рассуждение не может иметь места вне пространства нашего мозга, оно всегда имеет какие-то пространственно-временные параметры и выражается в сигналах физического и физиологического характера.

Идея, мысль, даже когда она не непосредственно наглядно выражена какой-то формой, все же объективно принимает определенную форму в мозговом веществе. Любое сообщение является каким-то выбором из пространства возможных сообщений, и оно имеет форму. Форму можно понимать как характерную не только для чув-

ственного наблюдения, но и для мыслительных процессов памяти. Хотя при мыслительной оценке аналогий в свойствах чувственно-конкретных предметов человек абстрагируется от ряда второстепенных с данной точки зрения качеств, особенностей, хотя он при этом устанавливает какие-то гомоморфизмы, будто бы отходит от наглядности. В действительности же при этом нет полного устранения наглядности, есть только устранение избыточных элементов чувственной наглядности, что дает возможность постичь основное в данном явлении. Постижение аналогий в чувственных формах дает возможность создания более совершенной, более общей формы логического в понятиях, суждениях и мнениях, форму, создающую в нашем мозгу какую-то упорядоченную систему элементов.

При переработке сообщений в нашем мозгу действуют две основные тенденции: 1) аналитическая тенденция, то есть тенденция к расчленению, к образованию границ и контрастов между явлениями; 2) синтетическая тенденция, то есть тенденция к постижению взаимозависимостей, к объединению сходного. Обе эти тенденции дополняют друг друга, и без них невозможна была бы организованность в познании. Элементы нашего опыта относятся к какому-то контексту, и это отнесение обычно имеет некоторый доминантный и иерархический характер. Эти элементы расчленены определенным образом, они находятся в определенных взаимосвязях и взаимозависимостях, они ограничивают друг друга контурами различной силы и одновременно переплетаются некоторым образом друг с другом, проникают друг в друга. Требованием правильного мышления является наличие определенного равновесия между расчлененностью, когерентностью и доминантностью.

На значение этих тенденций, приводящих к созданию формы, указала целостная и гештальтная психология, давшая материал для анализа наблюдения и мышления. Однако это научное направление неправильно понимает так называемый целостностный принцип (целое — больше суммы составляющих), которым оно объясняет все психические явления, так как оно понимает их как нечто безусловно *субъективное*; в действительности же этот принцип имеет объективный характер; он свойствен всему миру вообще, так как целостность, иначе говоря качественность, преобладание качества над количеством, вытекает не из субъекта, а из *объективной* цельности предметов внешнего мира, которая (цельность) субъ-

ектом только отражается. Несмотря на это, некоторые положения целостностной психологии имеют значение для анализа процессов наблюдения и мышления.

Согласно целостностной психологии, целое отличается от простого агрегата, являющегося только суммой составляющих его частей, так что можно его составные части как угодно перемещать, заменять местами. Таким агрегатом является, например, мешок угля или куча песку, степень упорядоченности которых очень низка. Далее целостностная психология различает целостности, расчлененные, структурированные, которые называются формами или структурами (картина или мелодия, продолжающие существовать и при изменении их составных частей — например при переводе на иную шкалу), и целостности, нерасчлененные, которыми являются проявления низших чувств, в частности ощущения (усталость, гнев и т. д.). Основными признаками формы являются ее замкнутость и расчлененность, возможно, и включенность ее в целостности и формы более высокого порядка. Важное значение имеет подчеркиваемая этой психологией дифференциация, различение формы (фигуры) и неструктурированного фона и принцип дополнения формы: если несколько явлений были однажды или много раз членами определенной структуры и если одно из этих явлений проявит себя как член этой структуры, то это явление имеет тенденцию в большей или меньшей степени дополняться до всей структуры, что проявляется в процессах наблюдения, восприятия, мышления и памяти (тенденция наблюдения для дополнения неполных форм, тенденция незрелой мысли замкнуться в решение или систему, способность части воспоминания вызвать в памяти все воспоминание).

На вопрос о форме в связи с кибернетикой и теорией информации указали Винер, а также Мак Каллох и Питтс¹ при рассмотрении ими проблем мозговых центров зрения и глазных протезов. Винер подчеркнул, что мы идентифицируем формы (если речь идет, например, об узнавании определенного лица), сравнивая данный объект с общей формой, хранящейся в нашей памяти, причем одни черты формы подчеркнуты, а другие редуцированы; у общей формы оригинал замещается выборочными точками и элементами, а контрасты усилены. Общая форма является интегрированием, относящимся ко всем подобным реальным частностям.

Кёлер занимался опытами, которые должны были указать на взаимосвязь между зрительной формой и звуком. Он установил, что большинство лиц, участвовав-

¹ См. Н. Винер, Кибернетика; N. Wiener, *Les machines à calculer et la forme*, в: «*Les machines à calculer et la pensée humaine*», Paris, 1953; W. S. McCulloch, W. Pitts, *How we know Universals*, «*Bull. Math. Biophysics*», 1947.

ших в его экспериментах, связывали определенную форму с определенным звуком. Например, круглую форму они связывали со словом «малюма», а острую форму — со словом «такете».

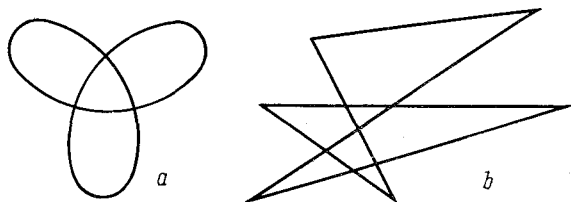


Рис. 7. Взаимозависимость оптической и акустической формы: *a* — малюма, *b* — такете (по Кёлеру). (Взято из книги: R. Hofstätter, *Psychologie*, Frankfurt a. M., 1958.)

Это, по Кёлеру, указывает на существование общей синтетической формы.

Вопрос о форме имеет важное значение в связи с материалом теории информации, которая при рассмотрении вопроса обобщения принципов телевизионной передачи и теории нейронных сетей стремится обработать эти вопросы математически. Принятое и переработанное сообщение создает определенную форму в пространстве сообщений получателя, и вопрос о форме связан с вопросом о закономерности переработки сообщений. Вырисовывается возможность вероятностного описания формы. Неструктурированным фоном можно считать, например, несфокусированный телевизионный кинескоп, а форму, появляющуюся на экране, можно рассматривать как сообщение, выбранное из множества возможных сообщений, то есть как имеющее определенную вероятностную характеристику. Картину, развернутую на телевизионном растре, можно даже выразить в количествах (квантах) информации, если только известен диапазон освещенности, в котором данный кинескоп может работать¹. На рис. 8, взятом из книги П. Нейдехардта «Введение в теорию информации» («Einführung in die Informationstheorie»), показано телевизионное изобра-

¹ Подробнее об этом см. P. Neidehardt, *Einführung in die Informationstheorie*, Berlin, 1957, S. 92.

жение головы мужчины при восьми ступенях свечения. Резкость изображения зависит от тонкости телевизионного или типографского растра. При большой грубости растра изображение теряет свой смысл, невозможно

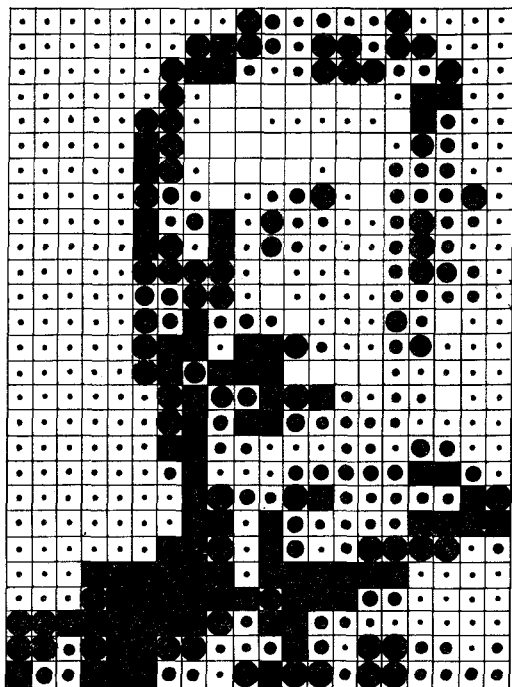
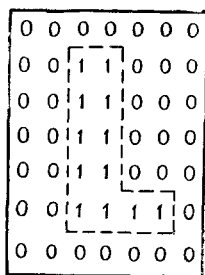


Рис. 8. Квантованное телевизионное изображение (по Нейдехардту).

идентифицировать его. Подобно этому и чувственная, и логическая формы на нейронной сетке также колеблются между неопределенностью и точностью.

При двух степенях освещенности, обозначенных 1 и 0 (например, черная и белая), изображение имеет преимущественно острую контрастность, но его можно использовать только для простых случаев, например для букв:



Р и с. 9. Двоичное
изображение бук-
вы L.

Этот случай соответствовал бы контрасту возбуждения и торможения в нервной системе. Однако изображение, создаваемое нашей нервной системой, более пластично, так как тут действуют очаги разной степени возбудимости. Это изображение имеет не только дискретную структуру, оно создано не только бинарными состояниями нейронов, а имеет и связный характер, выраженный в различных степенях возбудимости.

Переработка сообщений познающим субъектом является ограничением богатого и сложного разнообразия отраженной объективной реальности. Этот процесс и его результат — ограниченное разнообразие — означают постижение гомоморфизма, подобия и связи, обработку и усиление определенных контуров, то есть создание формы. Если мы заключаем о чем-то, что «это есть стол», то это означает, что идентичность стола обусловлена тем, что части его имеют *ограниченную* возможность взаимных связей, что эта возможность ограничена определенным образом, влияющим на общее выражение формы стола. Форма и свойства стола, правда, не совершенно твердо и точно определены — могут быть различные столы, — однако если идентифицируют определенный предмет со столом, то это значит, что на этот предмет распространяют определенные представления, сложившиеся в голове идентифицирующего, шаблоны, имеющие определенную вероятностную структуру, отличающуюся от других; это значит, что отнесение предмета к категории «стол» является вероятностным выбором из множества

различных предметов мебели, а это множество в свою очередь является выбором из множества более высокого порядка, например из множества всех деревянных предметов и т. д. При этом речь идет о многонаправленной иерархии, так как множеством более высокой степени могут быть либо все деревянные предметы, либо все предметы оборудования квартиры и т. д.

Богатое разнообразие, из которого человек совершает редуцирование, то есть выбирает сообщения определенной формы, можно бы рассматривать как пространство с равномерно распределенными вероятностями. Это, конечно, только идеальная предпосылка. В действительности же ни во внешнем мире, ни в нашем мозгу не существует равномерно распределенных вероятностей. Существование условных и безусловных связей и очагов повышенной возбудимости мешает равномерному распределению возбудимости, история мозга приводит к глубоким изменениям вероятностного распределения. Однако равномерное распределение возбудимости достигается при состояниях глубокого торможения во сне, при бессознательном состоянии и т. д.

Подобное распределение вероятности имеет место, например, при известном броуновском движении молекул. В теории информации эту максимальную неправильность и случайность отображает так называемый белый шум. Если установлен фильтр против этого шума и шум каким-то образом подавляется, то достигается некоторая правильность, регулярность. Так разрушаются крайние границы случайности и достигается некоторая большая правильность путем образования разности редуцирования разнообразия. Аналогию процесса этого фильтрования можно усматривать в возникновении так называемых парейдолий.

Как и иллюзии, являющиеся результатом невнимательности, и иллюзии, являющиеся следствиями аффекта, парейдолии — это форма иллюзий, возникающих при наблюдении многозначных формаций, аморфных, негомогенных поверхностей с совершенно случайно распределенными элементами, контекст которых не имеет никакого объективного смысла. Парейдолия может получиться, например, при всматривании в разбрызганную штукатурку, в которой нам могут почудиться очертания фантастических животных, батальные сцены и т. п.



Рис. 10. Мескалиновая парейдолия

Подобной многозначной поверхностью является, например, облачное небо, морской пейзаж, мыльная пена и т. д. На рис. 10 приводится изображение художником мескалиновой парейдолии, взятое из книги С. Неволе «Об иллюзиях органов чувств». Хаотически разбросанные пятна масляных красок трансформированы в видении художника при интоксикации мескалином¹ в различные фантастические фигуры животных.

Что именно тому или иному человеку почудится при рассмотрении того или иного явления, — это, конечно, зависит от направленности душевного состояния данного человека, от объективных факторов, от выступления определенных контуров и т. д. Суть художественного творчества можно усматривать в процессах, аналогичных описанным: для того чтобы возникали ассоциации мысленных представлений, необходимы внешние стимулы, толчки. Начальную неопределенность материала (запас слов, глина, краски, тона) художник преобразует в какую-то упорядоченную форму. Из монотонных или случайно чередующихся звуков композитор может создать мелодию. Так, например, однообразные удары колес поезда привели Антонина Дворжака к созданию его «Юморески». На фоне ритма и рифмы поэт создает свои стихи, выбирая слова из словесного запаса и располагая их в порядке определенных зависимостей.

Нечто подобное парейдолиям имеет место и в полусне при так называемых гипногических псевдогаллюцинациях, когда, например, однообразный шум реки или леса представляется дремлющему чем-то гармоническим, ему кажется, например, что он слышит песню или разговор, то есть в действительности одинаковое распределение переходных вероятностей, частот, амплитуд и т. п. этого шума представляются дремлющему иными, распределенными закономерно. То, что аморфная, бесформенная основа приобретает внезапно или постепенно определенный смысл, что она приобретает форму и структуру, можно объяснить тем, что в многозначности связей элементов этой основы имеются различные незначительные отклонения, некоторые из которых имеют определенный ритм, подобно ритму какого-то субъективного воспоминания, переживания или сравнения, эти

¹ Мескалин — мексиканский спиртной напиток. — *Прим. перев.*

отклонения суммируются с ним, усиливаются и становятся стимулом для создания какой-то отличительности, упорядоченности, какого-то неравновесия в аморфной основе. Подобно этому при так называемом тесте Роршаха оценивается объективно существующая многозначная форма чернильного пятна, которому испытуемый придает определенный смысл, в какой-то степени зависящий от субъективных особенностей, от расположения духа данного лица, причем эта оценка, конечно, зависит и от объективного стимула. Смысл возникает благодаря созданию различий в уровнях вероятностей, подобно тому как изменяется одинаковое распределение вероятностей символов в упомянутой выше искусственной речи самой низшей ступени Шеннона. Дифференцирующие тенденции, тенденции к расчленности дополняются затем тенденциями когерирующими, приводящими на базе постижения гомоморфных сходств к дальнейшей, более глубокой упорядоченности. На постижении гомоморфных сходств и основан, например, ряд художественных средств — сравнение, метафора и т. д.

И при логических процессах, процессах нашего мышления, проявляются дифференцирующие и когерирующие тенденции, когда из первоначальной неопределенности или из определенности низшей ступени мы путем создания разностей и соединения гомоморфных подобий создаем определенную структурированную идейную форму. Недифференцированная и свободно связанная нейронная сеть является, собственно говоря, аморфным фоном с низкой степенью упорядоченности, на котором постепенно появляются сообщения — формы — с определенной вероятностной характеристикой, обусловленные различными пороговыми разностями и синаптическими сопротивлениями, являющимися результатом памяти и опыта. Конечно, процесс мышления весьма сложен и его можно описать только статистически, макроскопически. Можно было бы говорить, что мышление имеет «метеорологический» характер, поскольку количество элементов и комбинаций в процессе мышления велико и этот процесс в высшей степени изменчив. Процесс мышления является статистическим макровыражением сложных микропроцессных комбинаций, является сложной сеткой условных и безусловных связей, образующих сеть определенных переходных вероятностей.

Мысль — это сообщение, протекающее во времени, и для того, чтобы его можно было понимать в единстве, необходимо предположить, что субъект проводит темпоральное (временное) интегрирование сообщений. Исходя из этого, можно сказать, что мы не понимали бы мелодию без темпорального интегрирования, без момента памяти. Интегрированное сообщение — это форма, выбранная из пространства возможных сообщений. Под действием памяти и опыта вероятностное распределение этих возможных выборов постепенно изменяется, меняются их вероятностные зависимости, образующие систему нашего мышления и систему нашего отображения мира. Вероятностные свойства принятых сообщений изменяются по мере роста познания, роста памяти. Физиологически этому соответствуют обмены и создание различных порогов возбудимости.

3. ФОРМА И ИЗБЫТОЧНОСТЬ

Так называемое «золотое правило» теории информации гласит, что при передаче информации через канал она никогда не может возрасти, наоборот, она уменьшается и лишь в крайнем случае (если нет никаких помех, шума) она остается такой же. Таким образом, в процессе передачи информация не возникает, она в этом процессе частично теряется. Действие шума вызывает необходимость применения избыточности при передаче информации, эта избыточность частично парализует шум, причем она всегда больше нуля или в крайнем случае равна нулю. Таким образом, на выходе, у получателя, информация, как правило, меньше, чем она была на входе, у источника. Однако имеются и особые виды каналов, где это «золотое правило» несколько модифицируется и будто бы не действует. Когда задается вопрос, то вопрошающий является источником, но получатель не получает никакой информации, наоборот, от него требуется информация. Как указывает Жинкин¹, фразы «это соль» и «где соль?» имеют одинаковое количество букв и одинаковое количество информации, входящейся на символ. Однако сигнальное значение

¹ См. Н. Жинкин, Некоторые вопросы применения теории информации в психологии, «Вопросы психологии», № 1, 1958.

утвердительной и вопросительной фраз не обязательно должно быть эквивалентным, и это зависит от того, касается ли фраза источника или адресата и идет ли в ней речь о постановке или о решении задачи. Здесь имеет важное значение направление потока информации. Когда задается вопрос, то источник имеет, как правило, меньшее количество информации, чем получатель. Получатель не принял при вопросе никакой информации; он, например, мог еще раньше знать, где находится соль, о которой спрашивает источник, но он не получил информации и в том случае, если он не знал, где лежит соль. Он только получил информацию о неведении источника, то есть о том, что источник не знает, где лежит соль.

Таким образом, в случае постановки вопроса может иметься больше информации на стороне получателя, чем на стороне источника, иначе говоря, получатель может больше знать, чем вопрошающий. Однако «золотое правило» теории информации действует, собственно говоря, и здесь: информация (вопрос), высланная источником, не может при передаче возрастать, наоборот, она может только убывать (неразборчивость вопроса при действии шума), если только мы, например, не учитываем действия усилителей, переводящих и т. п. устройств, которые, впрочем, могут иметься и на стороне передающего. Эта потеря информации относится главным образом к технической стороне информации, то есть к так называемой селективной информации, однако не сохраняется полностью и семантическая информация.

Другим случаем кажущегося исключения из упомянутого «золотого правила» является вопрос об отрицательной избыточности, о которой говорит Жинкин в другом месте указанной статьи. Соотношение принятой и переданной информации всегда бывает, как правило, меньше единицы. Чтобы это соотношение было равно единице, необходима определенная степень избыточности (например, некоторое обязательное число повторений в материале, преподаваемом учителем). Избыточность зависит и от количества информации, приходящейся на один сигнальный элемент. Жинкин об этом говорит следующее: «Избыточность *передаваемого* сообщения (как в вышеприведенном примере с учителем) всегда уменьшает количество информации, приходящейся на сигнальный элемент. Если же избыточность появляется

на *приемном* конце как особенность самого приемного устройства, то она из отрицательной величины превращается в положительную (или наоборот, если в формуле избыточность больше нуля. — И. З.). В этом случае количество информации на элемент сообщения увеличивается. Это реально выражается в том, что для ввода всего ансамбля элементов достаточен прием лишь некоторых элементов данного ансамбля. Такое явление в психологии известно под названием целостности восприятия»¹.

Таким образом, для того чтобы узнать какое-то ранее известное лицо (или вещь), вовсе не обязательно последовательно узнавать все его отдельные элементы, например руки, нос, ресницы и т. д. Элементы ведь взаимосвязаны друг с другом, так что известное нам лицо мы можем узнать только по голосу или только по шагам его и т. п. Жинкин указывает, что то, как складывается такой образ приема с внутренней, противоположной избыточностью, какова его зависимость от получателя и от объекта, — можно исследовать экспериментально и выразить математически. При определении избыточные элементы редуцируются (например, движение рукой при моторной привычке или выражение глаз при наблюдении известной формы), и при растущей памяти растет и внутренняя обратная избыточность отображающей системы (например, влияние последовательности элементов на экономичность процессов чтения и писания). Это имеет важное значение для исследования системных процессов (памяти, органов чувств, двигательных), и это связано также с вопросом о стереотипе, когда один элемент способен активировать целый комплекс.

Эти выводы Жинкина весьма интересны и важны для решения ряда вопросов, вытекающих из теории информации. Если получатель имеет внутреннюю избыточность или, иными словами, если он имеет опыт, системный характер приема, то он способен додумать сообщение, сообщение является для него толчком, стимулом для воспроизведения в памяти значительно более богатых сообщений, если это сообщение как-то связано с опытом получателя, но, как правило, сообщение с опытом не суммируется. Таким образом, при внутренней избыточно-

¹ Н. Жинкин, цит. статья, стр. 56.

сти получателя перенос сообщения может проходить быстрее, экономичнее, сообщение может быть только намеком, получатель уже по первому элементу понимает все, понимает значение определенного сигнала, он связывает этот сигнал с каким-то смыслом, сигнальный элемент содержит для него большое количество информации (может быть, даже больше, чем в него вкладывает источник, не знающий опыта получателя). Сигнальные элементы могут иметь для получателя отрицательную избыточность, могут иметь общий, целостностный характер, могут информировать о явлении в целом, хотя в действительности эти сигналы несут информацию только о части его, о той его части, о которой намерен был сообщить источник.

