

**А. Д. Урсул**

**ПРИРОДА ИНФОРМАЦИИ**

**Философский очерк**



**ЧЕЛЯБИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВ**  
Научно-образовательный центр «Информационное общество»  
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
Центр исследований глобальных процессов и устойчивого развития

---

---

**А. Д. Урсул**

## **ПРИРОДА ИНФОРМАЦИИ**

**Философский очерк**

**2-е издание**

**Челябинск  
2010**

УДК 004+1  
ББК 73+87.25  
У72

**Урсул, А. Д. Природа информации: философский очерк /**  
А. Д. Урсул; Челяб. гос. акад. культуры и искусств; Науч.-образоват.  
центр «Информационное общество»; Рос. гос. торгово-эконом. ун-т;  
Центр исслед. глоб. процессов и устойчивого развития. – 2-е изд. – Челя-  
бинск, 2010. – 231 с.  
ISBN 978-5-94839-248-6

Без теории информации не могут обойтись ни физика, ни биология, ни лингвистика, ни многие другие науки. Информационные процессы происходят всюду: и при общении людей друг с другом, и при передаче наследственных признаков от одного живого организма к другому, без них немислима ни работа сложного автоматического устройства, ни управление предприятием. Автор этого издания вводит читателя в круг основных понятий теории информации, высказывает свою точку зрения по дискуссионным вопросам. В книге рассматривается связь понятия информации с некоторыми философскими категориями, раскрывается возможность применения теоретико-информационного метода в логике, теории познания.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ЧГАКИ

ISBN 978-5-94839-248-6

© Урсул А. Д., 1-е изд., 1968  
© Урсул А. Д., 2-е изд., 2010  
© Колин К. К., предисл., 2010  
© Челябинская государственная  
академия культуры и искусств, 2010

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

### У ИСТОКОВ РОССИЙСКОЙ ФИЛОСОФИИ ИНФОРМАЦИИ

Уважаемый читатель!

Вы держите в руках уникальную книгу. Это стереотипное переиздание философского очерка известного российского ученого А. Д. Урсула «Природа информации»<sup>\*</sup>. Уникальность этой работы состоит в том, что она была издана в России еще в 1968 г., т. е. более 40 лет тому назад, однако, до сих пор остается актуальной и достаточно хорошо известной специалистам, изучающим философские проблемы информации. Эта книга уже давно является библиографической редкостью и в оригинале практически недоступна для многих научных работников, преподавателей, аспирантов и докторантов, которым она нужна сегодня и, безусловно, потребуется в будущем.

Собственно это и стало той основной причиной, по которой научно-методический совет Научно-образовательного центра «Информационное общество», функционирующего в составе Челябинской государственной академии культуры и искусств, принял решение рекомендовать эту монографию к переизданию.

Уникальность данной работы также и в том, что она первая в серии из четырех монографий А. Д. Урсула, специально посвященных философским проблемам информации<sup>\*\*</sup>, которые были опубликованы в России в

---

<sup>\*</sup> Урсул А. Д. Природа информации. Философский очерк. М.: Политиздат, 1968. 288 с.

<sup>\*\*</sup> Урсул А. Д. Указ. соч. ; *Его же*. Информация. Методологические аспекты. М.: Наука, 1971. 295 с. ; *Его же*. Отражение и информация. М., 1973. 231 с. ; *Его же*. Проблема информации в современной науке. М.: Наука, 1975. 288 с.

период с 1968 по 1975 г. и по существу заложили фундаментальные основы того нового направления философских исследований, которое в последние годы стали все чаще называть *философией информации*.

**Философия информации и актуальные проблемы развития цивилизации.** Термин *философия информации* появился в научной терминологии сравнительно недавно. Его, в частности, использовал китайский ученый Лю Ган, статья которого была опубликована в России в 2007 г. под названием «Философия информации и основы будущей китайской философии науки и техники»<sup>\*</sup>. Здесь философию информации предлагается рассматривать как новую дисциплину в области философских исследований, возникшую «с приходом киберпространства и наступлением киберэпохи».