Отрицательная избыточность сигнальных элементов дает возможность не только быстрой передачи информации о наступивших событиях, но также и информацию о будущих событиях, дает возможность предсказания, предугадывания, поворота направления течения информации. Далее, отрицательная избыточность связана не только с вопросом максимально экономичного потребления информации, но и с вопросом о производстве информации: я могу отнести к объекту информации то, чего в нем в действительности нет (например, определение смысла бессмысленных пятен, усматривание формы и фигур в облаках и т. п.). На основе отрицательной избыточности сигнальных элементов можно также легко создавать большую управляющую информацию, которой мы можем обратно воздействовать на объект¹. Так, вопрос об отрицательной избыточности связан с вопросом о форме и об общих понятиях.

При наблюдении некоторые сигнальные элементы несут с собой больше информации, чем другие, то есть в них сконцентрировано больше информации, и искажение этих элементов при переносе вызывает больше всего

¹ Случай отрицательной избыточности может быть применен в отношении демона Максвелла: демон не только получал бы очень быстро информацию о молекулах, но мог бы на основе намекающих сообщений предвидеть направление и скорость их движения или же мог бы и управлять ими.

Дело можно бы изобразить и так, что демон получал бы информацию с помощью света обратного потока, то есть имел бы противоположную термодинамику и противоположное направление времени, о чем пишет Винер в своей «Кибернетике».

ошибок. Согласно Эттниву¹, у форм имеют особо важное значение те места вдоль их контуров, где есть переход к другому цвету или к другой степени освещенности, далее, места, где изменяется направление контура, то есть углы и вершины кривых. Это информационное значение изменений направлений контура можно выразить отрезками прямой различной длины, как показано на рис. 11. Основной контур предмета вырисовывается именно потому, что он соединяет самые важные точки картины, что иллюстрирует Эттнив (см. рис. 12). Наобо-

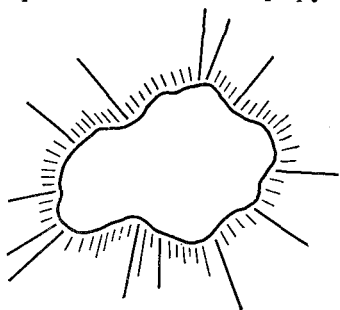


Рис. 11. Информационное значение изменений направлений контура (по Эттниву).

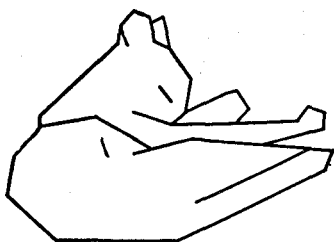


Рис. 12. Редуцированная форма спящей кошки (по Эттниву).

рот, правильность и повторимость сигнальных элементов картины дает возможность экстраполирования, эти элементы несут меньше информации, и они связаны с меньшим количеством ошибок. Это дает возможность экстраполирования подобных цветов, форм, возможность предсказания по симметрии. Например, при правильном расположении ступенек лестницы экстраполирование дает возможность экономичности наблюдения за ступеньками и автоматизации движения при ходьбе по данной лестнице. Правильность фигуры, подобие и возможность экстраполирования являются, согласно Эттниву, необходимым условием для редуцирования неопределенностей. Наблюдение сложной и необычной формы, несущей с собой высокую степень информации, требует больше времени. Несущественные и избыточные

¹ См. F. Attneave, Some informational Aspects of visual Perception, «Psych. Review», № 3, 1954.

элементы картины можно при наблюдении редуцировать (например, изображение известного нам животного в высокой степени избыточно), так что впечатление получается более экономичным, чем стимул (согласно закону Фехнера, ощущение — это лишь логарифм стимула). Сетчатка глаза, состоящая из четырех миллионов палочек, образует статистическую картину из состояний клеток; этих состояний имеется $2^{4\,000\,000}$ или $10^{1\,200\,000}$, учитывая, что каждая клетка может быть либо возбуждена, либо не возбуждена. Каждая палочка связана с какими-то нейронами мозга, но мозг использует не всю информацию глаза.

Согласно Рёлеру¹, из всей массы подаваемых нашей сетчаткой сигналов о картине, на которую обращено внимание нашего глаза, мозг использует только 2—3%. Итак, мозг производит ограничение разнообразия сетчатки и выбирает лишь наиболее интересные, наиболее важные части объекта. Рёлер подчеркивает, что при зрительном наблюдении речь идет о пространственном распределении света и тени, о пространственном спектре частот, для анализа которого можно использовать преобразование Фурье. Это преобразование дает спектр частот для описания переменной величины, протекающей во времени. Если мы добавим к координатам времени и временной частоты пространственную координату и пространственную частоту, мы можем использовать преобразование Фурье и в оптике. Положив, что каждая точка экрана посылает лучи независимо от соседней точки, мы увидим, что здесь действует закон линейной суперпозиции — плотность света на экране равна сумме плотностей источника (точек излучения). Точка излучения изображена на экране вследствие изгиба лучей, как фигура, то есть как круг с окружающими его темными кольцами. При двух или больше точках излучения эти фигуры перекрещиваются, следовательно, должно быть определенное расстояние между этими точками, иначе они будут сливаться, и это является условием того, чтобы, например, астроном мог различать две соседние звезды. Таким образом, для отличительности образов важное значение имеет контраст между

¹ См. R. Röhler, Die Informationstheorie in der Optik, «Studium Generale», № 9, 1960.

светлыми и темными местами, образуемый пространственной частотой, зависящей от систем перекрещивающихся полосок точек излучения. При растущей частоте (толщине полосок) сравнительный контраст, по Рёлеру, стирается и яркость картины становится более равномерной. Так обстоит дело, например, с малочувствительной пленкой, на эмульсии которой кристаллики серебра распределены неравномерно: в одних местах они слишком плотно расположены друг около друга; это создает оптический шум, снижающий функцию контраста и влияющий на качество полученного изображения. Так, информационное содержание изображений пропорционально числу его независимых точек (или же мест, или состояний), и его можно сложить аддитивно из содержаний его частичных систем. Рёлер называет это законом декомпозиции. Среднее информационное содержание изображения Рёлер выражает как

$$I_B = H - H_B,$$

где H — априорная ненадежность перед приемом (или информационное содержание объекта), а H_B — апостериорная ненадежность после приема, возникшая в результате действия шума. Качество изображения Рёлер определяет как отношение информационных содержаний изображения и объекта:

$$G = \frac{H - H_B}{H}.$$

Рёлер подчеркивает, что информационное содержание не является единственным критерием изображения, имеются и эстетические и другие критерии. При наблюдении человеком играют роль более сложные моменты; тут действует, например, и закон наблюдения формы, и закон физиологического контраста — более острое видение контуров и т. п. Однако при анализе наблюдения можно использовать и теоретико-информационную точку зрения. Например, палочки нашей сетчатки можно сравнивать с неравномерным распределением зерен серебра фотографической эмульсии, вызывающим оптический шум.

¹ Это соответствует формуле так называемой относительной энтропии, дополнение которой выражает избыточность сообщения. При отрицательной избыточности H_B была бы отрицательной.

Каждая общая форма возникает в результате ограничения разнообразия, характерного для деятельности мозга. Как показывает Лауфбергер¹, наша нервная система производит несколько типов интегрирования, в частности: 1) чувственное, 2) смысловое, 3) интегрирование форм. Если на миллионы палочек и язычков приходится только около одного миллиона волокон зрительного нерва, то в сетчатке несколько палочек соединяются под общее волокно (интегрирование чувственное). Далее интегрируются ряды возбуждений, не наблюдаемых в отдельности, в ощущения (интегрирование смысловое). Для наблюдения формы необходимо раздражение не одной только клетки, а многих клеток сетчатки; одна клетка способна наблюдать только точку, для различения двух точек уже необходимы три клетки (одна должна остаться нераздраженной, иначе не возникает различие) и т. д.

На сетчатке, а отсюда и на нейроновой сетке в мозгу образуется форма, видимо подобная форме, образуемой на телевизионном растре. Однако в результате интегрирования и создания контрастов тут происходит редукция некоторых элементов и подчеркивание других, так что образуется выразительный контур какой-то общей формы, причем не только оптической, но и в памяти. Эта общая форма имеет отрицательную избыточность, она является основой функции запоминания и дает возможность увеличения количества информации внешних сигнальных элементов, которые в качестве экономичных намеков, импульсов вызывают у получателя больше информации, чем в них в действительности заложено, дает возможность более быстрого переноса информации, предсказания будущего и создания новой информации.

Общая форма возникает в результате интегрирования статистического временного ряда, является временной средней из каких-то прошлых событий, выражаемых Винером² как

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T}^0 f(t) dt.$$

¹ См. V. Laufberger, *Vzruchová teorie*, Praha, 1947.

² См. Н. Винер, *Кибернетика*.

Эта общая форма дает возможность предсказания, выраженного как временная средняя будущих событий в формуле Винера, в виде

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt.$$

Здесь выражается мысль, что определенная общая форма в качестве интеграла справедлива для всех множеств одинаковой формы. Запомнившаяся общая форма дает возможность предсказания, а тем самым и создания негативной энтропии. Если передача информации от источника к получателю означает создание энтропии, то создание общих понятий на основе фиксации памятью связана с отрицательной избыточностью и с созданием отрицательной энтропии, с обратным течением информации.

4. ФИКСАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ПАМЯТИ

Существом памяти является, во-первых, фиксация — отражение действия прошлых возбуждений, во-вторых, ретенция — сохранение этих возбуждений в виде следов, и, в-третьих, воспроизведение — способность вторичного вызывания этих следов, у человека — воспроизведение в сознании. Запись в памяти — это, собственно говоря, передача информации во времени вместо передачи в пространстве (информация передается при этом из прошлого в будущее). Так переносится во времени звуковая информация, записанная на патефонной пластинке или на магнитофонной ленте, оптическая информация, записанная на фотографической пластинке, и т. п. При запоминании в человеческом мозгу речь идет, пожалуй, о трансформировании энергии возбуждения в потенциальную энергию следов, то есть о сохранении части энергии происходившего возбуждения. Если бы не было памяти, то эта энергия рассеялась бы; следовательно, память действует против роста энтропии, она сохраняет упорядоченность и повышает различия в упорядоченности между организмом и средой, то есть повышает порог этого различия. Обычно различают память краткосрочную (кратковременную) и долгосрочную (долговре-

менную). Согласно Бюрешу и Бюрешовой¹, существом краткосрочной памяти является функциональное, а долгосрочной памяти — структурное изменение мозгового вещества.

В долгосрочную память укладывается тот опыт, который превышает определенный порог значимости, обусловленный, по-видимому, физиологической повышенной интенсивностью соответствующих процессов возбуждения. В запомнившемся опыте уплотняется временная последовательность принятых сообщений, и она интегрируется в определенных нервных структурах с пониженными порогами возбуждения, то есть с высокой потенциальной возбудимостью и с легкой способностью к воспроизведению (к восстановлению в памяти, в сознании). В запомнившемся сохраняется только то, что для организма важно и необходимо, и опускается то, что второстепенно и излишне. Для памяти характерна низкая степень избыточности и, следовательно, высокая степень экономичности; для нее характерно сохранение, экономия потенциальной энергии возбуждения и сохранение только того содержания, которое перешло через определенный порог.

Согласно Кёлеру², процессы возбуждения имеют целостную форму со структурным переключением, это не суммы, а взаимодействующие процессы, при которых более сильные усиливаются, а более слабые подавляются; сумма импульсов создает в мозгу форму, а не сумму, мозаика импульсов преобразуется в структурированную, организованную форму возбуждений. По Кёлеру, для памяти еще более характерна организованность — ассоциированные содержания становятся членами формы и подвергаются процессу дальнейшей организации.

В сознании энергия возбуждений преобразуется в усвоенное содержание, в определенное сообщение, имеющее какую-то структуру, то есть в восприятие или в мыслительный процесс. Подобно тому как в телевизионной передаче быстрая развертка изображения дает такую картину, которая задерживается наблюдающим и

¹ См. J. Bureš, O. Burešová, Fyziologie paměti, «Activitas Nerv. Sup.», № 3, 1960.

² См. W. Köhler, Psychologische Probleme, Berlin, 1933.

запоминается им (он «видит» и обращает внимание не на отдельные последовательно развертываемые строки изображения, а на взаимосвязанную картину), так и в психических процессах запоминаются непосредственно и быстро следующие друг за другом возбуждения и созданные ими ощущения. Ощущение зависит и от прежнего опыта данного человека. Можно сказать, что фиксация в памяти и сохранение в ней заключаются в переводе энергии возбуждения в информацию структурного характера, а воспроизведение памятью заключается в обратном переводе уложенной на хранение информации в процесс возбуждения.

Преобразование возбуждений в след в памяти является бесспорным фактом, объяснение которого находится пока еще в стадии гипотез. Вначале господствовали различные идеалистические теории, особенно так называемый мнемизм (Блейлер, Земон и др.), рассматривавший память как общее свойство живой материи и объяснявший ее как особый нематериальный принцип, подобный энтелехии. Земон¹ выдвинул так называемую вибрационную, резонансную теорию памяти, на что его, по-видимому, бессознательно толкнуло изобретение фонографа и граммофона. Он полагал, что существо ощущений есть вызывание определенных вибраций, которые могут скрыто сохраняться в памяти в виде так называемых энграмов и снова попадать в сознание при аналогичных импульсах, подобно тому как начинает звенеть струна при звуковых волнах ее частоты. Согласно принципу гомофонии Земона, в памяти сочетаются качественно аналогичные ощущения в созвучные формы. Аналогично этому он объясняет и прочие психологические процессы — образование ощущений, настроений и т. д.

Оставляя в стороне идеалистические концепции памяти Земона, можно отметить, что в вибрационной теории предвосхищены в спекулятивном виде некоторые идеи, развитые в теории физиологического подобия Введенского и в разработанной Ухтомским теории воспроизводства ритма импульсов нервной ткани. С физиологической стороны вибрационную теорию развил дальше

¹ См. R. Semon, *Bewußtseinsvorgang und Gehirnprozess*, Wiesbaden, 1920.

физиолог и психолог Вильям Форстер¹. Форстер подчеркивает, что след является не копией, не статическим изменением, а деятельностью нервной субстанции, заключающейся в сохранении молекулярных вибраций, и что он имеет лабильный характер кинетического порядка. Прежние представления продолжают действовать в мозгу как система вибраций. Если эти вибрации повышаются, то представление превышает порог сознания, оно воссоздается в сознании. После рефрактерной стадии в нервной клетке восстанавливается мощный потенциал, заданный напряженным состоянием химических веществ. Этот мощный потенциал (связанный с оставшимся в клетке после возбуждения активным кислородом) частично сохраняется и после происшедшего возбуждения, и именно он создает диспозиции, следы; тогда для активизации нервной клетки достаточно меньшее количество энергии; небольшой импульс достаточен для выведения этой клетки из равновесия, так как клетка имеет повышенную лабильность, повышенное напряжение. Группа лабильных клеток с пониженным синаптическим сопротивлением составляет, согласно Форстеру, ассоциационный контур.

В физиологическом отношении можно понимать соотношение, представленное в определенной форме, на основе различий в уровнях возбудимости. На этом различии в уровнях возбудимости построен принцип доминанты Ухтомского, который можно успешно использовать для объяснения памяти. Доминанта является, по Ухтомскому, очагом повышенной возбудимости, местом наиболее легкого образования связей и, следовательно, местом наиболее низких порогов возбуждения нейронов, наиболее низких синаптических сопротивлений. Доминанта — это центр, легче всего откликающийся на отдаленные волны аналогичного ритма и очень легко суммирующий раздражения. Лучше всего доминанта откликается на импульсы определенного ритма, близкого к освоенному ею ритму. Таким образом, данный центр легче всего откликается именно на тот импульс, ритм которого одинаков с ритмом, усвоенным данным центром².

¹ См. V. Forster, *Energetické vlastnosti nervového dění a dynamika reflexů hybných i logických*, Praha, 1921.

² Подробно об этом см. М. Мачаѝ, *Uchtomského princip dominanty*, «Sovětská věda — Pedagogika-psychologie», № 3, 1954.

Однако сильная доминанта может суммировать раздражения не только одинакового, но и подобного ритма. Доминанта имеет способность образовывать определенные связи, подавляя при этом другие связи и другие центры. Доминантность в процессах высшей нервной деятельности обеспечивает целостность и единство этих процессов. Раздражение направляется, слабые очаги подавляются, образуется большая разность уровней возбудимости, что соответствует усилению различий между основным и побочным, существенным и несущественным. Неправильными крайностями являются, с одной стороны, доминантная чрезмерность, односторонность, а с другой — слабая доминанта, доминантная неустойчивость. Доминанта координирует функции низших центров и усиливает слабые импульсы подобного ей ритма. Психическая жизнь в целом имеет определенную доминантную структуру, иерархию, опирается на систему доминантных очагов различной силы, образующую мыслительный аппарат человеческого индивида. Под действием определенной доминанты определенный импульс может вызвать различные реакции центральной нервной системы. Согласно Махачу, здесь речь идет о выборочном суммировании на основе изоритмии импульса и центра.

Более легкое образование определенных связей под действием доминанты связано с пониженным сопротивлением на синапсах, являющимся также основой для образования определенных очагов и блоков памяти. Память влияет на распределение вероятностных выборов сообщений, и основой ее является создание определенных различий порогов чувствительности и контрастов уровней возбудимости. Процессами памяти в мозгу образуются дифференцированный рельеф различных степеней возбудимости, заключающийся в дифференциации облегчения передачи в различных частях нервной ткани, то есть, собственно говоря, в дифференциации временной задержки при этих переносах. Этот изменяющийся рельеф соответствует формам вероятностного выбора сообщений. Рост информации в познании является вопросом физиологических изменений памяти. Теория Ухтомского хорошо освещает физиологическую основу переработки и фиксации информации в мозгу.

Для высшей нервной деятельности, особенно для процессов памяти, имеет значение выявленная также у периферийной нервной системы закономерность связи между интенсивностью и длительностью раздражения. Интенсивность порогового импульса зависит при всех прочих равных условиях от продолжительности импульса, а это значит, что импульс тем более эффективен, тем более силен, чем он короче во времени. Практически это состояние выражено в гиперголообразной кривой Хоорвега — Вейсса, показывающей постоянность произведения продолжительности на интенсивность раздражения. Можно полагать, что при процессах в памяти образуются очаги скрытой повышенной раздражимости, иначе говоря, очаги пониженного синаптического сопротивления, которые можно возбуждать и при более низкой интенсивности импульса без необходимости увеличить продолжительность импульса. В этом можно было бы усматривать суть возможности роста информации: хранение информации в памяти заключается в снижении меры интенсивности раздражения, меры, необходимой для реэnergизации уложенной информации.

Интересной попыткой установить связь психологических и физических закономерностей для объяснения памяти является гипотеза Г. Фёрстера¹. Фёрстер предполагает существование гипотетических носителей элементарных содержаний сознания, так называемых мемов, которые он описывает с точки зрения квантовой физики. Эти мемы образованы, согласно Фёрстеру, так называемой пропиткой содержаний сознания, и они создают готовность воссоздания в памяти записанной в ней информации. При запоминании происходит повышение энергетического уровня мемов, а при забывании, наоборот, падение этого уровня. При воспоминании комплекс носителей с пропитанными содержаниями сознания преобразуется в свободный комплекс, и это изменение ощущается как сознание, содержание которого непрерывно заменяется чем-то другим. Тут речь идет, конечно, о кратковременных носителях. Для долговременной памяти существуют и долговременные носители. Перенос пропитки из краткосрочного носителя памяти через сознание в долгосрочный носитель можно выразить в виде

¹ См. H. Förster, *Das Gedächtnis*, Wien, 1948.

$$T_1 \rightarrow B \rightarrow T_2,$$

а процесс сознательного воспроизведения ощущения как

$$T_2 \rightarrow B \rightarrow T_2,$$

процесс подсознательного воспроизведения или процесс переживания во сне — в виде

$$T_2 \rightarrow U \rightarrow T_2,$$

процесс галлюцинации — в виде

$$T_2 \rightarrow U \rightarrow T_1 \rightarrow B \rightarrow T_2$$

(T_1 — кратковременный носитель, T_2 — долговременный носитель, B — сознание, das Bewußtsein, U — подсознание, das Unbewußte).

Процесс наблюдения, восприятия Фёрстер понимает как повышение энергетического уровня мемов, и при процессе долговременного запоминания воспрнятого, полученного впечатления происходит перенос пропитки из кратковременных на долговременные мемы.

Продолжительность пропитки носителей Фёрстер выражает в виде

$$\tau = \frac{1}{\lambda},$$

где λ — константа распада при забывании. Этот период Фёрстер выражает также в виде

$$\tau = \tau_0 e^{\frac{E_z}{kT}},$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/град, T — абсолютная температура, τ_0 — константа порядка 10^{-14} сек, справедливая для атомов или молекул и соответствующая продолжительности циркулирования частицы в системе, E_z — энергетическая разность, необходимая для преодоления так называемого потенциального вала между двумя энергетическими уровнями при процессах забывания. Этот потенциальный вал можно вычислить логарифмированием приведенного выше уравнения, так что мы получим

$$E_z = kT \ln \frac{\tau}{\tau_0}.$$

Воспоминание о переживании связано с интенсивностью запоминания, и оно выражено как

$$n = \frac{\kappa - \lambda}{\kappa - \lambda e^{-(\kappa - \lambda)t}},$$

где κ — константа меморации, λ — константа распада, а t — продолжительность воспоминания. Если t приближается к бесконечности, то экспоненциальная функция приближается к нулю и мы получаем

$$n_{\infty} = \frac{\kappa - \lambda}{\kappa} = 1 - \frac{\lambda}{\kappa}.$$

При $\frac{\kappa}{\lambda} \leq 1$ уже нет воспоминания о событии.