Таким образом, данный автор полагает, что появление философии информации обусловлено, главным образом, развитием процесса информатизации общества, который особенно заметно проявляется в последней четверти XX в. Он отмечает, что одним из последствий этого процесса стал так называемый «компьютерный поворот» в философии, когда предпринимаются попытки философского осмысления возможных последствий широкомасштабной компьютеризации общества.

Нам представляется, что эта точка зрения слишком узкая, и поэтому согласиться с ней можно лишь частично – в вопросе целесообразности выделения новой дисциплины в области философии. Что же касается содержания этой дисциплины, то, по нашему мнению, оно должно быть существенно более широким. Действительно, ведь в 1968 г., когда вышла в свет первая монография А. Д. Урсула о природе информации, такие понятия, как *киберпространство* и *компьютерный поворот* в философии, еще не были распространены в научном сообществе. Тем не менее уже в тот период времени в России активно обсуждались философские аспекты теории информации – новой научной дисциплины, которая начала тогда бурно развиваться и все более широко использоваться не только в технических науках, но также в биологии и лингвистике.

---

<sup>\*</sup> Лю Ган. Философия информации и основы новой китайской философии науки и техники // Вопр. философии. 2007. № 5. С. 45–57.

В настоящей монографии, как и в других своих работах, А. Д. Урсул последовательно развивает и аргументирует существенно более широкое понимание содержания проблем философии информации. С его точки зрения, это направление философии должно в ближайшем будущем стать научной базой для всего процесса информационного развития общества. Причем этот процесс он рассматривает не как очередной этап научно-технической революции, а как начало перехода на качественно новую, более высокую ступень развития цивилизации – становление ноосферы.

Эта стратегически важная философская идея была достаточно подробно обоснована А. Д. Урсулом в его известной монографии «Путь в ноосферу. Концепция выживания и устойчивого развития цивилизации»<sup>\*</sup>. Автору этих строк посчастливилось ознакомиться с ее содержанием еще в 1992 г., когда ее рукопись только готовилась к изданию. В работе показано, что информационное развитие должно стать доминантой всей дальнейшей эволюции человечества, по крайней мере, на протяжении XXI в. Ведь только *овладение информацией и ее широкое использование как главного ресурса и приоритетного фактора развития цивилизации* дает человечеству надежду на выход из системного кризиса и решение многих глобальных проблем современности, а также тех новых, которые нас еще ожидают в будущем.

Но что означает требование овладения информацией? Это прежде всего необходимость адекватного понимания ее природы, т. е. концептуальной философской сущности. Следующее требование заключается в необходимости понимания роли информации в процессах эволюции природы и общества, а также самого человека. Ведь, как показывают результаты исследований<sup>\*\*</sup>, только на этой основе и может быть по-

---

<sup>\*</sup> Урсул А. Д. Путь в ноосферу. Концепция выживания и устойчивого развития цивилизации. М.: Луч, 1993. 275 с.

<sup>\*\*</sup> Колин К. К. Структура реальности и феномен информации // Открытое образование. 2008. № 5. С. 56–61 ; *Его же*. Природа информации и философские основы информатики // Там же. 2005. № 2. С. 43–51 ; Системы и средства информатики / под ред. К. К. Колина. М.: ИПИ РАН, 2006. Спец. вып. Научно-методологические проблемы информатики. 496 с. ; *Его же*. Актуальные философские проблемы информатики. Теоретические проблемы информатики. М.: КОС ИНФ, 2009. Т. 1. 222 с.

строена современная научная картина мира, в которой важное место будут занимать информация и процессы информационного взаимодействия.

Именно поэтому философское осмысление природы информации продолжает оставаться и сегодня исключительно актуальной и стратегически важной научной проблемой.

**Основные положения философской концепции А. Д. Урсула о природе информации.** Свое философское понимание природы информации в данной монографии автор раскрывает путем последовательного анализа работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных философскому осмыслению концептуальной природы информации. Учитывая сложность этой проблемы и необходимость использования при ее исследовании достижений как естественных, так и других наук, он применяет следующий, на наш взгляд весьма удачный, методический подход. Он последовательно рассматривает различные определения понятия информации, используя для этих целей все более широкие философские категории. Наиболее важными из них являются *категория отражения* и *категория различия*. Причем в концепции А. Д. Урсула обе эти категории не противопоставляются, а дополняют друг друга.