Другой гипотезой памяти является теория вращательных возбуждений Лауфбергера¹. Лауфбергер разработал идею, высказанную немецким физиологом Эббеке еще в 1919 году, о преобразовании мгновенных возбуждений в стойкие возбуждения, на основе чего он вывел гипотезу, что сущностью памяти являются вращательные возбуждения, протекающие по замкнутой траектории и образующие замкнутые контуры стойких возбуждений. Если раздражение попадает в такой замкнутый контур, то оно должно постоянно вращаться до тех пор, пока все нейроны этого контура остаются возбуждаемыми. Функцией памяти является как сохранение запоминаемого, так и воспроизведение зафиксированного в памяти, или, иначе говоря, создание контуров и активирование их. Хорошо созданный контур или система таких контуров вызывает воспоминание и при очень слабых импульсах, то есть при раздражении одного нейрона контура автокаталитически, лавинообразно активируются все остальные нейроны этого контура. Забывание можно, по Лауфбергеру, объяснить потерей возбудимости контура, если эта возбудимость не возобновляется и не усиливается. К гипотезе Лауфбергера близка и гипотеза Бразьера о физиологических основах памяти, которыми он считает периодически повторяющиеся динамические процессы. Подобно этому, согласно Расселу, существом памяти является непрерывное поддержание контуров в активном состоянии — при воспроизведении в памяти происходит модификация этих контуров.

¹ См. V. Laufberger, Vzruchová teorie.

По существу, все указанные гипотезы и теории (Форстера, Ухтомского, Фёрстера, Лауфбергера) имеют общую для них идею повышения энергетического потенциала в очагах памяти, что дает экономичность при психических процессах, облегчает воспроизводимость зафиксированного в памяти и возможность использования запомнившегося содержания. Если соответствующие очаги памяти имеют высокий потенциал, информацию, уложенную в этих очагах, можно легко воспроизвести и реэнергизировать. Этому должны соответствовать сильная возбудимость и пониженное синаптическое сопротивление. Рост информации в познании заключается в эффективном и экономическом хранении информации, которую можно легко воспроизвести и при небольшой интенсивности импульса¹.

Сообщения, воспринятые мозгом, имеют определенную степень полезной информации и определенную степень бесполезной избыточности. При долгосрочном запоминании эта избыточность постепенно устраняется и в мозгу остается только полезная информация, уложенная, по-видимому, в виде повышенных энергетических уровней очага памяти. Этот процесс устранения избыточности никогда не бывает полностью закончен. Чем больше полезной информации в сообщении, чем эта информация более обща, более существенна, значима, тем на более длительный срок она укладывается в памяти, тем больше времени она сохраняется в очаге памяти. Некоторая филогенетически унаследованная информация практически хранится вечно. Хорошо уложенная информация легко воспроизводится при минимальном расходе энергии, так как она уложена в высоковозбудимых очагах с высоким уровнем потенциальной энергии. С ростом познания возрастает в мозгу объем меры определенности информации, что связано как с накоплением потенциальной энергии возбуждения в мозгу, так и с

¹ Мы здесь занимались преимущественно рассмотрением некоторых физиологических гипотез, касающихся в первую очередь вопроса об энергии возбуждения при процессах запоминания, так как нас интересует главным образом вопрос о связи информации и энергии. Поэтому мы оставляли в стороне психологические теории памяти, какими являются теория ассоциационных и условных рефлексов и др., а также биохимические теории (химические изменения в синапсах, изменение рибонуклеиновой кислоты нейронов и т. д.).

изменением вероятностных зависимостей в нейронных сетях мозга. Накопленная в памяти информация участвует или может в известной мере участвовать в виде полученного опыта в содержании сознания человека в данный момент, так что сознание становится богаче полезной информацией и имеет низкую степень избыточности и неэкономичности. По мере развития познания возрастает удельный вес полезной информации и уменьшается неэкономичность и избыточность в памяти и в мышлении.

Функция памяти заключается в общем виде в преобразовании энергии в информацию, и наоборот. Процессы возбуждения в данный момент преобразуются в процессы фиксации и удержания в памяти потенциальной информации, укладываемой, по-видимому, в форме структурных физиологических изменений и повышенной возбудимости. Отсюда в процессе воспроизведения воспоминания потенциальная информация преобразуется в актуальную, несомую процессами возбуждения, являющимися физиологической основой сознания. Вопрос о соотношении между информацией и энергией связан с вопросом преобразования процессов физического характера в процессы сознания и с вопросом о взаимовлиянии физического и психического.

5. ИНФОРМАЦИЯ И ПСИХОФИЗИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Для анализа познания и его процессов необходимо выполнить анализ этой проблемы со всех возможных аспектов. Сама философия проводит общий анализ связи между субъектом и объектом, из теории информации можно использовать общие основы математического и физического анализа, канала передачи сообщений; физиология же высшей нервной деятельности дает возможность использовать для исследования познания анализ физиологических основ процесса познания. И, наконец, для анализа познания важное значение имеет и психологический анализ взаимосвязей психического и физического преобразования физических и физиологических процессов в факты сознания¹.

¹ Далее, естественно, важное значение имеет и социологический анализ познания, особенно вопросы общественного (социального)

Внешние процессы физического характера трансформируются в процессе сознания в физиологические процессы чувственных рецепторов, центростремительных нервов и мозга. Последним звеном в канале передачи гносеологической информации является определение сообщения, производящееся в человеческом сознании, перерабатывающем и использующем эту информацию. Мы понимаем сознание как особую форму движения наиболее высоко организованной материи — человеческого мозга. Это движение, включающее все низшие формы движения от механического до физиологического, но не исчерпываемое этими формами движения, мы называем психическим движением.

Идеализм неправильно рассматривает сознание как особую субстанцию, независимую от физических и физиологических процессов, механицизм же, наоборот, неправильно сводит сознание к различным низшим формам движения, например к физиологическому, химическому и механическому. Психофизический параллелизм стремится принять во внимание одновременно специфичность сознания и физические и физиологические процессы, но не рассматривает обе эти составные части в их взаимозависимости, отрывает их друг от друга. Декарт рассматривал оба эти компонента как две независимые субстанции — *res extensa* и *res cogitans*.

Трудность, заключающаяся в таком подходе, — вопрос о том, как могут две не зависящие друг от друга субстанции одновременно существовать и воздействовать друг на друга, — пытались решить окказионализм, Спинозизм и, наконец, психофизический параллелизм. Окказионалисты учили, что физические и психические процессы протекают синхронно, причем обеспечение этой синхронности они объясняли вмешательством бога. Спиноза говорил не о двух субстанциях, а только о двух атрибутах, двух сторонах единой субстанции, причем, согласно Спинозе, то, что происходит снаружи, — это материя, а то, что происходит внутри, —

познания в связи с вопросом об общественном знании. Вследствие диалектико-материалистической направленности нашей работы мы не смогли уделить достаточного внимания социологическому анализу познания, однако мы не оставили совершенно в стороне вопрос о социальном сознании. Этого вопроса частично касаются первая и последние части настоящей книги.

это сознание. Согласно Спинозе, каждый модус пространственности является одновременно и модусом мышления. Согласно современному психофизическому параллелизму, телесные и душевные процессы протекают параллельно, корреспондируют друг с другом и между ними имеется только функциональная, а не причинная взаимозависимость. Эту же связь пытались математически выразить известным законом Вебера — Фехнера о взаимозависимости интенсивности ощущения E и интенсивности импульса R :

$$E = C \ln R,$$

где C — константа: интенсивность ощущения соответствует логарифму интенсивности импульса, но между ними нет каузальной связи.

Телесные и умственные процессы здесь рассматриваются только как аспекты, как, например, только как наружная выпуклость и внутренняя вогнутость шара. Независимость психического от телесного приводит к абсурдным выводам, например к тому, что сознание вообще не имеет локальной связи с какой-либо материей. Так, например, согласно Паульсену, будто бы нет смысла говорить о существовании и возникновении мыслей в мозгу, так как они будто бы не имеют местопребывания, а суждения, связывающие их с мозгом, имеют будто бы такое же значение, такую же цену, как и суждения, говорящие, что мысли пребывают будто бы в желудке или на Луне. К теории некаузальной зависимости между психическим и физическим, к теории несоизмеримости близки также физиологи Шеррингтон и Экклес. Согласно Экклесу, сознательные процессы вовсе не вызываются физиологическими процессами, он даже говорит, что физиологические процессы возникают автоматически как какие-то результаты психических мыслительных или самопроизвольных процессов.

Однако связь физического и психического имеет причинный характер, речь идет не только о двух сторонах одного и того же. Совершенно ясно, что существуют физические и физиологические процессы без психических процессов, тогда как психические процессы никогда не существуют без физиологических и именно потому, что они их включают в себя, как высшее включает в себя низшее. В отношении психического и физиологического

речь идет не только о связи внутренней и внешней стороны, а скорее, о связи формы и содержания, функции и субстанции, движения и его носителя.

В живой и неживой материи происходят физические и химические процессы, однако они имеют различный характер, различные формы. Организм придает физическому и химическому содержанию процессов, протекающих внутри тела, новую, биологическую форму. Аналогично этому, психическая форма (например, ощущения, мысли) находится в диалектическом единстве с физическим и физиологическим содержанием. Конечно, бессознательный физиологический процесс отличается от сознательного физиологического процесса: например, участие сознания в наблюдении повышает уровень возбуждения физиологического процесса, способствует лучшему запоминанию и воспроизводимости этого процесса в памяти. Психический процесс не может происходить без физиологического субстрата, не может функционировать без субстанции. Материя всегда находится в единстве с движением, структура нервной субстанции — мозга влияет на физиологические функции, физиологическую динамику, и в свою очередь она изменяется этой динамикой. Физиологические процессы как субстрат психических функций влияют на эти функции, но в свою очередь они изменяются вследствие функционирования психики. Низшие процессы являются основой для более высоких процессов: физические процессы являются основой химических процессов, химические — биологических, биологические — психических. Определенная форма движения всегда становится содержанием более высокой формы движения, становится субстратом свойства. Субстрат и свойство, содержание и форма находятся в диалектическом единстве. *Специфичность психического движения состоит в том, что оно уже не является субстратом свойства, что оно не является содержанием для более высокой формы.*

Каждое движение может осуществляться лишь тогда, когда есть какая-то сравнительно константная основа, на которой оно осуществляется. Что-то может измениться лишь тогда, когда что-то другое остается неизменным по сравнению с этим первым. Психические процессы и изменения могут происходить только в рамках относительно неизменного сохранения живого организ-

ма и его мозга. Биологическая деятельность организма опирается на сохранение относительной стабильности телесных органов и клеток. Клетка не могла бы выполнять свою циклическую деятельность по обмену веществ при нестабильности молекул и атомов. В отношении психических процессов речь идет не только о сохранении функциональной готовности и структуры мозга, опирающейся на циклы обмена веществ и на возбуждающую или тормозящую деятельность нейронов, но и об относительной устойчивости структурно-функциональных формаций, какими являются динамические стереотипы и доминантные очаги, служащие основой мыслительных категорий, на фоне которых совершаются процессы мышления. Объединяющей базой этих категорий является самосознание, «я» человеческой особи, непрерывность и относительная постоянность которого («я») возможна благодаря наличию памяти.

Взаимозависимость физиологических и психических процессов подчеркивает, например, Вильям Форстер¹, считающий, что различие состояний и содержания сознания связано с различием ритмов нейронных клеток, их энергетических процессов и их обмена веществ. Результатом процессов возбуждения является деполяризация нервов и переорганизация системы ионов. Воспринятое и пережитое содержание сознания связано с изменением структуры нервных клеток, и при возбуждении этих клеток пережитое снова воспроизводится. Что именно является этим содержанием, зависит от наивысшего уровня возбудимости мозгового вещества в данный момент. Создание нервных связей, условных рефлексов и следов в мозгу приводит к образованию опыта, в свою очередь обратно влияющего на содержание сознания, так как физиологически опыт задан как очень легко возбудимая система. Процессы наблюдения и мышления тесно связаны с процессами памяти.

Психическое всегда связано с преобразованием внешнего, физического во внутреннее (в случае наблюдения) или наоборот (в случае самопроизвольного действия). Для процессов мышления не обязательно необходим импульс извне или воздействие изнутри, эти

¹ V. Forster, Energetické vlastnosti nervového dění a dynamika reflexů hybných a logických.

процессы всегда связаны с преобразованием физиологического в психическое, то есть процессов высшей возбудимости в сознание. То, что поток возбуждения направлен сознанием наблюдающего именно на определенную наблюдаемую область, лишь создает видимость, что психическое вызывает физиологические процессы. Что следует понимать под психическим: оптимальную динамику возбуждения, регулирование ее или ощущаемое, переживаемое содержание? Представляется, что для сознания характерны все эти три черты:

1. Сознание не существует без максимальной динамики возбуждения, оно находится там, где часть коры мозговых полушарий имеет в данный момент оптимальную возбудимость.

2. Эта динамика возбуждения регулируется не автоматически, она регулируется сознательно человеческим субъектом, активно выбирающим и направляющим процессы, руководствуясь биологическими и социальными мотивами.

3. Максимальная деятельность возбуждения связана с каким-то переживаемым содержанием, которым может быть наглядное впечатление или представление, мыслительная деятельность, ощущение, самопроизвольное усилие.

Деятельность возбуждения, регулирование ее и переживаемое содержание имеют, конечно, различные степени интенсивности, различные силу, ясность и отчетливость. Деятельность возбуждения градуирована от блуждания мысли и представлений и до самых высоких актов творческого мышления. Регулирование динамики возбуждения может быть в большей или меньшей степени сознательно направлено. Содержание может быть туманным, неопределенным или же совершенно ясным и точным. Активирование сознательного процесса, например мышления, происходит в несколько стадий. Сначала повышается прилив динамики, бдительности, остроты внимания, и это подобно тому моменту, когда киноэкран освещается, но проецирование фильма еще не начато. Содержание появляется сначала в виде смутного ощущения напряжения, динамика постепенно наводится, фокусируется и регулируется мотивом какой-то потребности (например, при поисках ответа на вопрос). От ощущения происходит переход к быстрому бессло-

весному мышлению, переходящему затем в более точное мышление при помощи речи (или в мышление, уточненное каким-то другим образом, например в виде жестов, мнения), и, наконец, это находит внешнее выражение в письме и т. п. Таким образом, в познании имеется шкала от ненаглядного, смутного переживания, ощущения до наглядной и точно сформулированной предметности; однако ощущение и сознательная форма никогда не бывают совершенно разделены, изолированы друг от друга.

Наиболее характерной функцией сознания является перевод, трансформирование физического в психическое (или наоборот). Это трансформирование может конкретно выразиться в виде преобразования энергии физиологических процессов в осознанную, определенную и затем уложенную в памяти информацию или же, наоборот, в виде преобразования уложенной в памяти информации обратно в энергию процессов возбуждения. Это трансформирование непосредственно связано с функцией памяти, с фиксированием, удерживанием и воспроизведением сообщения, о чем уже говорилось выше.

Речь идет о трансформации между актуальной и потенциальной информацией, или, выражаясь словами Бриллюэна, между информацией живой и мертвой. Живая информация — это информация, используемая человеком в данный момент, мертвая информация — это, например, информация, содержащаяся в книге, оживляемая при чтении книги человеком. Актуальная информация сознания преобразуется в процессе запоминания в потенциальную информацию в памяти, которая может быть снова актуализирована воспроизведением в памяти, подачей в сознание.

Связь психического и физиологического можно понимать как связь между сознательной информацией и динамикой возбуждения или энергией возбуждения. Только часть этой энергии возбуждения мозга переходит в информацию сознания, именно та часть, которой удастся достаточно концентрироваться и перешагнуть через порог сознания. Если, например, в глубоком сне энергия возбуждения человека рассеяна, то сознательная информация не образуется, не происходит взаимная индукция возбуждения и торможения, нет достаточного

суммирования энергии возбуждения. Часть энергии возбуждения при психическом процессе остается неиспользованной. Здесь напрашивается сравнение с неиспользованной частью тепловой энергии в паровой машине. Эта часть является, собственно говоря, избыточной, она не несет с собой информации. Мозг можно считать не вполне совершенной энергетически-логической машиной, не являющейся перпетуум-мобиле именно ввиду наличия этой неиспользуемой части. Сознательная информация — это вершина, под которой имеется широкий фон смутной, бессознательной динамики возбуждения. Таким образом, общая совокупность энергии возбуждения расщепляется на эффективную и неэффективную части, на сознательную информацию и бессознательную динамику возбуждения, создающую фон этой информации. Можно сказать, что между сознательной информацией и энергией возбуждения имеется определенная взаимозависимость, объяснение которой вскрыло бы и связь между психическим и физиологическим.

Наше познание опирается на противоречие между субъектом и объектом, противоречие, отражающееся в нашем отображении мира, в наших восприятиях и понятиях. Каждое понятие является противоречием определенного и неопределенного, отраженных и неотраженных сторон объекта. Во впечатлениях поле внимания разделено между формой, выступающей на первый план, и туманным фоном. Каждый непосредственно происходящий в нас психический акт двойствен: он является контрастом более выразительных и менее выразительных компонентов, из которых первые находятся над порогом сознания (или по крайней мере вокруг него, например, сны), а вторые находятся под этим порогом, они бессознательны. Физиологической основой этого является контраст между оптимально возбужденными и заторможенными частями коры головного мозга или же и остального мозга, или, иначе говоря, контраст между активированными, сравнительно более сильными доминантными очагами и инактивированными, заторможенными, сравнительно более слабыми, с пониженной динамикой возбуждения.

С помощью некоторых аналогий можно это раздвоение на сознательные и бессознательные компоненты детально описать. Это попытался сделать еще в 1917 году

в одной интересной работе венский профессор неврологии Пётцл¹.

Пётцл изучал вопрос о пороках зрения при ранениях головы, в частности вопрос о раскромсанном зрении, о скотоме, когда больной видит только часть всего поля зрения. Больному показали, например, белое поле с желтым крестом, а он увидел только белое поле. После этого ему показали темную поверхность, и только на ней он увидел желтый крест, хотя здесь его не было. Таким образом, здесь имело место послевидение части экспонированного раньше комплекса, задержка видения, подобная (но бо́льшая) задержке, имеющей место при последовательном демонстрировании ряда отдельных кинокадров. Речь идет о явлении косвенного видения. Пётцл установил, что чем меньше больной первоначально воспринимал из экспонировавшегося комплекса, тем богаче его последующие представления, его послевидения (собственно говоря, галлюцинации), и наоборот. Пётцл проверил этот вывод на опытах со здоровыми людьми. Отражение внешнего мира характеризуется абстрактностью, элективностью; у здоровых людей абстракция выключена во сне, когда появляются различные бессознательные элементы, косвенно наблюдавшиеся человеком в состоянии бодрствования. Пётцл провел следующие опыты.

Сначала показывали испытуемому в течение $1/100$ сек неизвестный ему цветной диапозитив (пейзаж, городской вид, различные сцены). Затем испытуемый рассказывал или рисовал то, что успел за короткий момент уловить. На следующее утро этот испытуемый рассказывал о своих гипногических галлюцинациях перед тем, как он заснул, и после пробуждения о том, что ему снилось, или же не только рассказывал, но и рисовал запомнившееся. Только после этого ему показывали картину, показанную ему на мгновение накануне. Оказывалось, что в галлюцинациях человека появились элементы виденной им раньше картины, причем именно те элементы, которые он вначале не успел уло-

¹ См. O. Pötzl, Experimental erregte Traumbilder in ihren Beziehungen zum indirektem Sehen, «Zeitschrift f. ges. Neurologie und Psychiatrie», Berlin, 1917. Второй раз Пётцл пишет снова о своем математическом выражении упомянутого раздвоения в предисловии к книге Г. Фёрстера (H. Förster, Das Gedächtnis).

вить сознанием, так что они дополняли первоначальное впечатление. Подтвердилось также, что дополнительная картина оказывалась тем богаче, чем беднее бывало первоначальное впечатление (то есть чем меньше человек успевал уловить сразу), и наоборот. Как правило, обе эти части (то, что человек уловил сразу, и то, что ему чудилось в галлюцинациях) вместе отражали все содержание экспонированной человеку картины. Взаимозависимость сознательно и подсознательно запомнившихся частей картины оказывалась закономерной, регулярной, и Пётцл выразил ее как рост и убывание двух простых периодических угловых функций — синуса и косинуса. Разделение обеих частей картины Пётцл обозначил с помощью мнимой единицы для одной из этих угловых функций. Разделенное общее содержание картины Пётцл выразил математически с помощью соотношения Эйлера следующим образом:

$$\Delta = e^{qi} = \cos \varphi + i \sin \varphi,$$

где Δ — означает общее изменение внутренней ситуации испытываемого лица (или его сознательного и бессознательного отражения) при одной экспозиции ($1/100$ сек) картины при описанном опыте. Формула является обратной функцией соответствующей логарифмической функции. В качестве инверсии к некомплексной функции здесь может быть справедлив закон Фехнера:

$$E = k \ln R,$$

где E — величина ощущения, а R — интенсивность импульса. Пётцл приводит еще формулу энтропии Больцмана — Планка, формально аналогичную закону Фехнера:

$$S = k \ln W.$$

Термодинамическая вероятность W здесь соответствует фехнеровской интенсивности импульса R .