Именно благодаря использованию достаточно общей философской категории *различия*, по мнению автора, и удастся раскрыть концептуальную сущность природы информации. Информация есть только там, где существует *различие*, и отсутствует там, где его нет. При этом количество информации характеризует *степень различия*, его *количественную меру*.

Что же касается философской категории *отражения*, то ее использование позволяет понять концептуальную сущность механизма *информационного взаимодействия*, который и составляет первооснову всех информационных процессов в природе и обществе.

Принципиально важной отличительной особенностью философской концепции природы информации, разработанной и изложенной А. Д. Урсулом в данной монографии, является ее высокая общность. Мне неизвестны работы других авторов, в которых определение содержания термина *информация* давалось бы на основе использования философской ка-



тегории различия. Эта категория по своей общности существенно превосходит такие понятия, как *вероятность*, *неопределенность*, *неоднородность*, *асимметрия*, *энтропия* и *разнообразие*, которые достаточно широко используются в работах многих авторов в связи с предлагаемыми ими частными определениями понятия информации.

Конечно, многие из этих определений также являются полезными, так как они позволяют использовать информационный подход при проведении исследований в различных конкретных направлениях развития современной науки. Однако они не дают общего представления о концептуальной природе информации, которое необходимо для философского осмысления сущности этого удивительного и во многом еще не изученного феномена реальности окружающего нас мира.

Мало того, в результате существования большого количества частных определений информации появились даже высказывания о том, что для этого понятия принципиально не может быть найдено достаточно общего определения. В данной монографии А. Д. Урсула убедительно показано, что это не так. Предложенный им подход к определению понятия информации на основе философской категории различия позволяет использовать этот подход при изучении информационных свойств как материальных объектов и систем (например, в физике, астрономии, биологии), так и нематериальных объектов (например, в лингвистике или семиотике).

Таким образом, изложенная в данной монографии философская концепция природы информации остается актуальной и сегодня, когда прошло уже более 40 лет с момента ее опубликования. Переиздание же исследования еще раз подтверждает приоритет российской науки в области создания философии информации как научного направления, а основоположником этого направления, безусловно, является А. Д. Урсул. Сегодня это известный ученый с мировым именем, избранный в состав целого ряда международных научных организаций, автор более 1000 научных работ, в числе которых более 160 монографий. Однако напомним, что в период работы над переиздаваемой монографией это был не маститый академик, а кандидат философских наук, молодой ученый 32 лет.

Дискуссии о природе информации в научном сообществе идут уже более полувека, а в последние годы они разгораются с новой силой. Только в России за последнее десятилетие опубликованы десятки статей и монографий, в которых высказываются самые различные точки зрения на природу информации и делаются попытки дать этому понятию еще одно собственное определение. Не избежал подобного искушения и автор этих строк<sup>\*</sup>. Анализ вышеупомянутых работ показывает, что в большинстве из них рассматриваются лишь отдельные аспекты проявления феномена информации, главным образом, в связи с развитием компьютерной человеко-машинной среды. Существенно меньшее внимание уделяется изучению информационных процессов в биологических и физических системах, хотя именно эти направления исследований нам представляются сегодня наиболее важными и перспективными<sup>\*\*</sup>. Возможно, именно поэтому принципиально новых представлений о философском содержании понятия информации в этих работах и не получено.

**Научно-методологический потенциал философии информации.** Концептуальный подход А. Д. Урсула к пониманию философского содержания природы информации, достаточно подробно представленный и аргументированный им в данной монографии, представляется нам практически безальтернативным и весьма эффективным средством для развития информационной методологии научных исследований. Ведь почти вся современная научная методология становится сегодня существенно в большей степени информационно ориентированной по сравнению с минувшим столетием<sup>\*\*\*</sup>. В значительной степени это обусловлено тем, что наряду с традиционными исследованиями информационных процессов в технических системах в настоящее время все более активно развиваются и такие

---

<sup>\*</sup> *Колин К. К.* Структура реальности и феномен информации ; *Его же.* Природа информации и философские основы информатики ; *Его же.* Актуальные философские проблемы информатики.