Вопрос о раздвоении общего отраженного комплекса на сознательную и бессознательную части можно развивать дальше. В физиологическом отношении можно говорить о части, перешагнувшей порог сознания и связанной с максимально возбужденными областями, и

о части, не перешагнувшей этот порог и связанной с заторможенными областями, с областями низкой возбудимости. Таким образом, речь идет о раздвоении общей динамики возбуждения на часть, несущую сознательную информацию, и на часть, не несущую ее, то есть, говоря терминами теории информации, на часть эффективную и неэффективную, избыточную.

Согласно формуле избыточности, мы имеем

$$R = 1 - \frac{I}{I_{\text{макс.}}} = \frac{I_{\text{макс.}} - I}{I_{\text{макс.}}},$$

где R — избыточность, I — принятая информация, $I_{\text{макс.}}$ — переданная информация, которая может быть получена в максимальной степени при передаче без шума. Чем больше шум, тем больше должна быть и избыточность. Чем больше избыточность, тем меньше принятая информация и тем больше утерянная информация (или тем больше энтропия принятого сообщения). Максимальная информация равна сумме эффективной и утерянной информации:

$$I_{\text{макс.}} = I + I_Z,$$

откуда

$$I = I_{\text{макс.}} - I_Z.$$

Это формально соответствует формуле работы тепловой машины

$$A = Q_1 - Q_2,$$

где Q_1 — подведенное тепло, а Q_2 — тепло, поглощенное холодильником, то есть неэффективное тепло. Эта формула вытекает из уравнения Карно для теплового коэффициента полезного действия машины:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Информация в сознании энергетически соответствует той части совокупности энергии возбуждения мозга, которая перешагнула порог сознания. Остальная часть энергии возбуждения остается неэффективной, она не используется для создания сознательной информации, не несет с собой познавательной информации и связана

с бессознательной фоном. Сумма эффективной и неэффективной информации (или же эффективной и избыточной составляющих энергии возбуждения) соответствует отношению Эйлера

$$e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi.$$

Нулевая избыточность при равенстве эффективной и максимальной информации

$$R = 1 - \frac{I}{I_{\text{макс.}}} = 0$$

соответствует здесь углу α , равному 0 степеней. Распределение на сознательную и несознательную составляющие можно изобразить также в мире Минковского. Растущий угол φ при росте познавательной составляющей соответствует растущему отклонению от вертикали времени (из которого выведены параллельные мировые линии точек покоя) мировой линии точки, движущейся с возрастающей скоростью.

VI. РОСТ ИНФОРМАЦИИ И РАЗВИТИЕ ПОЗНАНИЯ

1. ЭНТРОПИЯ, ПАМЯТЬ И ВРЕМЯ

Убывание энтропии в ходе развития жизни обусловлено, помимо прочего, способностью живой материи сохранять следы, и этот «наследственный» фактор преобразуется у человека, в частности, в способность к запоминанию. Наличие памяти делает возможным то, что информация, полученная в прошлом, сохраняется и суммируется с вновь полученной информацией. То, что человеческий субъект обладает памятью, изменяет канал передачи сообщений и, следовательно, процесс познания, так как это изменяет характер получателя, принимающего и обрабатывающего сообщения. Иначе говоря, то, что совершенствуется способ декодирования принятых сообщений, изменяет и гносеологический шум, зависящий в первую очередь от несовершенства приема. Благодаря накоплению информации в памяти и снижению шума появляется возможность ускорения процесса получения информации, ускоряется процесс роста информации в познании.

С ростом познания изменяется распределение вероятностей в пространстве приема, причем так, что усложняются и растут вероятностные зависимости, цепи условной вероятности. Возрастает плотность информации в общем сообщении об объективной реальности и уменьшается избыточность. Человеческий субъект осуществляет наряду с обменом веществ и энергетическим обменом со средой также и информационный обмен: он получает из среды сообщения в виде сигналов и на ос-

нове их обработки по линии обратной связи сигналы, с помощью которых он преобразует окружающую среду. Между субъектом и объективной реальностью существует, следовательно, определенный *информационный перепад*, характер которого задан различием в их информационных уровнях, влияющим на развитие человеческого познания и человеческой практики.

По мере развития познания в человеческой памяти конденсируется все большее количество информации, для получения которой человечеству уже больше не требуется времени. Таким образом, убывание энтропии благодаря памяти связано с определенным изменением временных характеристик. Можно высказать мнение, что, тогда как обычное солнечное время течет равномерно, время в развитии познания течет относительно солнечного времени неравномерно благодаря именно памяти, конденсирующей информацию, то есть это время сравнительно замедляется по мере роста информации. Конкретно это означает, что в течение одинакового интервала обычного солнечного времени в нашем распоряжении имеется или мы можем воспроизвести в памяти все большее количество информации. Если бы мы измеряли количество информации количеством этого времени, мы бы установили, что при развитии познания этому количеству времени соответствует все большее количество информации, следовательно, что информация конденсируется, а время по сравнению с информацией относительно дилатирует (замедляется). Эти рассуждения вынуждают нас призадуматься над вопросом времени, которым занимается современная наука, так как он имеет значение для исследования проблем нарастания информации в развитии сознания.

* * *

По мере развития познания субъект создает себе все более совершенное представление об источнике информации, об объективной реальности и познает, что упорядочение созданного им представления наталкивается всегда на какие-то временные ограничения, вытекающие из характера его (человека) восприятия. Человек все больше освобождается от этих ограниченностей способа отображения, познания и мышления. Современное

естествознание приносит с собой новые факты, вынуждающие отказаться от прежних способов мышления и прежних взглядов на мир вообще, следовательно, и на пространство и время. В общем можно сказать, что новая наука освобождает человека от прежнего субстанционального, застывшего, недиалектического способа мышления, недиалектического мировоззрения.

Прежняя наука представляла себе неизменным носителем всего происходящего абсолютное, однородное пространство, а вещи в этом пространстве она также рассматривала субстанционально как носителей определенных свойств. Естественно, что нашему познанию наиболее доступно то, что имеет примерно одинаковые размеры с нами. Поэтому мы макроскопически понимаем вещи, как сравнительно стабильные и неподвижные, хотя это обусловлено именно тем, что мы не учитываем тонкие, непрерывно совершающиеся процессы внутри вещей или, вернее говоря, мы ошибочно считаем эти вещи застывшими. Мы понимаем вещи как что-то, имеющее твердо ограниченные контуры, ограниченные относительно окружающей среды, хотя в действительности вещи переплетаются с окружающей средой, пронизывают друг друга и только мнимо изолированы от среды. Вещи связаны с окружающей средой и друг с другом, с ними тесно связаны и их свойства и особенности, в свою очередь также взаимосвязанные. Можно сказать, что тут действуют зависимые вероятности, хотя на первый взгляд они кажутся нам независимыми. Все между собой переплетено в сложном контексте, который в нашем представлении разграничен и огрублен. Все находится в диалектическом единстве, которое наше познание расщепляет (например, единое пространство — время разделено в нашем познании на пространство и время и т. п.). Идентичность определенной вещи — это только идентичность неразличимого, это только абстракция из временной и пространственной зависимости. Абстракцией является также и концепция мгновенности, одновременности вещи и события. Каждое событие связано, собственно говоря, со всей Вселенной, только наш пространственно и временно относительно ограниченный подход не дает нам возможности видеть отдаленные воздействия, вызываемые определенным событием, близким и наблюдаемым нами, на далеких пространствен-

ных и временных расстояниях. Трудно объяснить единство всех событий, единство пространства и времени и единство пространственно-временной формы и материального содержания; однако развитие познания, рост памяти все больше приближает нас к пониманию этого единства. Прежний, недиалектический способ мышления, недиалектическое мировоззрение расщепляло это единство на пространство и время, на форму и содержание, сущность и свойства и т. д.

Прежний способ мышления, вытекавший из основных концепций классической физики, рассматривал пространство как абсолютный, однородный носитель движения, отделенный от времени и представлявший одновременное соседство дискретных пространственных интервалов. Время понималось, согласно этому способу, как последовательность однородных, мгновенных интервалов. Этот дискретный подход, строго отделявший время от пространства, был общепринятой концепцией, сказывавшейся и в выражении логических принципов, разрабатывавшихся традиционной формальной логикой, абстрагировавшейся (в отличие от диалектической логики) от содержания мышления, от времени, от развития познания, от памяти.

Прежняя физика предполагала возможность мгновенного разреза пространственно-временного процесса перпендикулярно течению времени. Физические процессы рассматривались как последовательные серии мгновенных одновременных конфигураций материальных элементов. Пространство понималось как носитель абсолютной одновременности, как абсолютно однородная среда. В противоположность этому теория относительности релятивизировала понятие одновременности и ликвидировала представление абсолютного пространства как субстрата одновременных процессов. Согласно теории относительности, части пространства находятся друг с другом во взаимно последовательных, а не одновременных связях. Связь пространства и времени настолько тесна, что это делает невозможным разделение.

В новой физике пространство перестало быть однородным, отдельные места пространства представляются уже не равноценными, а имеющими различную степень кривизны, что вызывается неравномерным распределением массы. Пространство — время имеет уже не жест-

кую, а эластичную, упругую, «моллюскообразную» структуру, зависящую от взаимного движения материальных формаций, от взаимного перемещения локальных деформаций пространства — времени. Пространство в новой физике — это уже не одновременное сопоставление, наложение точек, и время уже не является только последовательной серией мгновенных конфигураций материальных точек.

Таким образом, нельзя понимать пространство как безвременную геометрическую зависимость, которую можно дополнить физической временной зависимостью. Невозможно провести мгновенный разрез мира и, следовательно, невозможно дать мгновенное изображение его. Для этого необходимо было бы отделить пространство от времени, что возможно лишь приблизительно и только при небольших скоростях и расстояниях.

Оказалось также, что и время не гомогенно, что оно связано с пространством, что оно также тесно связано с содержанием, которым оно заполнено, — с происходящими вокруг нас событиями, с движением. Если различное распределение масс создает негомогенность пространства, то *различное распределение событий создает негомогенность времени*, различие в плотности его. Как уже упомянуто выше, в памяти возрастает плотность информации и тем самым изменяется характер времени. Время относительно дилатирует, картина мира становится для нас все более полной, все более дифференцированной; историческое преобразуется в логическое, структурное. Распределение понимается во все большей степени как глубоко взаимосвязанное, познание все глубже постигает единство сущности и свойств, содержания и формы, пространства и времени и прочих противоречий.

В классической физике время было гомогенным, равномерно текущим, абсолютным, независимым, пустым, бессодержательным и обратимым. Теория относительности тесно связала время с пространством, движением и массой, время различных физических объектов стало различным в зависимости от скорости их движения, причем в объективном, а не субъективном смысле. Таким образом, время получает в теории относительности все более конкретное содержание, однако оно связано только с физическими, преимущественно механически-

ми, свойствами материи и движения. Дальнейший шаг в деле углубления понятий о времени означает объединение понятия времени с более высокими качествами движения, а отсюда и с понятиями энтропии и упорядоченности.

Согласно некоторым теориям, время протекает не только не равномерно, но и характер его изменяется в зависимости не только от скорости механического движения. Характер времени скорее создается характером событий, заполняющих его, причем как порядком их плотности, так и качеством движения данной материи, обусловленного степенью ее организованности. Естественно, что в определенном интервале обычного солнечного времени, измеряемого кругооборотом Земли, может произойти большее или меньшее число событий. Время, измеряемое плотностью событий, называют иногда логарифмическим временем, так как его задают в виде логарифмической функции нашего обычного физического, солнечного времени¹.

Например, Л. дю Нуи² говорит о так называемом биологическом или физиологическом времени. Дю Нуи полагает, что на скорость биологического роста, а также заживления ран в зависимости от возраста организма, распространяется гиперболический закон. Он экспериментально установил, что раны величиной 20 см² заживают у 10-летнего ребенка за 20 дней, у 20-летнего человека за 31 день, у 30-летнего — за 41 день, у 40-летнего — за 55 дней, у 50-летнего — за 78 дней, а у 60-летнего — за 100 дней. Далее он высказал предположение, что с возрастом субъективно ускоряется физическое, астрономическое время: один год, равный одной пятой возраста 5-летнего ребенка, проживается в 10 раз дольше одного года, равного одной пятидесятой возраста 50-летнего человека. Произведение возраста на длительность переживания одного года примерно константно. Согласно дю Нуи, постоянна также величина про-

¹ Объективно, конечно, не существует двух или больше различных времен, время едино. Однако мы полностью не знаем этого объективного времени вследствие ограниченности нашего познания, и изображения этого времени могут быть различными в зависимости от цели изображения в том или ином случае.

² См. L. du Noüy, Biological Time, London, 1936.

изведения скорости залечивания раны g на возраст t :

$$gt = k,$$

то есть у молодого организма скорость залечивания больше, чем у старого. На основании этого Нуйи вводит категорию биологического или физиологического времени как возможное описание времени наряду с категорией обычного физического времени.

Аналогично этому Бакман¹ говорит о биологическом или органическом времени. Согласно Бакману, органическое время задается формулой

$$x = c_1 \log t + c_2,$$

где x — органическое время, t — физическое время, а c_1 и c_2 — константы. Органическое время является, по Бакману, логарифмической функцией физического времени, и с течением этого физического времени оно все больше сокращается. Таким образом, оно больше всего дилатирует вначале, когда в организме совершается наибольшее число событий (повторение основных этапов филогенетического развития у эмбрионов), когда события больше всего уплотнены, когда происходит больше всего изменений. Согласно Бакману, в молодости время и субъективно переживается как более длинное. Бакман находит большее сходство между тем, как он понимает время, и тем, как его понимает Милн (это понимание Милна весьма положительно оценивается Холдейном)².

Астроном Милн³ различает эфемерное динамическое время τ , которое можно измерять, например, кругооборотом Земли, и абсолютное кинематическое время t , которое можно регистрировать, например, радиоактивными часами. τ -время — это время ньютоновской динамики, когда движение происходит с постоянной скоростью. В противоположность этому полупериод радиоактивного распада остается постоянным лишь в кине-

¹ См. G. Backman, Wachstum und organische Zeit, Leipzig, 1943.

² См. J. B. S. Haldane, Marksistska filosofie a přirodní vědy, Praha, 1946.

³ См. E. A. Milne, Kinematic Relativity, Oxford, 1948 (а также ряд менее крупных работ).

матическом времени. Взаимозависимость между обоими временами Милн выражает как

$$\tau = t_0 \left(\log \frac{t}{t_0} + 1 \right),$$

где t_0 — это значение кинематического времени t в настоящее время (возраст Вселенной на какое-то выбранное нами начало). При $t = 0$ (начало кинематического времени) $\tau = -\infty$, для τ нет естественного начала. В настоящее мгновение имеем $\tau = t$ и $d\tau/dt = 1$, так что обе шкалы времени в этом мгновении неразличимы, так как $t = t_0$. В настоящий момент нельзя различать, течет ли время динамически или кинематически. Время кругооборота Земли, описываемое в t -времени, сокращается в прошлое; чтобы получить начало, необходим конечный интервал в t -времени, но бесконечное число вращений в τ -времени.

Уиттекер¹ иллюстрирует шкалу времени Милна следующим образом: предположим, что в последнем миллионе лет t -время шло в ногу с τ -временем. В течение миллиона лет τ -времени до этого колебание атомов было наполовину меньше, то есть атомные часы, измеряющие t -время, регистрировали только полмиллиона лет. Во втором миллионе τ -лет до этого времени атомные часы регистрировали только одну четверть миллиона лет и т. д. Таким образом, τ -время идет в бесконечность, но атомные часы регистрируют только данную сумму рядов, то есть 2 миллиона лет, что и является началом t -времени.

Использование представления о неравномерно текущем времени кажется особенно приемлемым в части эволюционных процессов. Мы уже упоминали, что развитие возможно благодаря общей способности материи сохранять прошлое в виде следов. Сохранение прошлого в области живой природы приводит к развитию жизни в сторону все более высоких форм упорядоченности. Онтогенез отдельного организма, в частности его эмбриогенез, в известной мере является очень уплотненным во времени филогенезом. Характеристика времени может быть, следовательно, задана не только количественными свойствами механических событий, но и качественными

¹ См. E. Whittaker, Von Euklid zu Eddington, Wien, 1952.

элементами — степенью накопленной упорядоченности, убыванием или ростом энтропии или ростом негативной энтропии и информации. При подходе к познанию как к высшему качеству движения, как к проявлению самой высокоорганизованной материи, мы принимаем также, что рост информации в памяти изменяет и характер времени — в относительном смысле. Выражаясь несколько фигурально, можно сказать, что время изменяется по мере роста познания точно так же, как оно изменяется в ракете по мере возрастания скорости. Можно предположить, что в зависимости от плотности информации можно говорить о различной относительной плотности времени.

* * *

Развитие вообще и развитие познания в частности определяет характер времени, а также его направление и необратимость. Это необратимое течение времени задано также при процессах роста энтропии. В случае прогрессивного развития — в процессах убывания энтропии — речь идет о градации, о росте упорядоченности, в процессах же роста памяти речь идет о накоплении и конденсации информации. В другом случае речь идет о деградации, об убывании упорядоченности (или же и о потере информации, о забывании). Выражаясь очень упрощенно, можно сказать, что процессы развития приводят к определенной относительной дилатации, процессы с растущей энтропией связаны с противоположностью этого и одновременно они связаны с большей вероятностью. Оба типа процессов необратимы, но они имеют противоположные направления. Тогда общее направление времени можно считать заданным сравнением двух различных состояний энтропии, их асимметрией. Согласно Грюнбауму¹, направление времени во Вселенной определяется только статистически, так как оно зависит от статистического поведения субсистем во Вселенной, могущих иметь различные направления времени.

(Гипотетически можно создать шкалу негомогенного времени с определенными максимумом и минимумом, имея в виду время при росте информации в какой-то за-

¹ См. A. Grünbaum, Time and Entropy, «American Scientist», № 4, 1955.

мкнутой, конечной системе. Максимум был бы достигнут при минимальной энтропии и максимальной информации, то есть здесь была бы достигнута предельная плотность информации, воспроизводимой в памяти в минимальном интервале времени. Это можно было бы приравнять к бесконечной дилатации, имеющей место, по преобразованию Лоренца, в теле, летящем со скоростью света относительно находящегося в покое наблюдателя. Минимум был бы достигнут, наоборот, при минимальной плотности информации, следовательно, при максимальной неопределенности в познании. Это, конечно, только экспериментальные аналогии.)

С развитием познания конденсируется в памяти информация, однако эта конденсация никогда не бывает полной, информация в познании никогда не соответствует нулевой энтропии (или совершенно дилатированному времени). Познание всегда относительно ограничено и конечно, так как познающий субъект сравнительно ограничен по отношению к бесконечной неограниченной объективной реальности. Познание может достичь абсолютной информации только в бесконечном развитии.

Трансформирование бесконечной объективной реальности в процессе познания всегда приводит к некоторому огрублению, передача информации никогда не бывает вполне совершенной и без шумов¹. В обычных условиях не является помехой то, что участие познающего субъекта в процессе познания всегда, собственно говоря, означает некоторое повышение энтропии. Вмешательство субъекта в процессе познания в большинстве случаев пренебрежимо мало. Однако роль субъекта становится значительной при наблюдении физических микропроцессов, и она так же важна при проблемах так называемого метаязыка (разные уровни речи высказывающегося и высказываемого). Участие субъекта в каком-то сознательном акте означает, что образуется различие каких-то двух уровней (информационных, вероятностных или типовых уровней). Процесс познания и его

¹ Как мы уже отмечали в гл. IV, получение информации означает некоторое повышение энтропии, на что указал Бриллюэн (см. «Наука и теория информации») в связи с демоном Максвелла, который — даже если бы он не был организмом с биологическими процессами — потребляет энергию на перенос сообщений о движении молекул.

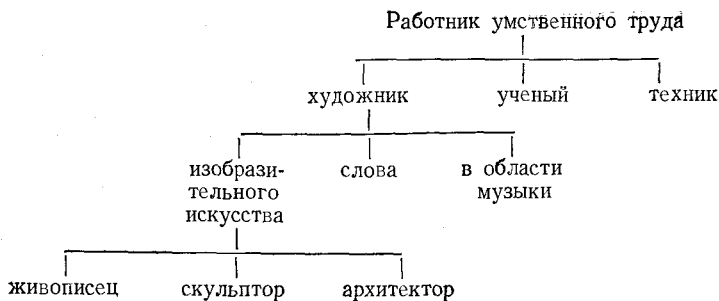
результат — сведение или совокупность сведений — невозможен без энтропии, хотя эта энтропия может асимптотически уменьшаться.

Абсолютная истина — это гипотетически полное познание объективной реальности. Если в абсолютной истине должен сохраняться характер отображения объекта субъектом, то можно сказать о ней (об абсолютной истине), что она лишь немногим, бесконечно мало отличается от объективной реальности. Если объективная реальность является источником сообщений для познающего субъекта, то абсолютная истина может представляться как полная информация, как количественная мера информации в совокупном сообщении об объективной реальности. Если бы этот субстрат можно было выразить как-то иначе, то можно было бы по сравнению с ним выразить и энтропию и информацию в какой-то ограниченной системе отображения. Можно, конечно, создавать лишь весьма упрощенные модели этого субстрата и отображения его или роста информации в отображении по мере роста памяти.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Источник сообщений высылает сообщения, а адресат отображает на стороне приема эти сообщения, прошедшие через канал и несколько искаженные аддитивными помехами. Подобно этому в процессе познания объект отображается субъектом с некоторым опрублением, с некоторой энтропией. Развивающееся познание сохраняет полученную информацию об объекте в памяти, и при дальнейших отображениях этого объекта информация возрастает и энтропия убывает; можно сказать, что память имеет возможность ограничивать шум. Факт накопления информации в памяти дает возможность понимать процесс развивающегося познания как процесс обучения.

То, что можно квантовать информацию и энтропию, представляет возможность создать очень упрощенную, ограниченную модель отображения и памяти путем расположения максимальной информации и максимальной энтропии в определенную систему. Имеем следующую классификацию:



Если мы должны решить, куда отнести, например, Николая Алеша, о котором нам известно, что он относится к работникам умственного труда, мы сначала решаем, к какой части первой строки он относится (первый разрешающий шаг), затем мы находим его место во второй и в третьей строках. Если мы узнаем, что он относится к художникам, то мы дальше находим, к какой группе художников он относится, и после того, как мы установили, что он относится к художникам изобразительного искусства, мы дальше устанавливаем, что он является живописцем. Таким образом, при каждом разрешающем шаге мы встречаемся с некоторой неопределенностью. Вначале мы могли бы вынести суждение, что «Алеш является работником умственного труда (вида x)», где вместо переменной можно подставить три различных аргумента с одинаковой вероятностью. Конечная схема случаев и их вероятностей такова:

$$A_i = \begin{pmatrix} A_1, A_2, A_3 \\ 1/3, 1/3, 1/3 \end{pmatrix}.$$

Определив энтропию по формуле

$$H = - \sum_{i=1}^3 p_i \log p_i,$$

получим

$$H = -3 \cdot 1/3 \log 1/3 = -\log 1/3 = \log 3.$$

Дополняя функцию суждения правильным аргументом «художник», мы получим суждение «Алеш — работник умственного труда (вида „художник“)» или проще «Алеш — художник», которое можно преобразовать в

следующую функцию суждения: «Алеш — художник (вида x)» опять-таки с тремя аргументами. После правильной подстановки получим суждение «Алеш — художник в области изобразительного искусства», отсюда функция суждения «Алеш — художник в области изобразительного искусства (вида x)» с тремя аргументами. Наконец, мы получим суждение «Алеш — живописец». Таким образом, для получения наивысшей возможной информации в данной ограниченной системе нужно выполнить три разрешающих шага, в каждом из которых надо выбрать одну из трех возможностей. Следовательно, в функции суждения «Алеш — работник умственного труда (вида x)» информация нулевая и по сравнению с максимальной информацией, содержащейся в суждении «Алеш — живописец», здесь (в первом из этих суждений) максимальна энтропия, равная $H = \log 3 + \log 3 + \log 3 = 3 \log 3$. Матричная таблица информации и энтропии суждений или функций суждений нашей системы выглядит так:

Суждение (или функция суждения)	H	I
v_0 : Алеш — работник умственного труда (вида x)	$3 \log 3$	0
v_1 : Алеш — художник (вида x)	$2 \log 3$	$\log 3$
v_2 : Алеш — художник в области изобразительного искусства (вида x)	$\log 3$	$2 \log 3$
v_3 : Алеш — живописец	0	$3 \log 3$

Связь информации и энтропии в этой системе задана уравнением

$$H_{V_0} = I_{V_k} + H_{V_k},$$

следовательно, сумма информации и энтропии постоянна и представляет собой максимальную энтропию или максимальную информацию в системе. Информация в любом суждении системы задана уравнением

$$I_{V_k} = H_{V_0} - H_{V_k},$$

то есть в виде разности между максимальной энтропией системы и энтропией суждения данной ступени. Максимальную информацию в суждении v_3 можно также считать информацией переданного сообщения, мерой

информации в дальнейших суждениях для различной степени изображения сообщения получателем в процессе обучения, то есть, собственно говоря, для различной степени действия шума. Суждение v_3 можно считать принятым сообщением, переданным по каналу без шума и информация которого, следовательно, не уменьшилась в ходе передачи: такое суждение максимально определено, энтропия его нулевая. Шкала от v_0 до v_3 может представлять последовательный процесс обучения, простой подъем познания, когда в памяти остается уже информация, полученная из сообщения предшествующей степени. Иначе говоря, суждение «Алеш — живописец» включает в себя суждение «Алеш — художник в области изобразительного искусства», которое в свою очередь включает в себя суждение «Алеш — художник».

Если в нашей информации о том, кем является Алеш (согласно приведенной выше модели), есть какая-то ненадежность вследствие забывания, то можно эту ненадежность выразить с помощью угла φ . Косинус φ выражает соответствующую информацию, а синус φ — неизвестную, потерянную информацию или ненадежность, энтропию. Если мы, например, имеем информацию «Алеш — художник», то эта информация равна $2 \log 3$, что можно выразить с помощью разделения на известную и неизвестную составляющие (см. вывод предыдущей главы) при $\varphi = 30^\circ$ и, следовательно, как косинус 30° . Приведенную выше таблицу нашей модели можно дополнить следующим образом:

	$H = i \sin \varphi$	$I = \cos \varphi$
v_0	$i \sin 90^\circ$	$\cos 90^\circ$
v_1	$i \sin 60^\circ$	$\cos 60^\circ$
v_2	$i \sin 30^\circ$	$\cos 30^\circ$
v_3	$i \sin 0$	$\cos 0$

$I_{\text{макс.}}$ — здесь соответствует сумме i синуса и косинуса, то есть $e^{i\varphi}$.

Это сильно упрощенная модель, в которой количество максимальной информации задано конечным числом ограниченной системы с каким-то началом и концом. В действительности суждение «Алеш — живописец» не является последней ступенью и требует дальнейшего определения, то есть того, каким именно живописцем является Алеш. Но и в обратном направлении первая ступень не задается суждением «Алеш — работник ум-

ственного труда», так как этому суждению могло предшествовать другое «Алеш — человек» и еще далее: «Алеш — живое существо» и т. д. Действительность невозможно исчерпать и определить конечным числом шагов, анализ продолжается все глубже, познание неисчерпаемо. Далее необходимо обратить внимание на то, что в нашей модели принято для упрощения, что вероятности в отдельных ступенях независимы друг от друга. Точнее была бы более сложная модель, отдельные ступени которой взаимозависимы; тогда матрица выглядела бы несколько иначе. Эта модель лучше отображала бы факт сохранения информации в памяти, но для данной нашей цели нет надобности вводить такую точную модель.

Полная информация изображена на отдельных фазах «развития» указанной системы изображения с уменьшающейся неполнотой (v_0, v_1, v_2 и v_3). Меру определенности или неопределенности в принятых сообщениях в процессе обучения можно, следовательно, привести во взаимосвязь со временем. Максимальная энтропия в отображении в ходе указанного процесса получения опыта была бы в момент t_0 , когда получено первое сообщение в виде суждения v_0 . Минимальная энтропия была бы в момент t_3 . Если $I_{\text{макс.}} = 3 \log 3$, то тут также задано число разрешающих шагов, необходимых при действии от $I_{\text{макс.}}$, и число альтернатив при каждом из этих шагов. Получение информации — опыта — здесь корреспондируется со временем. Если мы введем в нашу модель наряду с неопределенностью еще и неистинность (ошибку), то это означало бы, что познание может пойти и по неправильному пути, как в лабиринте. Конкретно это означало бы, например, что мы определим, что «Алеш — техник». Тогда путь к максимальной информации мог бы быть более длинным в зависимости от числа необходимых обратных шагов. Ошибочный путь можно изобразить временем обратного направления, относительно t_0 , так как он требует обратных шагов. Например, неправильное суждение «Алеш — техник» соответствовало бы тогда моменту t_{-1} , так как оно требует одного обратного шага к t_0 . В нашей модели этому случаю соответствовало бы отрицательное количество информации, а энтропия была бы больше, чем $3 \log 3$.

В нашей модели информационной системы можно выразить и избыточность. Избыточность сообщения v_0 наибольшая ($R=1$), избыточность сообщения v_3 — наименьшая ($R=0$). Утерянная информация здесь соответствует энтропии (или потерянному времени). Все сообщения имели бы в этом случае одинаковую продолжительность (имели бы одинаковое число сигнальных элементов), но различную плотность информации, то есть неодинаковое количество информации, приходящейся на один сигнальный элемент. Если

$$R = \frac{I_{\text{макс.}} - I}{I_{\text{макс.}}} = \frac{I_z}{I_{\text{макс.}}} = \frac{H}{I_{\text{макс.}}},$$

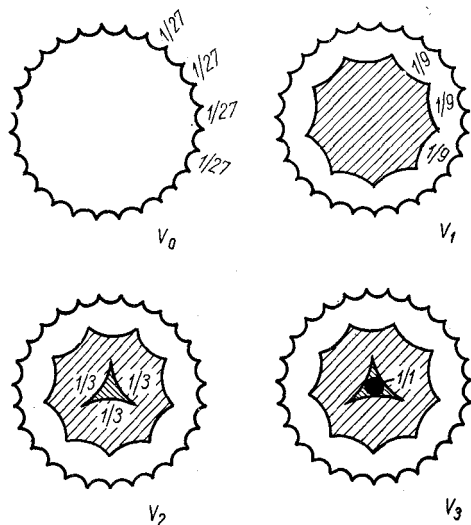
то можно выразить избыточность отдельных сообщений следующей таблицей:

	R
v_0	1
v_1	$\frac{2}{3}$
v_2	$\frac{1}{3}$
v_3	0

Обозначив один сигнальный элемент сообщения через x , а полезный сигнал, несущий информацию, — через \bar{x} , получим следующую таблицу:

v_0	x	x	x
v_1	\bar{x}	x	x
v_2	\bar{x}	\bar{x}	x
v_3	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}

Можно изобразить сообщения также посредством четырех концентрических кругов, представляющих различные степени определенности и на которых обозначено число выбранных элементов и их вероятности (исходя из полной классификации с диапазонами в 3, 9 и 27 элементов), как это показано на рис. 13.



Р и с. 13. Изображение информации суждения формой.

Получив максимальную информацию в нашей ограниченной модели, то есть оптимальную систему отображения, мы могли бы отсюда построить более высокую систему отображения, взяв за основу эту максимальную информацию, $I_{\text{макс.}}$ в системе отображения I было бы $I_{\text{мин.}}$ в системе II и тогда t_3 в системе I было бы t_0 в системе II. Образование все более мощных систем отображения и является существом развития познания. Время в развитии познания находится в тесной связи с ростом информации. Полученная информация означает снижение временной задержки, так как для повторного получения информации (воспроизведения ее) времени не требуется — оно мгновенно и всегда находится в готовности. Абсолютная истина, совокупность всей информации об объективной реальности представляет собой гипотетическое отображение, над которым уже нет более высокого, более полного отображения и где отпадает необходимость в течении времени для информации. Конечно, такая информация может быть достигнута лишь в ходе бесконечной эволюции познания, то есть практически никогда. Рост информации в развитии познания, возможный благодаря существова-

нию памяти, соответствует, следовательно, определенной временной характеристике.

Нулевую энтропию и максимальную информацию можно было бы достичь лишь тогда, когда информация об объективной реальности была бы конечной и исчерпываемой. Однако развитие познания является незамкнутым процессом, поэтому никогда нельзя достичь того, чтобы энтропия была нулевой. В нашей ограниченной конечной модели отображающей системы мы исходили из постоянной суммы информации и энтропии. Для незамкнутой системы отображения можно было бы считать постоянной скорее произведение информации и энтропии, а не их сумму. Следовательно,

$$I \cdot H = k,$$

и отражением этой функции была бы вместо прямой равноосная гиперболоа. Чем больше убывала бы энтропия в этой системе, тем больше возрастала бы в ней информация, мера которой асимптотически приближалась бы к бесконечности, но никогда не могла бы достичь ее, так как мы исходим из того, что энтропия в познании никогда не бывает в конечном времени нулевой.

Ограниченная система отображения, описываемая, например, вышеуказанной моделью, может быть преобразована нами в неограниченную, если мы примем, что начало и конец процесса роста информации находятся в бесконечности. Тогда информация в отображении могла бы возрастать по мере течения времени, и этот рост был бы бесконечным. Абсолютная истина представляла бы собой тогда отображение с энтропией, приближающейся к нулевой, заданной, так как вероятность одного случая равна единице, а остальных случаев — нулю. Нулевую неопределенность в сообщении можно предположить на стороне входа, у источника сообщений — у объективной реальности. Следовательно, такой случай представляет только бесконечную, вечную и единую материю в совокупности всей ее материальности и различия форм движения и ступеней упорядоченности¹.

¹ В указанной простой модели процесса обучения можно было бы использовать наряду с понятиями «информация», «энтропия» и

3. НЕКОТОРЫЕ ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

а) Мир Минковского и память

Для отображения накопления информации можно использовать также геометрическую модель памяти. Память (которую мы понимаем здесь не узко — как фиксирование того, что дано нашими органами чувств, а как совокупность знаний как индивида, так и всего общества) может рассматриваться как пространство информации. Сохранение происшедших ранее событий в памяти, не только событий внешнего мира, но и внутренних событий, какими является переработка опыта, окажется тогда тесно связанным с проблемой времени.

Представляя события как точки в евклидовом пространстве, мы получим, например, точку A , заданную тремя размерами:

$$A = XYZ,$$

расстояние которой от начала координат задано длиной d по формуле

$$d^2 = x^2 + y^2 + z^2.$$

В пространстве — времени Минковского расстояние от начала координат задано уравнением

$$d_1^2 = x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 - c^2 t^2,$$

где c — скорость света, а t — время. Определив $u = ict$, где $i = \sqrt{-1}$, можно ввести

$$u^2 = -c^2 t^2,$$

так что мы получим

$$d_1^2 = x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 + u_1^2.$$

Точка A в пространстве — времени Минковского будет тогда задана как

$$A = XYZU.$$

«избыточность» также и другие понятия теории информации, так что можно было бы создать все более сложные, все более тонкие модели гносеологического канала.

Аналогично этому можно представить себе точкой также информацию о событии, так как к точкам в пространстве события можно отнести соответствующие точки в пространстве информации. Однако в определенном сведении, преобразованном в опыт, можно отразить и информацию о двух или большем числе событий. Если мы имеем событие A в момент t_1 и событие B в момент t_2 , то благодаря памяти мы можем иметь информацию об обоих событиях одновременно, что можно записать в виде

$$I_{AB} = X_1 Y_1 Z_1 U_1 \text{ и } X_2 Y_2 Z_2 U_2.$$

Таким образом, в определенном сведении может храниться информация о прошлых событиях. В какой-то выбранной нами гносеологической единице, например в фразе определенной длины, может содержаться информация о различном количестве событий, то есть сообщение может иметь различную информационную плотность. Иначе говоря, в сообщении определенной длины может быть различная мера полезной информации и избыточности.

Гипотетическое одномерное существо (например, в виде отрезка определенной длины), движущееся по двухразмерной площади, на которой имеются расположенные по-разному точки, могло бы воспроизводить (если оно обладает памятью) распределение точек в отдельных положениях, через которые оно прошло, и оно могло бы сразу восстановить двухразмерную картину в своем одномерном «мозгу». Аналогично этому обстоит бы дело с гипотетическим двухразмерным существом, прошедшим через трехразмерное пространство. Опять-таки аналогично этому трехразмерное существо с трехразмерным мозгом, наделенным памятью, движущееся по четырехразмерному пространству, способно уловить и восстанавливать в памяти все его события, причем одновременно, без распределения во времени, сразу. Таким образом, в памяти информация будет укладываться, по-видимому, в четырехразмерном коде. На основе памяти мы можем восстановить одновременно информацию о событиях, значительно удаленных друг от друга в пространстве или во времени. Следовательно, память — это способность уплотнять инфор-

мацию. Если в единице обычного солнечного времени можно воспроизвести в памяти различное количество информации, то это означает, что тут целесообразно использовать шкалу неравномерно текущего времени, о котором мы говорили в первом параграфе настоящей главы. Если в этой единице времени в нашем распоряжении имеется большее количество информации, чем среднее определенное количество, которое было бы в случае роста памяти, то здесь мы могли бы говорить об относительной дилатации времени, о том, что по мере развития оно (время) течет все медленнее. Единица времени нашего познания (которое можно назвать гносеологическим временем аналогично тому, как говорят о биологическом времени) измерялась бы тогда не звездными событиями или вращением Земли, как в отношении обычного солнечного времени, а событиями нашего познания — зафиксированной информацией. Так можно будет выразить емкость (пропускную способность) памяти или познания.

Минковский называет пространственную точку, находящуюся в какой-то точке времени, мировой точкой. Изображением существования такой мировой точки будет кривая, называемая мировой линией, точки которой можно однозначно отнести к параметру t от $-\infty$ до $+\infty$. Весь мир можно разложить на такие мировые линии — события. Такими мировыми линиями можно аналогичным образом изобразить и информацию о событиях. Ведь чем является человеческая социальная память, совокупность общественного познания, если не моделью мира, пространства — времени? Как говорит Минковский, подобно тому как в пространстве имеется бесконечно много плоскостей, так и в пространстве — времени имеется бесконечно много пространств. Этому подобна гипотетическая универсальная память, включающая в себя все развитие, всю эволюцию познания. Гипотетическая абсолютная истина состояла бы из бесконечного количества относительных истин отдельных сведений или из памяти отдельных индивидов.

Мы не намерены детально описывать здесь всю модель мира Минковского, но хотим лишь обратить внимание на важнейшие черты ее. В пространстве — времени Минковского можно как угодно определять временную ось, как угодно раскраивать мир.

«Субстанция, находящаяся в любой мировой точке,— писал Минковский,— может при особом определении рассматриваться всегда как находящаяся в покое относительно пространства и времени»¹. Для всех скоростей здесь имеется верхний предел скорости света c . Мир Минковского — это формация, разделенная $t=0$ в двухчасечный гиперboloид. Гипербола является здесь изображением мировой линии, представляющей движение, которое для $t=+\infty$ и $t=-\infty$ асимптотически приближается к скорости света.

Можно создать экспериментальную гипотезу, согласно которой в модели мира Минковского различным величинам скорости будут соответствовать различные величины плотности событий, или различные плотности информации в памяти. При малой плотности информации время протекало бы равномерно и этому соответствовала бы большая избыточность в полученном сообщении о мире. При нарастающей плотности информации время протекает неравномерно, оно дилатирует и соответствует этой убывающей избыточности в познании. Предельная скорость света соответствовала бы предельной плотности информации и нулевой избыточности.

Основатель термодинамики Карно говорил об идеальной тепловой машине, которую, конечно, практически невозможно создать, так как это означало бы создать перпетуум-мобиле первой ступени. Все же его идеи стали основой термодинамики. Подобно этому физика газов опирается на плодотворную идею идеального газа, в действительности не существующего. Аналогично этому можно было бы говорить, например, об идеальном получателе информации (этим адресатом могла бы быть, например, гипотетическая идеальная логическая машина), в памяти которого уложена вся информация о мире и который, следовательно, знал бы абсолютную истину, хотя мы знаем, что это невозможно.

¹ H. Minkowski, Raum und Zeit, в: Lorentz—Einstein—Minkowski, Das Relativitätsprinzip, Leipzig, 1922, S. 58. (Русск. перев.: Г. Минковский, Пространство и время; в: Г. А. Лоренц, А. Пуанкаре, А. Эйнштейн, Г. Минковский, Принцип относительности. Сборник работ классиков релятивизма, М., 1935.)

Карно доказал, что работа, выполняемая тепловой машиной, не равна всей поданной в машину тепловой энергии, а часть этой энергии расходуется на охлаждение. Полученная работа равна разности между поданным теплом Q_1 и неиспользованным, отведенным теплом Q_2 , то есть работа меньше подведенного тепла. Так называемый тепловой коэффициент полезного действия машины η равен отношению полученной работы к подведенному в машину теплу:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

и он (к.п.д.) всегда меньше единицы, то есть 100%, что могло бы быть достигнуто при наличии идеальной машины, то есть перпетуум-мобиле.

При передаче информации происходит потеря ее из-за помех. Количество утерянной информации равно разности между количеством переданной информации и количеством полученной информации. Избыточность передачи информации выражается формулой

$$R = \frac{I_{\text{макс.}} - I}{I_{\text{макс.}}},$$

где $I_{\text{макс.}}$ — информация, высланная и принятая в оптимальном случае, I — информация, принятая, эффективная. Дополнением к избыточности, бесполезности в передаче является

$$U = \frac{I}{I_{\text{макс.}}}.$$

Потерянная, неиспользованная информация I_z задана разностью между максимальной и полезной информацией: $I_z = I_{\text{макс.}} - I$, так что

$$U = \frac{I_{\text{макс.}} - I_z}{I_{\text{макс.}}},$$

что можно считать подобием коэффициента полезного действия η Карно. Максимальная полезность $U_{\text{макс.}}$ имеет место при $I = I_{\text{макс.}}$, или при $I_z = 0$, а минимальная полезность будет при $I = 0$. Максимальная полезность соответствует минимальной избыточности по уравнению

$$R_{\text{мин.}} = 1 - U_{\text{макс.}} = 0.$$

В этом случае сообщение передано наиболее экономично, с максимальной скоростью передачи и с максимальной конденсацией информации, следовательно, с минимальным числом сигналов, с максимально экономичным кодом; сообщения имеют здесь минимальную длину.