<sup>\*\*</sup> *Судаков К. В.* Информационный феномен жизнедеятельности. М.: РМА ПО, 1999. 380 с. ; *Гуревич И. М.* Законы информатики – основа строения и познания сложных систем. М.: РИФ «Антиква», 2003. 176 с.

<sup>\*\*\*</sup> Системы и средства информатики / под ред. К. К. Колина. М., 2006. Спец. вып. Научно-методологические проблемы информатики ; *Колин К. К.* Актуальные философские проблемы информатики...

направления науки, где необходимо изучать информационные процессы в различных физических средах неживой природы, а также в живых организмах и человеческом обществе \*.

При проведении этих исследований с неизбежностью возникает проблема определения содержания понятия информации, которое является центральным при изучении информационных процессов любой природы. И в этих случаях концептуальные положения философии информации могут стать необходимой опорой для многих исследователей, работающих над самыми различными проблемами современной науки.

Так, например, даже в такой, казалось бы, очень далекой от философии информации научной области, как науки о земле, информационный подход позволяет получить совершенно новые научные результаты. В частности, в работе Р. Б. Сейфуль-Мулюкова \*\* показано, что при изучении процессов образования нефти и газа в недрах нашей планеты информационный подход позволяет по-новому взглянуть на эволюционные закономерности этих процессов и подвергнуть вполне обоснованному сомнению биологическую гипотезу происхождения нефти, которая уже многие десятилетия доминирует в геолого-минералогических науках.

Хотелось бы особо подчеркнуть, что *философия информации становится сегодня научной базой и для развития информатики как фундаментальной науки*. Ведь именно те или иные представления о природе информации и определяют границы предметной области данной науки, а также ее место в системе научного познания. В последние годы в России появились работы, в которых показано, что в ближайшем будущем информатика может стать самостоятельной отраслью науки, которая будет иметь важное междисциплинарное и мировоззренческое значение. Мало того, существуют прогнозы, что именно информатика может стать в будущем той конструктивной основой для более тесной интеграции естест-

---

\* Судаков К. В. Указ. соч. ; Гуревич И. М. Указ. соч. ; Сейфуль-Мулюков Р. Б. Нефть – углеводородные последовательности: анализ моделей генезиса и эволюции. М., 2010. 176 с. ; Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. М.: Успехи физич. наук, 1997. 400 с.

\*\* Сейфуль-Мулюков Р. Б. Указ. соч.

венных и гуманитарных наук, необходимость которой сегодня становится все более очевидной.

**Философия информации и качество образования.** Качество образования является сегодня одной из актуальных и стратегически важных проблем дальнейшего развития цивилизации. Окружающий нас мир в последние десятилетия стремительно изменяется. Он становится все более сложным, противоречивым и опасным. Нарастание глобальных проблем, финансово-экономический кризис, обострение социального и информационного неравенства, дезинформация населения в средствах массовой информации – все это повышает социальную напряженность в обществе, дезориентирует человека, затрудняет ему понимание сути и глубинных причин происходящих событий, выбор собственной линии поведения и профессиональной деятельности. Единственно надежной опорой в этих условиях может стать лишь высокое качество образования, содержание которого должно быть адекватным новым условиям существования человека.

Все более важную роль в решении этой проблемы играет *научное мировоззрение*, которое должно быть адекватным информационной стратегии дальнейшего развития цивилизации, которая уже вступила на путь построения глобального информационного общества. Такое мировоззрение становится сегодня необходимым не только для научных работников и преподавателей университетов, но также и для общественно-политических деятелей, бизнесменов, практически для любого социально активного человека. Ведь даже тот современный финансово-экономический кризис, о котором так много говорят и пишут сегодня, представляет собою феномен, имеющий сугубо информационную первопричину, связанную с процессом виртуализации современного общества \*.

Именно поэтому изучение концептуальных положений философии информации и должно стать, по нашему мнению, важным компонентом качественного образования.

---

\* *Коллин К. К.* Виртуализация общества – новая угроза для его стабильности // Синергетическая парадигма. Человек и общество в условиях нестабильности: сб. науч. тр. / Рос. акад. гос. службы. М.: РАГС, 2003. С. 449–462.