В мире Минковского мировые линии покоящихся материальных точек, точек с нулевой скоростью, изображены как параллели с временной осью. Этим мировым линиям соответствовали бы в аналогичной модели памяти (отражения мира) сообщения, переданные с максимальной избыточностью, то есть сообщения, воспринимаемые системой с минимальным опытом, с нулевым запасом информации или с минимальной пропускной способностью приема. Сообщения, принимаемые системой с растущей памятью, изображались бы здесь прямыми или кривыми, отклоняющимися от этой оси. Сообщения при передаче с максимальной полезностью ($U=1$) и со скоростью передачи C изображались бы как параллельные со второй осью. Это были бы сообщения идеального адресата, при передаче которых не было никакой потери информации, при отсутствии помех и когда сообщения могут иметь нулевую избыточность.

б) Рост информации и время

Между ростом информации (или ростом упорядоченности) и временем имеется определенная связь. Если время течет равномерно, то рост информации может происходить следующими способами:

- 1) по линейной арифметической прогрессии

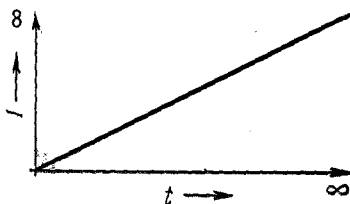


Рис. 14. Линейный рост информации.

- 2) может замедляться: а — до какого-то максимума, б — до бесконечности

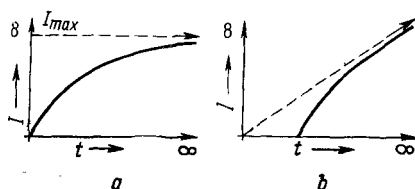


Рис. 15. Замедляющийся рост информации: *a* — до максимума, *b* — до бесконечности.

3) может ускоряться: *a* — до какого-то максимума, *b* — до бесконечности

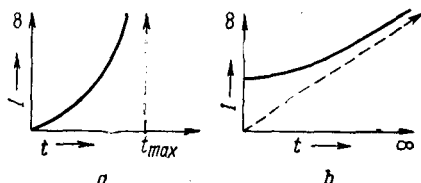


Рис. 16. Ускоряющийся рост информации: *a* — до максимума, *b* — до бесконечности.

Случай 2а соответствует кривой роста Бакмана и кривой меморации Эббингхауза. Зависимость между приращением информации и временем можно выразить как зависимость двух шкал. Обычное физическое время течет равномерно, его интервалы имеют одинаковую длину, но приращение информации убывает по геометрической прогрессии.

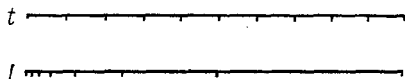


Рис. 17. Шкала времени и убывающего приращения количества информации.

Эту зависимость можно для случая 2а выразить в виде

$$I = I_{\text{макс.}} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right),$$

где $I_{\text{макс.}}$ — максимально достигаемое количество информации, e — основание натуральных логарифмов, а τ — временная константа. Указанная кривая соответствует развитию индивида, способность которого к обучению, к накоплению и сохранению информации и жизнеспособность которого сначала резко возрастают, затем замедляются и, наконец, останавливаются (в позднем возрасте информация может даже и убывать).

Однако и развитие познавательных способностей человеческого общества и рост информации в совокупности человеческого познания не замедляется и не прекращается; наоборот, информация возрастает все быстрее. Количество информации, получаемое человеческим обществом (благодаря опыту и памяти, в которых информация не только суммируется) в одинаковом интервале времени, все больше возрастает, за каждый такой интервал времени человечество получает большее количество научных сведений, чем оно получало раньше, что особенно заметно в последнее время. Таким образом, этому лучше всего соответствует случай 3. Взаимозависимость приращения информации и течения времени можно опять-таки выразить шкалами, где приращение информации происходит в геометрической прогрессии:

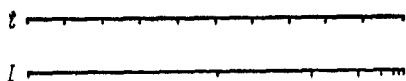


Рис. 18. Шкала времени и растущего приращения количества информации.

Таким образом, для случая 3а справедлива формула

$$t = t_{\text{макс.}} \left(1 - e^{-\frac{I}{\tau}} \right),$$

где $t_{\text{макс.}}$ — время, за которое было бы достигнуто неограниченное приращение информации, а τ — константа времени. Прологарифмировав это выражение, мы получим, что

$$I = -\tau \ln \left(1 - \frac{t}{t_{\text{макс.}}} \right) = \tau \ln \frac{t_{\text{макс.}}}{t_{\text{макс.}} - t}.$$

Однако если мы предположим, что хотя информация и возрастает быстрее, чем время, но время тоже возрастает до бесконечности (то есть что бесконечную информацию можно получить лишь за бесконечное время), то мы получим случай 3б, который можно выразить следующей зависимостью:

$$I = e^{kt} 1,$$

где k — константа. Прологарифмировав это выражение, получим

$$t = \frac{1}{k} \ln I.$$

Рассуждения о зависимости между ростом информации в развитии познания и временем, правда, довольно сложны, но они интересны и стоило бы углубить эти рассуждения, особенно в части зависимости между теориями информации и относительности.

в) Энтропия и процесс познания

Как уже было сказано в главе «Информация и материя», можно, согласно Пригожину и Бергаланфи, выразить приращение энтропии в живом организме как сумму приращений внешней и внутренней энтропии:

$$dS = d_e S + d_i S.$$

Внешняя энтропия может быть и отрицательной (получение упорядоченности извне в виде пищи), так что общее приращение энтропии в организме может быть малым, нулевым или даже отрицательным. Таким образом, организм способен поддерживать свою степень упо-

¹ Здесь автором допущена неточность, так как не учитывается, что кривая роста количества информации начинается не с нуля, а с некоторого значения I_0 . Приняв это во внимание, получим

$$I = I_0 \cdot e^{kt},$$

откуда, логарифмируя, имеем

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{I}{I_0},$$

то есть длительность времени зависит не от абсолютного значения количества информации, а от отношения текущего (конечного) значения количества информации к начальному. — *Прим. ред.*

рядоченности тогда, когда он сохраняет ее в непрерывном динамическом равновесии, все восстанавливает это равновесие. Однако процесс старения означает, что энтропия все же возрастает медленно и что, наконец, при смерти происходит резкое падение упорядоченности организма.

Формулу приращения энтропии в организме можно использовать также для приращения энтропии в сообщении. Упомянутое уже «золотое правило» теории информации гласит, что информация при передаче через канал не может возрастать, что она, наоборот, уменьшается при передаче и лишь в крайнем, идеальном случае может оставаться неизменной. Следовательно, при познании какого-то объекта или всей объективной реальности сообщение, полученное субъектом извне, беднее, чем сама действительность, оно содержит меньше информации, энтропия в ходе передачи сообщения через канал возросла, происходит ограничение разнообразия в отрицательном смысле этого слова.

Однако субъект, обладающий памятью и определенным запасом информации, определенным опытом, не является лишь пассивным инструментом отображения. Сообщение, полученное извне, может дать импульс процессу самоорганизации уже ранее полученной и уложенной в памяти информации или опыту, может дать толчок для производства новой информации (примером чего является творческая фантазия ученого или художника). Таким образом, приращение внутренней информационной энтропии может быть и отрицательным, может создаваться негативная энтропия (если, конечно, сообщение извне, обобщенное передачей через канал, помимо этого, еще и плохо, неправильно понято субъектом, то здесь приращение внутренней энтропии будет положительным). В этом случае внешний сигнал служит импульсом, толчком, намеком и содержит большее количество информации, чем ее было на входе. Это и есть так называемое явление отрицательной избыточности, описанное нами детальнее в разделе «Форма и избыточность». Таким образом, общее приращение энтропии сообщения может быть небольшим, нулевым или же отрицательным. Из какого-то незначительного намека я могу себе составить целую картину, причем не только путем восстановления в памяти какого-то образа, зафиксированного в ней рань-

... таким образом, часть способна создать целое или какое-то упрощенное общее понятие может представлять действительное целое со всеми его деталями. Это является положительной стороной ограничения разнообразия.

Субъект, способный создавать новую информацию, способен использовать ее и для производства упорядоченности во внешнем мире в целях активного преобразования его. Бриллюэн полагает, что приращение информации при наблюдении может компенсировать потерянную негативную энтропию при этом процессе, но оно не может превысить все приращение энтропии

$$\Delta I \leq \Delta S.$$

Об этом уже говорилось детальнее в главе «Информация и материя». Однако если мы считаем, что приращение информации зависит не только от количества информации, полученной извне, что информация может создаваться и внутри самим принимающим информацию субъектом (конечно, не совершенно произвольно, не без какой-либо зависимости от внешних сообщений), то возможен и случай, когда приращение информации превышает все приращение энтропии при процессе познания

$$\Delta I > \Delta S.$$

Здесь перепад в процессе познания не является только лишь простой аналогией однонаправленного термодинамического перепада и гносеологический канал не тождествен с техническим информационным каналом. Поток информации более сложен и может происходить в обоих направлениях: происходит не только приток негативной энтропии в виде информации извне, но негативная энтропия может передаваться получателем во внешний мир; притом речь может идти как об обратной передаче негативной энтропии, полученной извне (конечно, в трансформированном виде), так и о передаче негативной энтропии, созданной либо в виде управляющей информации, либо в виде физической работы и практической деятельности. Следовательно, мы имеем здесь дело со сложной системой обратной связи, которую можно изобразить следующей схемой:

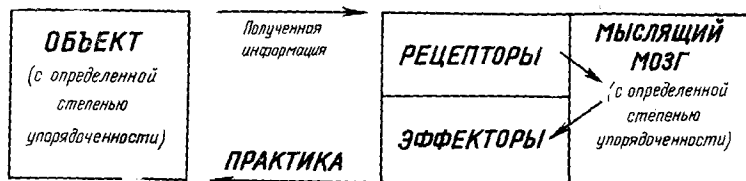


Рис. 19. Схема гносеологического канала.

Мозг способен не только получать информацию, фиксировать и перерабатывать ее, но и создавать информацию.

Конечно, гносеологический канал необходимо более подробно исследовать коллективными усилиями ряда наук, надо будет точно описать отдельные его части, используя для этого категории теории информации; необходимо стремиться выразить этот канал количественно как в отношении отдельных актов процесса познания органами чувств и разумом, так и в отношении всего общественного познания и его развития. В настоящей работе мы могли только указать на плодотворность применения категорий теории информации, на вопрос о гносеологическом канале, о его входе и выходе, о перепаде, пропускной способности, энтропии, избыточности сообщения, росте информации и т. д.

Зависимость между информацией и негативной энтропией не только формальная. Упорядоченность в сообщении и упорядоченность в материальном объекте можно рассматривать, исходя из единого аспекта. О связях между информацией и мозгом, или энергией возбуждения, мы уже говорили в разделе о психофизической проблеме. Однако связь между информацией и упорядоченностью имеет и более общее значение для освещения вопроса о единстве субъекта и объекта. Идеи диалектики о единстве действительного и логического, материи и мышления как высшего проявления материи можно осветить с помощью понятий упорядоченности и негативной энтропии. Развитую Марксом с материалистической точки зрения идею Гегеля об актуализации мышления трудом можно выразить с помощью категорий теории информации таким образом, что здесь мы имеем

доченности объекта, мы имеем дело со взаимозависимостью между субъектом и объектом, теорией и практикой. Речь идет также и о взаимозависимости между упорядоченностью и движением в мозгу и упорядоченностью и движением в объекте.

Сообщение об упорядоченности объекта, несомое упорядоченными сериями сигналов, дает информацию субъекту и изменяет упорядоченность мозга. На основе этого сообщения (а также опыта и своих потребностей) субъект создает новую информацию — представление о своей будущей деятельности для изменения упорядоченности объекта. Это представление реализуется в практической деятельности, информационная программа актуализируется трудом, информация мозга преобразуется и претворяется в практическую деятельность, приводя к упорядоченности естественных и социальных процессов и структур, к упорядоченности инструментов и изделий. Наука об обществе и экономика обязаны детально исследовать вопросы, возникающие перед ними в связи с теорией информации.

Понятие негативной энтропии может лучше осветить вопрос о материальном единстве мира и об открытых Энгельсом формах движения материи, включая пока еще малоисследованные наивысшие проявления движения — психического и социального. Познавательная и практическая деятельность человечества изменяет и продолжает повышать упорядоченность материи, эта деятельность постепенно приводит к новым, более высоким формам движения (хотя, может быть, временно, только в виде количественных изменений). В количественном смысле мир действительно бесконечен, то есть он бесконечен в пространстве и во времени; в качественном же отношении мир бесконечен только потенциально; в настоящее время наивысшей формой движения является мышление и социальное движение, а наиболее высокоупорядоченной материей является человеческий мозг и общество. Однако развитие их и косвенно и непосредственно осуществляемое ими практическое преобразование действительности приводят ко все более высоким ступеням упорядоченности, развитие которых бесконечно. Согласно Кольману¹,

¹ A. Kolman, Nejnovější objevy soudobé atomaré fysiky ve světle dialektického materializmu, Praha, 1946, str. 118.

лестница форм движения является бесконечной цепью, не имеющей ни начала, ни конца.

Надо питать надежду, что когда-то удастся единым образом выразить упорядоченность с помощью каких-то количеств упорядоченности (квантов), подобно тому как теория информации выразила сообщение в количестве информации. Вероятно, удастся установить тесную взаимосвязь между физическим понятием труда и биологическим понятием практической деятельности с сознательными процессами, с деятельностью наших органов чувств, памяти, с мыслительными и самопроизвольными процессами, подобно тому как выявлена взаимозависимость между физическим понятием энтропии (а отсюда и между физическим понятием труда) и между процессами приема, фиксации, переработки и передачи информации. Вероятно, будет установлена и аналогия между взаимосвязью общественной и производственной практики и процессами общественного познания. Это открыло бы путь к единству науки и к разработке единого теоретического и практического понимания мира.

Винер в своей статье «Машина умнее ее создателя»¹, пишет, что нет никакого априорного ограничения меры информации математической машины. Он считал, что возможны такие машины, которые будут создавать такую информацию, количество которой догонит и даже превзойдет количество информации, заложенной в машину. Согласно Винеру, на этой стадии сложности машина приобретает некоторые свойства живого организма. В эволюции, развитии всегда необходимо превышать определенную меру, определенную критическую степень сложности; так, например, возникла способность жить и способность обучаться.

В своем докладе, прочитанном в 1960 году в Праге, Винер высказал опасение насчет того, что развитие машин может дойти до того, что они выйдут из-под контроля людей, подобно тому как вышли из-под контроля чародейки ее ученики в известной поэме Гете. Однако люди, высказывающие такие опасения, забывают, что развиваются не только машины, создаваемые человеком, но с течением времени развивается и сам человек; человек не односторонне зависит от окружающей его природы в

¹ См. N. Wiener, Stroj moudřejší svého tvurce, «Electronics», № 6, 1953.

потреблении информации, мера воспроизводимой им информации может превысить меру потребляемой им информации. Как мы уже отметили, избыточность в сообщениях человека может быть не только нулевой, но и отрицательной. Не только машина, но и человек может приближаться к критической степени сложности, когда совершается переход в новое, пока еще не известное качество развития, означающее не гибель, а, наоборот, подъем на более высокую ступень. Информация и работа машин не возвысятся над познанием и практикой человека, человеческого общества, а, наоборот, помогут еще выше подняться познанию и человеческой практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ИНФОРМАЦИОННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ОБЪЕКТИВНОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ЕГО ОГРАНИЧЕНИЕ В ПОЗНАНИИ

Развитие можно характеризовать как непрерывный рост упорядоченности, мерой которой является негативная энтропия. Эта черта характерна для возникновения и развития жизни и для возникновения и развития человека и человеческого общества. Возникновение и развитие человека неразрывно связано с трудом и мышлением. Труд и мышление сделали и делают возможным преобразование человека и человеческого общества и преобразование природы, всего мира. Благодаря труду и мышлению структура человеческого мозга, социальная система и система окружающего человека мира становятся все более упорядоченными. Отсюда в порядке обратной связи совершенствуется и сама трудовая и мыслительная деятельность, развиваются новые закономерности, закономерности физиологических, психических и социальных процессов.

Рост познания означает рост информации, укладываемой в памяти, по-видимому, в виде повышения потенциального энергетического уровня мозга, в котором хранится полезная энергия. Воспроизведенная памятью информация (воспроизведение которой связано лишь с небольшим расходом энергии, так что объем воспроизведенной информации почти не зависит от энергии, затраченной на воспроизведение информации) способна на основе усилительного процесса управлять большими количествами энергии во внешнем мире, что и происходит в процессе практической деятельности. Работа, выполняемая на основе информационной инструкции и мысли-

тельного плана, связана с расходом энергии, но она укладывает значительную часть этой энергии в изделие, в инструмент таким образом, что она (работа) упорядочивает определенный материал, придавая ему определенную форму. С помощью инструментов, аппаратов и машин человек управляет, направляет и преобразовывает большие потоки энергии во внешнем мире, используя их для дальнейшего повышения организованности.

Энергетическая динамика природы направляется и преобразовывается порядком и информацией. На основе информации, полученной из внешнего мира, и руководствуясь своими потребностями, человек создает информационную инструкцию и строит инструмент определенной структуры, связанный с определенными функциями. Этот инструмент, являющийся продолжением и совершенствованием структуры и функции руки, дает возможность преобразовывать структуру внешнего мира применительно к нуждам человека. Инструменты, продолжающие и совершенствующие структуру и функции человеческого мозга — электронные вычислительные машины, перерабатывающие информацию, — также дают возможность косвенно изменять мир; производимые этими машинами расчеты экономят время и энергию человека и дают возможность улучшения его практической деятельности (например, более совершенно строить плотины).

Получение информации означает выявление определенного порядка объективной реальности; информация, уложенная в инструменте, означает овеществление того порядка, который разработан мыслью, мыслительным планом на основе полученной информации и нужд человека; с помощью инструментов человек в своей трудовой деятельности переорганизует структуру объективной реальности и регулирует энергетические потоки человеческих представлений и нужд. Объективное движение и информация внешнего мира отражаются и трансформируются в движение и информацию нашего мышления; мышление перерабатывает эту информацию на основе прошлого опыта, и затем человек осуществляет и актуализирует мысль своим трудом, в практической деятельности. Рост познания, возможный благодаря обладанию памятью, связан обратной связью с совершенствованием практической деятельности, преобразующей мир в мир человеческих представлений и потребностей. Вместе с

Гегелем можно сказать, что действительность «очеловечивается», становится «разумной», становится зеркалом человека. Таким образом, человек, который выделился из природы, начав мыслить и трудиться, вновь возвращается к природе на более высокой ступени. В труде и познании смягчается раздвоение субъекта и объекта, происходит более тесная увязка между ними, но это не полностью ликвидирует указанное раздвоение, а приводит к бесконечному развитию человека, к абсолютной мощи и абсолютной истине.

В настоящей книге мы занимались вопросами преобразования объективного в субъективное в процессе познания. Наши знания всегда характеризуются какой-то неопределенностью, являющейся следствием относительной ограниченности наших познавательных способностей. Эту относительную ограниченность нельзя абсолютизировать, как это ошибочно делают, например, метафизика и субъективизм. Относительная ограниченность познания непрерывно уменьшается, а вместе с этим уменьшается в ходе развития познания неопределенность в нашей информации об объективной реальности.

Представляется, что для более глубокого анализа познания может быть весьма плодотворным использование достижений теории информации, математически описывающей канал передачи сообщений, так что в будущем не исключена возможность и математического описания процесса познания, если под источником сообщений понимать объективную реальность, под помехами — относительную ограниченность познавательных способностей, а под адресатом — познающий субъект. Конечно, реконструкция количества информации в сообщении источника по сообщению, принятому получателем, весьма затруднительна. Этим (переданным) сообщением можно гипотетически считать совокупность всей информации об объективной реальности, то есть абсолютную истину, к которой мы асимптотически приближаемся в ходе развития познания. Трудность заключается здесь в том, что в то время, как в обычном канале связи высланное сообщение предшествует принятому, здесь отношение во времени обратное: абсолютная истина лежит в бесконечном будущем (подобно тому как в приведенной нами модели обучения суждение с максимальной информацией расположено в конце ряда времен). Абсолютная истина долж-

на касаться совокупности познания прошлого, настоящего и будущего, и мы должны представить ее как потенциально заданную. Человек овладевает этой абсолютной истиной в конкретных процессах познания в виде относительных истин, и он сохраняет эти зерна абсолютной истины в памяти, объем которой непрерывно возрастает. Таким образом, можно представить себе гносеологический канал как преобразование возможного в действительное познание, происходящее при возникновении определенной энтропии в приеме вследствие относительной ограниченности познавательных способностей. По мере развития познания эта энтропия убывает. Более простым был бы случай, когда мы рассматривали бы отдельный объект и отдельный процесс познания этого объекта и где переданное сообщение предшествовало бы во времени принятому сообщению. Такая система была бы пространственно и временно ограничена, и объект оказался бы очень простым. Если информационное пространство этого объекта сложнее информационного пространства приема, то для полного познания его необходима серия актов передачи и получатель должен обладать памятью, сохраняющей полученную информацию и проводящей временное интегрирование последовательно полученных сообщений. Полная информация опять-таки была бы в конце, и ей предшествовали бы сообщения с энтропией, которая постепенно убывала бы. Следовательно, можно сказать, что энтропия в приеме приводит к тому, что сообщение, переданное раньше, может быть принято полностью лишь позднее, а не при данном приеме, и этот интервал времени задержки возможен благодаря тому, что информация в памяти может возрастать. Чем более обширен в пространстве и времени познаваемый объект или комплекс этих объектов, тем сложнее коммуникационная система. Пространственная удаленность связана и с временной удаленностью, так как скорость передачи никогда не бывает бесконечной; то, что удалено во времени, можно понимать и изобразить как удаленное также и в пространстве: тот и другой случай означает пространственно-временную отдаленность.

Канал процесса познания можно себе представить следующим образом: объект A высылает в момент t_0 сообщение с информацией I_n , субъект S принимает в момент t_1 сообщение с информацией I_1 . (Это значит, что

субъект познает определенное свойство объекта; постепенно познаваемые им свойства объекта субъект обратно проецирует на объект, добавляет к ранее полученной информации об этом объекте новую информацию и таким образом объект становится в представлении субъекта все более очерченным, представление об объекте становится все более полным.) Осознание субъектом сообщения и обратное проецирование им информации на объект производится в момент t_2 . Следующее сообщение посылается в момент t_3 , это сообщение с информацией I_2 принимается субъектом в момент t_4 и т. д., и так до тех пор, пока в момент t_k не будет принята полностью первоначально переданная информация I_n . Информация, усвоенная адресатом в момент t_k , равняется потенциальной информации, переданной источником уже в момент t_0 и не подвергшейся с тех пор никаким изменениям. Изменились с течением времени только помехи. Если бы уменьшение шума и рост информации протекали быстрее течения времени, то полная информация была бы получена раньше, чем в момент t_k . Таким образом, возрастание информации является функцией времени. Представляется, что процесс роста информации в познании просходит быстрее процесса роста обычного солнечного времени, так как благодаря памяти информация возрастает быстрее, чем течет время.

Мы высказали предположение, что суть познания можно усматривать в различии между субъектом и объектом, в неравновесии между ними и в раздвоении на определенное и неопределенное в отображении. Познание всегда означает отрицание всестороннего, разделение всестороннего тем, что из универсальной зависимости вырываются определенные стороны, которые мы противопоставляем остальным сторонам ее. Так в процессе познания познающий субъект производит какое-то определение, установление, а этим одновременно и отрицание, ограничение, исключение. Познание основано на противоречии между определенным и неопределенным, иначе говоря, на раздвоении абсолютной информации на информацию и энтропию. Однако это противоречие изменяется: сперва определенной бывает лишь небольшая часть, а все остальное является неопределенным. Но постепенно это соотношение изменяется в пользу определенной части. Следовательно, познание означает ограни-

чение бесконечного разнообразия объективной реальности и развитие познания связано с асимметрией информационного разнообразия источника и адресата, объекта и субъекта (между этими разнообразиями имеется аналогия, но не зеркальная, это не симметрия двух половинок). Эта асимметрия проявляется и в сфере самого познания как различие информационных уровней установленного и исключенного, как контраст между ними.

Предположим, что объективная реальность как источник сообщений таит в себе максимальную информацию. Эту максимальную информацию можно понимать как максимальное число степеней свободы, то есть возможных состояний, достигаемое при равномерном распределении вероятностей этих состояний, как это имеет место, например, в картине так называемого белого шума. Эта максимальная информация, максимальная мера определенности при данном предположении была бы представлена как максимальная неправильность, максимальная неопределенность; таким образом, мы имели бы дело с диалектическим единством определенности и неопределенности, правильности и неправильности, упорядоченности и неупорядоченности, порядка и хаоса. Объективная реальность представляет для познания совокупность сообщений, а отдельные объекты и сообщения о них являются выборами из этой совокупности. Выбор сообщения означает ограничение разнообразия, существующего у источника, означает извлечение определенной формы из информационного пространства, образующего многообразный фон, означает раздвоение на определенное и неопределенное, разделение на два уровня.

В случае действия помехи передача сообщений должна быть развернута на большее время и связана с неизбежностью применения определенной избыточности. В процессе познания шуму соответствует относительная ограниченность познавательной способности субъекта. Что-то оценивается субъектом в данном случае как существенное в отличие от несущественного, как необходимое в отличие от случайного, как близкое в отличие от отдаленного, как более упорядоченное в отличие от менее упорядоченного; субъект производит выбор и различение. Некоторые сочетания представляются субъекту более правдоподобными, более вероятными, чем другие, и поэтому они чаще предсказываются, чем другие. Для

познания нет закона абсолютной дополнительности между избыточностью и шумом: меньшая избыточность не всегда обязательно означает большую аварийность, больший шум: на основе сохранения в памяти информации, полученной в прошлом, снижается избыточность сообщений об объективной реальности, информация в сообщениях уплотняется, производится сжатие сообщений. Однако из-за относительной ограниченности субъекта мы приближаемся к минимальной избыточности только асимптотически: в познании нельзя устранить участие субъекта, в познании субъект стоит против объекта на различных уровнях разнообразия. Его информационное разнообразие иное, чем объекта. Субъект не может быть в этой связи одновременно и субъектом и объектом, он может познавать в крайнем случае другие субъекты или свое прошлое или же часть самого себя как объекта. Минимальная избыточность и максимальное сжатие сообщения — это недостижимый предел.

Таким образом, информационное разнообразие объективной реальности представляет собой сложный контекст, взаимосвязь всего со всем в пространстве и времени, точнее говоря, в пространстве — времени. Ограничивая это разнообразие в нашем познании, мы осознаем частичные пространственные и временные зависимости, например формальные (гештальтные), причинные и т. д. Каждое определение означает выявление, установление какой-то упорядоченности, в отличие от неупорядоченности, а этим также и раздвоение единого, в частности, например, раздвоение пространства — времени на пространство и время; например, определение движения опирается на разделение на две части: на определение в пространстве и отдельно определение во времени, на преобразование объективной динамики и противоречивости движения в статическое и дискретное описание и т. п.

Однако ограничение разнообразия имеет и положительные стороны, что нами уже подчеркивалось в нескольких местах. Принятое сообщение можно изобразить как форму, выбранную из многообразного или даже из бесформенного основания. Принятое сообщение нарушает равномерное распределение вероятностей возбудимости в мозгу; это равномерное распределение существует только приближенно в глубоком сне, в бессознательном

состоянии человека, в состоянии глубокого торможения и образует потенциальную основу информационной модуляции. Содержание сознания образует всегда рельеф различных уровней возбудимости, заданный доминантным характером высшей нервной деятельности. Суммирование раздражений доминантой изменяет распределение вероятностей возбудимости и усиливает контраст в уровнях возбудимости. Сознательное содержание образует структурированную форму на аморфном основании, рассортированном доминантными очагами, возникшими в результате процессов памяти. Развитие познания означает преобразование бесформенного во все более дифференцированную форму. Физиологической основой этого процесса является запоминание, укладывание информации в мозг. Память приводит к изменению вероятностного распределения выборов путей возбуждения, к образованию различных порогов возбудимости отдельных частей мозга. Путем повышения потенциальных энергетических уровней очагов памяти изменяется и дифференцируется рельеф уровней возбуждения, что связано со степенью легкости и экономичности воспроизведения информации в памяти. Разность этих уровней означает, что сознание сортирует процессы возбуждения на более сильные и более слабые, усиливая первые тем, что оно затормаживает вторые. Так обрабатывается познанное содержание, сообщение, конкретное сведение. Информация определенного содержания сознания, мера его (содержания) ясности и точности связаны, следовательно, с появлением других содержаний, создающих для данного содержания неразличенный, неопределенный фон. Информация опирается на энтропию.

По мере развития познания возрастает информация и убывает энтропия. Благодаря росту информации создается все более совершенное равновесие между человеком и внешней средой, ограничивается не только информационная энтропия, но и совершается воздействие на уменьшение неупорядоченности в обществе и в природе. Современная наука делает возможным все более точный анализ познания, являющегося высшим средством уравнивания между организмом и средой. И. П. Павлов гениально предсказал возможность математического анализа познания: «Таким образом, вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и че-

ловека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды. Придет время, пусть отдаленное, когда математический анализ, опираясь на естественнонаучный, охватит величественными формулами уравнений все эти уравнивания, включая в них, наконец, и самого себя»¹.

Большие возможности для математического анализа познания представляет теория информации. Она дает возможность вероятностного описания сообщений и геометрического изображения их, точного описания канала передачи сообщений и т. д. Несмотря на то, что теория информации исходит прежде всего из материала техники связи, ее описание касается не только технического аспекта, а затрагивает аспект семантический и имеет большое значение также для языкознания, теории познания и анализа любой коммуникации вообще. Аппарат теории информации представляет возможность анализировать гносеологический канал. Познающий субъект — получатель сообщений — обладает памятью, накапливающей информацию, и он совершенствует свой способ приема информации, так что в его представлении об объективной реальности все больше возрастает доля полезной информации и убывает избыточность. В человеке в высшей степени осуществлен общий принцип экономичности, характерный для развития жизни, подвижимой противоречием между экономичностью и неэкономичностью, упорядоченностью и неупорядоченностью. Учитывая успехи современной науки, можно считать определенной гипотезу, что количество информации в человеческом познании возрастает благодаря памяти все быстрее и быстрее с течением времени. Конечно, трудно предвидеть дальнейшее направление движения этой кривой.

Количественное выражение информации в познании — это трудное дело, так как речь идет об очень сложной задаче. Это можно сделать лишь в очень ограниченных и упрощенных моделях системы отображения. Если бы мы задались целью точно выразить пропускную способность приема субъекта и пропускную способность источника познания — объективной реальности, нам пришлось бы точно определить относительную ограниченность по-

¹ И. П. Павлов, Собр. соч., т. III, кн. I, М., 1951, стр. 125.

знавательных способностей субъекта и попытаться построить понятие идеального получателя сообщений. Такой получатель принимал бы максимально сжатые и избыточные сообщения об объективной реальности с нулевой энтропией в идеальном коде, канал передачи которого работал бы без шума. По сравнению с его системой отображения можно было бы дедуктивным путем вывести реально существующие, редуцированные информационные системы, их пропускную способность, ограниченность кода, энтропию, шум и избыточность.

ЛИТЕРАТУРА

Actes du premier congrès international de cybernétique, Association internationale de cybernétique, Namur, 1958.

Actes du deuxième congrès international de cybernétique, Association internationale de cybernétique, Namur, 1960.

Анохин П. К., Физиология и кибернетика, «Вопросы философии», № 4, 1957.

Arbeiten zur Informationstheorie, Bd 1, II. Berlin, 1957, 1958.

Ashby W. R., An introduction to cybernetics, London, 1957. (Русск. перев.: У. Росс Эшби, Введение в кибернетику, Издательство иностранной литературы, 1959.)

Ashby W. R., Design for a brain, New York, 1952. (Русск. перев.: У. Росс Эшби, Конструкция мозга, Изд-во «Мир», 1964.)

Attneave F., Some informational aspects of visual perception, «Psych. Review», № 3, 1954.

Avtomaty (Automata studies), Moskva, 1956.

Backman G., Wachstum und organische Zeit, Leipzig, 1943.

Bar-Hillel Y., An examination of information theory, «Phil. of Science», № 2, 1955.

Bar-Hillel Y., Information and content: a semantic analysis, «Synthese», vol. 9, 1954.

Bar-Hillel Y., Semantic information and its measures, v: Cybernetics, Transactions of tenth conference, New York, 1955.

Bar-Hillel Y., Carnap R., Semantic information, Proc. of a symp. on applications of comm. theory, London, 1953; а также в: «Brit. J. Phil. Sc.», № 4, 1953.

Beier W., Biophysik, Leipzig, 1960.

Беленский И. Н., Кибернетика и некоторые вопросы физиологии и психологии, «Вопросы философии», № 2, 1957.

Bell D. A., Information theory and its engineering applications, London, 1953.

Берг А. И., О некоторых проблемах кибернетики, «Вопросы философии», № 5, 1960.

Berkeley E. C., Giant brains, New York, 1956.

Bertalanffy L. v., Biophysik des Fließgleichgewichts, Braunschweig, 1953.

Bertalanffy L. v., Rapoport A., General Systems, I, Michigan, 1956.

- Brillouin L., Science and information theory, New York, 1956. (Русск. перев.: Бриллюэн Л., Наука и теория информации, Физматгиз, 1960.)
- Brillouin L., Life, thermodynamics and cybernetics, «American Scientist», № 4, 1949.
- Brillouin L., Thermodynamics and information theory, «Amer. Scientist», vol. 38, 1950.
- Brillouin L., Information and entropy, I, II. «Jour. Appl. Phys.», vol. 22, 1951.
- Brillouin L., The negentropy principle of information, «Jour. Appl. Phys.», vol. 24, 1953.
- Brillouin L., Information theory and uncertainty principle, «Jour. Appl. Phys.», vol. 25, 1954.
- de Broglie L., Sens philosophique et portée pratique de la cybernétique; Structure et évolution de technique, Paris, № 35—36, 1953—1954.
- Bureš J., Burešová O., Fysiologie pameti, «Activitas Nervosa Superior», № 2, 1960.
- Carnap R., Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft, «Erkenntnis», № 2, 1931—1932.
- Cleator P. E., The robot era, New York, 1955.
- Cornu A., Karel Marx a moderní myšlení, Praha, 1958.
- Cossa P., La cybernétique, Paris, 1955. (Русск. перев.: Косса П., Кибернетика, Издательство иностранной литературы, 1958.)
- Couffignal L., Les machines à penser, Paris, 1953.
- Culbertson J. T., Consciousness and behaviour, Iowa Univ., 1950.
- Ducrocq A., Découverte de la cybernétique, Paris, 1955.
- Eccles J. G., Neurophysiological basis of mind, Oxford Univ., 1953.
- Elsasser W., Physical foundation of biology, London, 1958.
- Энгельс, Анти-Дюринг.
- Энгельс, Диалектика природы.
- Fack H., Die Impulsübertragung im Nervensystem, Elektron, Rundschau, № 9, 1955.
- Fairthorne R. A., Automata and information, «J. of Docum.», London, № 3, 1952.
- Fairthorne R. A., Information theory and clerical system, «J. of Docum.», London, № 2, 1953.
- Fano R. M., Information theory — past, present and future. Proc. IRE, vol. 42, 1954.
- Fast J. D., Stumpers F. L., L'entropie dans la science et la technique, «Rev. tech. Philips», Pays-Bas, № 6—7, 1956—1957.
- Figar Š., Ruml V., Špasek A., Problémy kybernetiky, «Nová mysl», № 5, 1957.
- Forster V., Energetické vlastnosti nervového dení a dynamika reflexů hybných i logických, Praha, 1921.
- Förster H., Das Gedächtnis, Wien, 1948.
- Frühaur H., Zum Stand der Informationstheorie, «Nachrichten-technik», № 10, 1956.
- Gabor D., Lectures on communication theory, MIT, Cambridge, 1951.

Gabor D., Communication theory and cybernetics, Trans. IRE, Prof. Grouppon Non-Linear Circuits, № 4, 1954.

Gamba A., Information theory and knowledge, «Jour. Appl. Phys.», vol. 25, 1954.

George H., Automation, cybernetics and society, New York, 1959.

Goldman S., Information theory, London, 1953. (Русск. перев.: Гольдман С., Теория информации, М., 1957.)

Grünbaum A., Time and entropy, «Amer. Scientist», № 4, 1955.

Haldane J. B. S., Marxistická filosofie a přírodní vědy, Praha, 1946.

Hartley R. V., Transmission of information, «Bell. Syst. Tech. Jour.», № 3, 1928.

Hegel G. W. F., Fenomenologie ducha, Praha, 1960. (Русск. перев.: Гегель Г. В. Ф., Феноменология духа, Соч., т. 4, 1959.)

Hegel G. W. F., Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften in Grundrisse, Hamburg, 1959. (Русск. перев.: Гегель Г. В. Ф., Энциклопедия философских наук, Соч., т. 1, 1929.)

Hockett Ch. F., An approach to the quantification of semantic noise, «Phil. of Sci.», vol. 19, p. 257.

Hofstätter P. R., Psychologie, Frankfurt a. M., 1957.

Holubář J., Obecná fyziologie nervstva; в: Karásek a kol., Učebnice fyziologie, III, Praha, 1957.

Hummel W., Natürlicher Ablauf der Entropievermehrung und die Lebenserscheinungen, Leipzig, 1942.

Charvát J., Cybernismus, nauka o kontrole a spojích v živé hmotě a ve strojích, «Biologické listy», № 3, 1949.

Cherry C. (ed.), Information theory, Third London Symposium, London, 1956.

Cherry C., On Human Communication, New York, 1957.

Хильми А. Я., Теория информации и экология животных, «Вопросы философии», № 4, 1957.

Хинчин А. Я., Понятие энтропии в теории вероятностей, «Успехи математических наук», т. 8, вып. 1, 1953.

Хинчин А. Я., Об основных теоремах теории информации, «Успехи математических наук», т. 11, вып. 1, 1956.

Jackson W. (ed.), Proceedings of a symposium on information theory, London, 1950.

Jackson W. (ed.), Proceedings of a symposium on applications of communication theory, London, 1953.

Jacobson H., Information, reproduction and the origin of life, «Amer. Scientist», № 1, 1955.

Яглом А. М. и Яглом И. М., Вероятность и информация, М., 1957.

Jeffres I. A. (ed.), Cerebral mechanism in behaviour, The Hixon Symposium, New York, 1951.

Kallenbach J., Informationstheorie, «El. Rundschau», № 2, 1956.

Кибернетический сборник, I, М., 1960.

Klein M. J., Order, organisation and entropy, «Brit. J. Phil. Sc.», № 4, 1953.

Köhler W., Psychologische Probleme, Berlin, 1933.

Kochen M., An information-theoretical model of organisation, «Trans. IRE», № 4, 1954.

Кольман А., Что такое кибернетика?, «Вопросы философии», № 5, 1955.

Kolman A., Kybernetický paradox a sebepoznání mozku, «Activitas Neur. Superior», № 1, 1960.

Kolman A., Na obranu kybernetiky, «Filos. čas.», № 4, 1960.

Колмогоров А. Н., Теория передачи информации, Сессия АН СССР по научным проблемам автоматизации производства, М., 1957.

Крайзмер Л. П., Техническая кибернетика, М., 1958.

Kühlenbeck H., Brain and consciousness, New York, 1957.

Küpfmüller K., Nachricht und Energie, «Regelungstechnik», № 7, 1957.

Lagowitz, Begriffe der Informationstheorie, «Nachrichten-technik», № 7, 1957.

Laufberger V., Vzruchová teorie, Praha, 1947.

Лекторский В. А., Садовский В. Н., О принципах исследования систем, «Вопросы философии», № 8, 1960.

Ленин В. И., Материализм и эмпириокритицизм.

Ленин В. И., Философские тетради.

Les machines à calculer et la pensée humaine, Actes de la conférence, Paris, 1953.

Linhart J., O reflexní povaze duševní činnosti, Filosofie a přírodní vědy, Praha, 1959.

Loeb J., La cybernétique, La Technique Moderne, vol. 44, 1952, p. 193.

MacDonald D. K. C., Information theory and knowledge, «Jour. Appl. Phys.», № 5, 1954.

MacKay D. M., Quantal aspects of scientific information, «Phil. Mag.», vol. 41, 1950, p. 289.

Machač M., Uchťomského princip dominanty, «Sov. věda — Pedagogika — psychologie», № 3, 1954.

Mannoury G., Vuysje D., Semantic and signific aspects of modern theories of communication, «Synthese», vol. 9, 1954, p. 147.

Martini, Informationstheorie, «Elektronik», № 12, 1956.

McCulloch W. S., Information in the head, «Synthese», 1954, p. 233.

McCulloch W. S., Pitts W., The statistical organisation of nervous activity, «J. Amer. Statist. Ass.», № 4, 1948.

Meyer-Eppler W., Informationstheorie, Naturwissenschaften № 15, 1952.

Meyer-Eppler W., Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie, Berlin, 1959.

Milne E. A., Kinematic relativity, Oxford, 1948.

Minkowski H., Raum und Zeit; в: Lorentz — Einstein — Minkowski, Das Relativitätsprinzip, Leipzig, 1922. (Русск. перев.: Минковский Г., Пространство и время; в: Лоренц Г. А., Пуанкаре А., Эйнштейн А., Минковский Г., Принцип относительности. Сборник работ классиков релятивизма, М., 1935.)

Моисеев В. Д., Вопросы кибернетики в биологии и медицине, М., 1960.

Nachtikal F., Entropie a pravděpodobnost, Věda a život, 1935.