На решение этой задачи в системе российского образования в определенной мере ориентирован общеобразовательный курс «Концепции современного естествознания», который изучается в некоторых университетах. Однако содержание этого курса сегодня трудно признать удовлетворительным, так как он, как правило, включает в себя лишь весьма поверхностные сведения из области научных достижений физики, химии, биологии, а также некоторые начальные основы синергетики. Никаких проблем общей теории систем, кибернетики, глобалистики, социальной информатики, а уж тем более философии информации в этом курсе не изучается.

Поэтому своей основной цели – формирования современного научного мировоззрения – этот курс и не достигает. А ведь формирование такого мировоззрения предполагает понимание образованным человеком концепции информационного единства мира и, в первую очередь, философской сущности понятия информации, ее ключевой роли во всех процессах эволюции живой и неживой природы, человеческого общества, а также самого человека как интеллектуальной личности.

Согласно мировоззренческой концепции академика Б. Б. Кадомцева<sup>\*</sup>, весь окружающий нас мир представляет собой не что иное, как совокупность иерархически встроенных друг в друга информационно-открытых систем, которые непрерывно взаимодействуют между собой. При этом эволюционная траектория той или иной системы определяется не только ее собственными свойствами, но, главным образом, теми внешними информационными воздействиями, которые поступают в данную систему из других систем более высокого порядка.

Вполне возможно, что именно на основе этой информационно-ориентированной мировоззренческой концепции и будет в дальнейшем формироваться новая научная картина мира.

**Философия информации и культура.** Тот факт, что данная философская монография переиздается по решению ректората Челябинской государственной академии культуры и искусств, является весьма примечательным. Он свидетельствует о том, что руководство вуза не только хорошо понимает значение современных философских знаний для обес-

---

<sup>\*</sup> Кадомцев Б. Б. Указ. соч.

печения высокого качества образования, но также и неразрывную связь образования и культуры. Ведь именно высокая культура человека, в широком понимании этого термина, и должна стать сегодня высшей формой его образованности. Той образованности, которая в XXI в. крайне необходима.

Поэтому я убежден, что настоящая монография будет полезной не только преподавателям, студентам и аспирантам данной академии, но и найдет свое применение в образовательном процессе других российских и зарубежных вузов. В первую очередь тех из них, где на первый план выдвигается задача обеспечения высокого качества образования.

К. К. Колин,

научный руководитель Научно-образовательного центра  
«Информационное общество» Челябинской государственной  
академии культуры и искусств, заслуженный деятель  
науки РФ, доктор технических наук, профессор

## ВВЕДЕНИЕ

Теория информации – одна из наиболее бурно развивающихся отраслей современного научного знания. За два десятилетия с момента возникновения она насчитывает почти столько же работ, что и теория относительности – один из фундаментальных разделов современной физики. И в настоящее время формула количества информации К. Шеннона, пожалуй, известна не менее, чем формула взаимосвязи массы и энергии А. Эйнштейна. К тому же если теория относительности применяется только физиками, то теория информации проникает во многие науки о неживой и живой природе, обществе и познании, ее используют и физики, и химики, и биологи, и экономисты, и лингвисты, и логики, и ученые многих других специальностей.

Теория информации нужна не только науке, но и производству. Современное производство стало очень сложным; в связи с этим на первый план в нем выдвигаются вопросы организации и управления, основанные на процессах передачи и преобразования информации. Без изучения и широкого использования информации было бы затруднено дальнейшее преобразование вещества, наращивание энергии и т. д.

Естественно, что интенсивное развитие теории информации и ее приложений ставит ряд вопросов *философского* характера. И прежде всего возникает проблема выявления содержания самого понятия «информация».

В последние годы значительно возрос интерес к философским вопросам теории информации. Так, в 1965 г. в Лондоне,

Нью-Йорке и Париже вышли коллективные монографии<sup>\*</sup>, посвященные в основном философскому осмыслению природы информации. Еще в 1962 г. в Праге вышла книга И. Земана (русский перевод ее появился в 1966 г.), в которой выявляется связь теории информации и гносеологии<sup>\*\*</sup>. В русском переводе изданы две книги Л. Бриллюэна<sup>\*\*\*</sup>, где также затрагивается ряд философских проблем теории информации. Наконец, 1960 г. оказался урожайным и для советских авторов: вышли работы Р. Шералиевой<sup>\*\*\*\*</sup> и Н. И. Жукова<sup>\*\*\*\*\*</sup>. Сюда следует добавить сотни статей в нашей и зарубежной философской литературе.