- Needham J., *Order and life*, Cambridge, 1936.
- Needham J., *Integrative levels*, Oxford, 1937.
- Neidhardt P., *Einführung in die Informationstheorie*, Berlin, 1957.
- Neumann J. v., *The general and logical theory of automata*, Hixon Symp., New York, 1951. (Русск. перев.: Дж. Нейман, Общая и логическая теория автоматов, в: А. Тьюринг, Может ли машина мыслить? М., 1960.)
- Neumann J. v., *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, 1932. (Русск. перев.: И. фон Нейман, Математические основы квантовой механики, Изд-во «Наука», 1964.)
- Nevoles S., *O smyslových ilusich*, Praha, 1949.
- du Noüy L., *Biological time*, London, 1936. *ix*
- Patton R. A. (ed.), *Current trends in information theory*, New York, 1954.
- Pauli W., *The world of life*, Houghton, Mifflin, 1949.
- Павлов И. П., *Избранные сочинения*, т. III, IV.
- Pavlov T., *Teorie odrazu a kybernetika*, «Filos. čas.», № 2, 1960.
- Perez A., *Matematická teorie informace*, «Aplikace matematiky», № 1—2, 1958.
- Pitts W., McCulloch W. S., *How we know universals*, Bull. of Mathem. Biophysics, 1947, p. 127.
- Поletaев А. И., *Сигнал*, М., 1958.
- Pötzl O., *Experimentell erregte Traumbilder in ihren Beziehungen zum indirekten Sehen*, Zschr. für d. gesamte Neur. u. Psychiatrie, Bd. 37, Berlin, 1917.
- Prigogine I., *Etude thermodynamique des phénomènes irréversibles*, Liège, 1947.
- Проблемы кибернетики, вып. 1—4, М., 1958—1960.
- Проблемы передачи информации, вып. 1—3, М., 1959.
- Quastler H. (ed.), *Essays on the use of information theory in biology*, Urbana, 1953.
- Quastler H. (ed.), *Information theory in psychology*, Glencoe, 1955.
- Raymond R. C., *Communication, entropy and life*, «Amer. Sci.», № 2, 1950.
- Reichenbach H., *Philosophische Grundlagen der Quantenmechanik*, Basel, 1949.
- Röhler R., *Die Informationstheorie in der Optik*, «Studium Generale», № 9, 1960.
- Semon R., *Bewußtseinsvorgang und Gehirnprozeß*, Wiesbaden, 1920.
- Servit Z., *Fysiologie centrálniho nervstva*; в: Karásek a kol., *Učebnice fysiologie*, III, Praha, 1947.
- Shannon C., Weaver W., *The mathematical theory of communication*, Urbana, 1949. (Русск. перев.: Шеннон К., Математическая теория связи, Работы по теории информации и кибернетике, Издательство иностранной литературы, 1963.)
- Schaefer E., *Das menschliche Gedächtnis als Informationsspeicher*, «Elektron. Rundschau», № 3, 1960.
- Schrödinger E., *What is life*, Cambridge, 1944. (Русск. перев.: Шредингер Э., Что такое жизнь с точки зрения физики? М., 1947.)

Соболев С. Л., Китов А. И., Ляпунов А. А., Основные черты кибернетики, «Вопросы философии», № 5, 1955.

Соболев С. Л., Ляпунов А. А., Кибернетика и естествознание, «Вопросы философии», № 5, 1958.

van Soest J. L., Introduction to the theory of scientific information, «Synthese», 1954, vol. 9, p. 177.

Соколовский Я. И., Кибернетика настоящего и будущего, Харьков, 1959.

Solodovnikov I. I., Nekteré rysy kybernetiky, Praha, 1958.

von Strauß und Torney L., Der Analogiebegriff in der modernen Physik, «Erkenntnis», № 1, 1936.

Studies in communication, London, 1955.

Stumpers F. L., A bibliography of information theory, «Res. Lab. of El.», MIT, Cambridge, 1953.

Szillard L., Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen, «Zsch. für Physik», № 53, 1929.

Шаумян С. К., Лингвистические проблемы кибернетики и структурная лингвистика, «Вопросы философии», № 9, 1960.

Теория информации и ее приложения, М., 1959.

Теплов Л., Очерки о кибернетике, М., 1959.

Turing A. M., Computing machinery and intelligence. Methodos, Milano, № 23, 1954.

Ухтомский А. А., Принцип доминанты, в: Сеченов — Павлов — Введенский, Физиология нервной системы, III/I, М., 1952.

Vvedenskij N. I., Vzruch, útium i narkoza, Bratislava, 1954.

Walter G., The living brain, London, 1953.

Weizsäcker V., Zum Weltbild der Physik, Leipzig, 1944.

Whittaker E., Von Euklid zu Eddington, Wien, 1952.

Wiener N., Cybernetics or control and communication in the animal and the machine, New York, 1948. (Русск. перев.: Винер Н., Кибернетика или управление и связь в животном и машине, Изд-во «Советское радио», М., 1958.)

Wiener N., The human use of human beings. Cybernetics and society, Boston, 1950. (Русск. перев.: Винер Н., Кибернетика и общество, Издательство иностранной литературы, 1958.)

Wiener N., Les machines à calculer et la forme (Gestalt). Les mach. à calc. et la pensée hum., Paris, 1953.

Wiener N., Stroj moudřejší svého tvurce, «Electronics», № 6, 1953.

Woltereck R., Ontologie des Lebendigen, Stuttgart, 1940.

Wosnik J. (ed.), Informationstheorie, NTF, 3., Braunschweig, 1956.

Wünsch Z., Základy kybernetiky biologických systemů (в печати).

Wünsch Z., Kybernetika a její význam pro psychologii, «Čsl. psychiatrie», № 4, 1957.

Yockey-Quastler (ed.), Symposium on information theory in biology 1956, London, 1958.

Zeman J., Diskuse o kybernetice a fysiologii vyšší nervové činnosti, «Filos. cas.», № 4, 1956.

Zeman J., L'information, l'entropie et le temps dans la théorie de la connaissance, Actes du deuxième congrès int. de cyb. 1958, Namur, 1960.

Zeman J., Informace a entropie v poznání, «Vesmír», № 6, 1960.

Zemánek H., Informationstheorie, «Radiotechnik», Wien, № 8—12, 1952.

Zemánek H., Ungewohnte Zahlen aus der Informationstheorie, «Radiotechnik», Wien, № 6, 1954.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аристотель 33, 40

Бакман Г. (Backman G.) 16,
200, 218

Бар-Хиллел Й. (Bar-Hillel Y.)
95

Беркли Г. (Berkeley G.) 67—
69

Берталанфи Л. фон (Bertalanffy L. von) 36—37, 40,
48, 139—141, 148

Больцман Л. (Boltzmann L.)
9, 127, 140—141

Бриллюэн Л. (Brillouin L.)
131, 144—145, 222

Бэкон Ф. (Bacon F.) 66—67

Бюреш Й. и Бюрешова О.
(Bureš J., Burešová O.) 174

Вейцекер В. (Weizsäcker V.)
69

Вернадский В. И. 16

Винер Н. (Wiener N.) 125,
128, 158, 172—173, 225

Вольтерек Р. (Woltereck R.)
140

Вюнш З. (Wünsch Z.) 46

Габор Д. (Gabor D.) 97

Гегель Г. (Gegel G. W. F.)
44, 57, 223

Гейзенберг В. (Geisenberg W.)
70

Голубарж Я. (Holubař J.)
151—152

Грюнбаум А. (Grünbaum A.)
202

Гуммель И. (Hummel J.)
136—138

Данков С. (Dancoff S.) 16

Декарт Р. (Descartes R.) 40, 183

Доджсон [Dodgson Ch. (Carrol L.)] 90

Жинкин Н. 165—167

Земон Р. (Semon R.) 175

Земанек Х. (Zemanek H.)
110—112

Кант И. (Kant I.) 49—50, 58—
59

Карнап Р. (Carnap R.) 36, 95

Карно С. (Carnot S.) 215—
216

Кастлер Г. (Quastler H.) 16

Кёлер В. (Kohler W.) 159,
174

Кьеркероп С. (Kierkegaard S.)
59

Клагес Л. (Klages L.) 24

Клаузиус (Clausius) 128

Клитор П. (Cleator P. E.) 24

Колмогоров А. 10

Кольман Э. 125, 224

Кузанский Н. (Cuzanus N.)
69

Кюпфмюллер К. (Küpfmüller K.) 89, 119—120

Лаплас П. (Laplace P.) 83

Лауфбергер В. (Laufberger V.) 172, 180—181

Лейбниц Г. (Leibnitz G. W.)
35

Лекторский В. А. 37

Лем С. (Lem S.) 113

Ленин В. И. 53—54, 56—57

Лоэб (Loeb I.) 90, 99

Лоренц Г. А. (Lorentz H. A.) 203

Мак-Кэй Д. (MacKay D. M.) 95, 97

Мак Каллох (McCulloch W. S.) 158

Максвелл (Maxwell J. C.) — 142—143

Маркс К. (Marx K.) 6, 49, 223

Махач М. (Machač M.) 177

Мейер-Эпплер В. (Meyer-Eppeler W.) 87, 97—98, 102, 108, 119

Милн Э. (Milne E. A.) 200

Минковский Г. (Minkowski H.) 212, 214, 215, 217

Неволе С. (Nevole S.) 163

Нейдехардт Р. (Neidehardt P.) 107, 159

Нейман Дж. фон (Neuman J. von) 70

Нейрат О. (Neurath O.) 36

Нуйи дю Л. (Nouy du L.) 16, 199

Павлов И. П. 47, 147—149, 153, 234—235

Павлов Т. 124—125

Паскаль Б. (Paskal B.) 39

Паульсен Ф. (Paulsen F.) 184

Перез А. (Perez A.) 116

Пётцл О. (Pötzl O.) 190—191

Питтс В. (Pitts W.) 158

Планк М. (Planck M.) 145

Пригожин И. (Prigogine I.) 13, 139, 142

Рассел Б. (Russel B.) 74

Рассел (Russel W. R.) 180

Рейхенбах Г. (Reichenbach H.) 68—69

Рёлер Р. (Röhler R.) 170—171

Садовский В. Н. 37

Смолуховский М. (Smoluchowski M.) 143

Спиноза Б. (Spinoza B.) 43, 183

Сцилард Л. (Szilard L.) 131, 143

Тринчер К. С. 13, 16

Трусов Ю. П. 16

Уиттекер Э. (Whittekер E.) 201

Урманцев Ю. А. 16

Уэллс Г. (Wells H. G.) 24

Ухтомский А. 16, 153, 175—176

Фехнер Г. (Fechner G.) 170

Фёрстер Г. (Förster G.) 178—179

Форстер В. (Forster V.) 176, 186

Хартли Р. (Hartley R. V.) 89—90

Хейдеггер М. (Heidegger M.) 24

Холдейн (Haldane I. B. S.) 200

Хоппе В. (Hoppe V.) 59

Черри (Cherry C.) 88, 108

Шеннон К. (Shannon C.) 5, 9, 90—91, 93—94, 101, 104, 116—118, 121, 127

Шеррингтон Ч. (Sherrington Ch. S.) 184

Шпенглер О. (Spengler O.) 24

Шрёдингер Э. фон (Schrödinger E. von) 135, 141

Штраус-Торни Л. (Strauss-Torney L. von) 40

Эйлер Л. (Euler L.) 191—193

Эйнштейн А. (Einstein A.) 15, 34

Экклес Дж. (Eccles J. G.) 184

Энгельс Ф. (Engels F.) 14, 57

Эттивв Ф. (Attneave F.) 169—170

Эшби У. (Ashby W. R.) 7, 9, 46

Ясперс К. (Jaspers K.) 24

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абсолютная истина 204, 210, 230
 Алгоритмический подход к определению количества информации 10
 Амплитуда сигнала 89, 99
 Аналогии (подобия) метод 38
 Антропоморфическая концепция мира 67
 Антропоцентристская концепция мира 67
 Бакмана кривая роста 218
 Белый шум 122, 232
 Бинарность, ступени 152
 Биологического времени гипотеза (по д-ру Нуйи) 16, 199
 Биология, проблемы современной науки 133
 Биты 89, 115, 126
 Больцмана — Планка формула энтропии 191
 Больцмана — Шеннона формула энтропии 129
 Вебера — Фехнера закон 184
 Вероятность 114
 Винера толкование информации 125, 131, 158, 225
 — формула временной средней событий 173
 Внешний контур обратной связи 88
 Возбудимости очаги 153
 Восприятие как компонент познания 52, 64, 156
 Воспроизведение (в памяти) 173
 Времени замедление 17, 195
 Временная средняя событий 172
 Временные характеристики 194
 Время 194, 217
 «Все или ничего» закон 152
 Входная информация 81
 Выходная информация 81
 Галилея преобразования 8, 17
 Гейзенберга соотношение неопределенностей 70, 98, 145
 Гештальтная психология 157
 Гипотезы памяти 178—182
 Гносеологический канал 78, 223, 235
 Гносеологическое замедление времени 17
 Гносеология как философская дисциплина 61, 72, 131
 Гомологии логические 41
 Гомоморфизм 157, 161
 Гомофонии принцип (Земона) 175
 Дефекты познания (по Бэколу) 66
 Диаграммная вероятность 117
 Диссипация 94
 Длительность как свойство времени 13
 Доминантность 157
 Доминанты (по Ухтомскому) 153, 157
 Единства и борьбы противоположностей закон 11

Емкость системы (информационная) 102

Жизни развитие 136

Закрытая система 139

Замедление времени 15

Земана гипотеза длительности времени 14

Земона резонансная теория памяти 175

«Золотое правило» теории информации 165, 221

Игр математическая теория 82

Избыточность 105, 229

связь с формой 165

формула 192

Избыточность шрифта 110

Изображения информационное содержание 171

— качество (по Релеру) 171

Изоморфизм 38, 41

Инвариантности типы 17

Инвариантность законов 8

Интегрирования типы (для нервной системы) 172

Информации единицы 89, 126

— кибернетическое понимание 126

— количество 9, 77, 235

— накопление 204

— рост 194

— связь со временем 217

Информации теория 9, 26, 79, 84, 89, 235

гносеологический аспект 126

онтологический аспект 126

основные понятия 80

связь с теорией познания 21

семантический аспект 95

Информации формулы 89

Информационная призма (по Мейер-Эпплеру) 98

Информационный перепад 47, 78, 195

Информация 9, 22, 132

идеалистическое понимание 124

материалистическое понимание 124

(по Хартли) 89

связь с материальной упорядоченностью 139

— — материальными носителями 131

— — материей 124, 146

— — негативной энтропией 223

— — нервной системой 147

— — психофизическими проблемами 182

— — формой 156

фиксация в памяти 173

Искусственный язык 118

Источник сообщений 86

Канал передачи сообщений 85

— процесса познания 230

— с метаязыком (по Черри) 88

— связи 85

— шумовой 101

Карно уравнение 192

Кёлера опыты по взаимозависимости форм 159

Кибернетика 37

идеалистические тенденции 131

механические тенденции 131

Клаузиуса понятие энтропии 128

Когерентность в мышлении 157

Код оптимальный 106

Кодирование сигнала 99, 109, 112

Кодирования теория 84

Коммуникационные цепи 87

диагностическая 87

наблюдательная 87

нарушенная 88

языковая 87

Контура изменение направлений (по Эттниву) 169

Корковые процессы 154

Лауфбергера теория вращательных возбуждений 180

Лейбница универсальная комбинаторика 95

Логон 97

Лоренц — инвариантность 17

Лоренца преобразования 8, 17, 203

Максвелла демон 142, 150, 168

Марковские цепи 119

Материя, марксистское толкование 128
 Мемы (по Фёрстеру) 178
 Метафизика 55
 Милна шкала времени 200
 Минковского модель мира 212
 Мир как понятие 75
 Мира диалектический характер 34
 — материальное единство 23, 29
 — отображение 29, 55, 72
 Мнемизм 175
 Моделирование накопления информации 204
 Мозга деятельность 150, 155, 176
 Монизм в познании 41

 Натурный реализм 50
 Наук синтез 32
 Негомогенность времени 198
 — пространства 198
 Негэнтропия 9, 133, 141, 224
 Нейронных сеток теория 159, 172
 Необратимость времени 202
 Неопозитивизм 36
 Неопределенность в познании 9, 22, 77
 Нервная система 147
 Несомизмерности теория 184
 Нулевая избыточность 114, 193
 Ньютона механика 7

 Объект познания 25, 43, 72
 противоречивое единство с субъектом 43
 Объективная реальность 72
 информационное развитие 227
 как объект познания 72
 концепция «черного ящика» 80
 Оказионализм 183
 Онтогенез 133, 135, 201
 Онтология как философская дисциплина 61, 72
 Организм как система 148
 Органическое время (по Бакману) 200

Открытая система 139
 Относительность теория 15
 Отображение сообщения 95
 Отображения системы 210
 Отрицательная избыточность 166, 221

 Павлова стереотипы 153
 Память 27, 65, 77, 112, 173—182, 194, 212
 геометрическая модель 212
 Парейдолии 162
 Передачи информации теория 84
 Переходная вероятность 118
 Перспективизм 37
 Подкорковые процессы 154
 Познание
 антропоморфические элементы 66
 взаимосвязь с бытием 61
 диалектический характер 43
 история 29
 как получение сообщений 80
 как процесс 7, 25, 43, 61, 82
 компоненты 50
 ограниченность 229
 по аналогии 38
 развитие 65, 194
 суть 27, 43, 48, 52, 54, 72
 Познания теория 26
 связь с теорией информации 21
 Понятие как компонент познания 52, 55, 64, 156
 Порог сознания 154
 Пороговое сопротивление нервного волокна 152
 — — очагов возбужденности 153
 — — синапсов 153
 — — сознания 154
 Пороговые функции нервной деятельности 155
 Порядка тилы (по Шредингеру) 135
 Пригожина теорема 13
 — функция энтропии 142
 Причинная связь 70

- Пропускная способность канала 99
 Пространство, связь со временем 197
 Пространство сообщений 99, 102
 Психические процессы 184
 Психофизический параллелизм 183

 Раздражимости формы (по Голубаржу) 151
 Разнообразие 7, 78, 114
 гносеологические проблемы 46
 Разнообразия ограничение 11, 43, 52, 78, 116, 123, 150, 161, 233
 Расчлененность мышления 157
 Редукционизм 37
 Рейхенбаха взгляды 68
 Релятивистское замедление времени 17
 Ретенция (в памяти) 173
 Рёлера закон декомпозиции 171
 Роршаха тест 164

 Сигнала теория 84
 Сигнальные системы организма (по Павлову) 149
 Синансов пороговое сопротивление 153
 Системные функции (по Гуммелю) 137
 Сознание, характерные черты 187
 Сообщения, передача по каналу связи 85
 переработка в мозгу 157
 преобразование в нервной системе 147
 отображение на растре символов 97
 Статистический временной ряд 172
 Структурные изменения (по Гуммелю) 137
 Субъект познания 25, 43
 противоречивое единство с объектом 47, 74, 189
 роль в отображении мира 66
 Субъективизм 67
 Субъективный идеализм 50, 71

 Тепловой смерти Вселенной теория 24
 Термодинамика открытых систем 12
 Термодинамика, проблемы современной науки 139
 Торможения функции 152

 Упорядоченность материальная 132
 Ухтомского принцип доминанты 176

 Фехнера закон 170, 191
 Физиологические процессы 185
 Физический идеализм 69
 Фиксация (в памяти) 173
 Филогенез 16, 133, 135, 152, 181
 Форма сообщений 156, 165
 Формальная логика 27, 57
 Фурье преобразование 170

 Хартли формула информации 98

 Целостная психология 157
 Целостность восприятия 167
 Целостный принцип 157

 Человек, процесс выделения из природы 29

 Шеннона вероятностная теория информации 9
 — модели искусственных языков 121, 164
 — определение пропускной способности канала 101
 — теорема 104
 — формула информации 9, 90
 Шум 101, 122, 165, 194

Эббингхауза кривая мемора-
ции 218

Эквивокация 94

Эмбриогенез 16

Энтропии вероятностный ха-
рактер (по Больцману) 140

— приращение в организме
221

Энтропия 10, 22, 78, 90, 94,
101, 105, 115, 123, 129, 132,
135, 138—142, 194, 220

Ячейки информационные 98

n — грамм 118

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Предисловие автора	19
Введение	21
I. Единство мира и его отражение в познании	29
1. Человек и мир	29
2. Синтез наук	32
3. Познание по аналогии	39
II. Противоречивое единство субъекта и объекта	43
1. Диалектический характер познания	43
а) Познание и ограничение разнообразия	43
б) Диалектический характер компонентов познания	50
2. Метафизический способ отображения мира	55
3. Субъект и объективная реальность	61
а) Познание и бытие	61
б) Роль субъекта в отображении мира	66
в) Объективная реальность	72
III. Основные понятия теории информации	80
1. Познание как получение сообщений	80
2. Передача сообщений по каналу связи	85
а) Канал связи	85
б) Информация	89
в) Отображение сообщения	95
г) Пропускная способность канала	99
3. Избыточность	105
4. Вероятность и разнообразие	114
IV. Информация и материя	124
1. Материалистическое и идеалистическое понимание информации	124
2. Информация и упорядоченность материи	132

V. Информация и нервная система	147
1. Преобразование сообщений в нервной системе	147
2. Информация и форма	156
3. Форма и избыточность	165
4. Фиксация информации в памяти	173
5. Информация и психофизическая проблема	182
VI. Рост информации и развитие познания	194
1. Энтропия, память и время	194
2. Моделирование накопления информации	204
3. Некоторые исходные положения для дальнейших исследований	212
а) Мир Минковского и память	212
б) Рост информации и время	217
в) Энтропия и процесс познания	220
Заключение. Информационное разнообразие объективной реальности и его ограничение в познании	227
Литература	237
Именной указатель	243
Предметный указатель	245

И. ЗЕМАН
ПОЗНАНИЕ И ИНФОРМАЦИЯ

Художник *В. Максим*
Художественный редактор *Л. Шканов*
Технические редакторы *Н. Бульдяев* и *В. Мецзякова*

Сдано в производство 30/IV-1966 г.
Подписано к печати 4/X-1966 г.
Бумага 84×108¹/₃₂. Бум. л. 4.
Печ. л. 13,54, в т/ч 1 вкл.
Уч.-изд. л. 12,55. Изд. № 9/6210
Цена 99 коп. Зак. 223

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОГРЕСС»
Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Москва, Г-21, Zubовский бульвар, 21

Московская типография № 20
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Москва, 1-й Рижский пер., 2