Вокруг понимания природы информации в философии идет борьба между материалистами и идеалистами. Последние пытаются оторвать информацию от материи, превратить ее в некую духовную субстанцию или же представить и виде комплекса ощущений, переживаний субъекта. Например, неотомисты (Васмут, Фессар) прямо заявляют, что информация по своей природе божественна. Экзистенциалисты (Ипполит) полагают, будто идеи теории информации очень созвучны философии существования. Позитивисты (Геру, Уилкинсон, Маккей) считают, что теория информации отрицает объективность закономерностей природы и доказывает их творение познающим субъектом. При этом утверждается, будто бы теория информации «преодолеывает» крайности материализма и идеализма, «упраздняет» основной вопрос философии и становится методологией науки.

Вполне понятно, что аргументированная критика идеалистических (а также метафизических) интерпретаций понятия

---

<sup>\*</sup> См. рецензии на эти монографии в бюллетене «Новые книги за рубежом по общественным наукам» за 1966 г., № 5 и 8.

<sup>\*\*</sup> *Земан И.* Познание и информация. М.: Прогресс, 1966.

<sup>\*\*\*</sup> *Бриллюэн Л.* Наука и теория информации. М.: Физматгиз, 1960; *Его же.* Научная неопределенность и информация. М.: Мир, 1966.

<sup>\*\*\*\*</sup> *Шералиева Р.* Некоторые философские вопросы теории информации. Фрунзе: Илим, 1966.

<sup>\*\*\*\*\*</sup> *Жуков Н. И.* Информация (Философский анализ информации – центрального понятия кибернетики). Минск: Наука и техника, 1966.



информации предполагает раскрытие его действительного содержания. Ее ведущим принципом служит связанное с материалистическим решением основного вопроса философии положение о том, что информация является свойством материи.

Необходимо, однако, отметить, что среди ученых-материалистов нет единого мнения о том, присуща информация всей материи или же только ее части. Ряд философов утверждает, что информации возникает лишь на уровне общества, другие полагают, что она присуща живым существам и кибернетическим устройствам, третьи же отстаивают точку зрения о всеобщности информации. Кто же из них прав?

Чтобы ответить на этот и другие вопросы, необходимо провести философский анализ понятия информации. Но здесь возникает новый вопрос: что же понимать под такого рода анализом?

В нашей литературе существуют работы, где делается попытка философски осмыслить понятие информации. К числу их недостатков можно отнести неполный охват материала естественных и других конкретных наук. Например, анализируется лишь статистическая теория информации и на основе обобщения положений этой теории с привлечением некоторых философских категорий дается определение информации. Как правило, данное определение оказывается весьма узким, не отвечающим современному состоянию теории информации. Это выражается, в частности, в том, что информация понимается лишь как кибернетическая категория, т. е. считается свойством лишь определенной группы материальных явлений и т. д. До последнего времени из поля зрения ряда исследователей выпадали невероятные подходы в теории информации, зачастую не анализировался качественный аспект информации (например, прагматический, семантический), применения теории информации в науках о неживой природе.

Важно отметить, что самый широкий охват материала специальных наук, т. е. самой теории информации и ее приложе-

ний, – *необходимое*, но еще *недостаточное* условие для философского анализа понятия информации. Простое обобщение данных специальных наук еще не является философским анализом (пусть даже с привлечением аппарата философских категорий). Ведь в настоящее время появляются различные идеи, взгляды, теории, методы (концепции) информации. Учение об информации находится в процессе развития, причем весьма интенсивного. Но это означает, что и само понятие информации развивается. Поэтому, если даже обобщить все существующие концепции информации и определить понятие информации, мы не можем быть уверены, что это определено не изменится.

По-видимому, необходимо такое определение данного понятия, которое не противоречило бы появлению других теории (идей, взглядов и т. д.) информации. И здесь уместно обратить внимание на аналогичную проблему определения другого понятия – материи, которая встала перед философией в связи с революцией в физике и кризисом ее методологических основ в конце прошлого и в начале этого века. Решение этой проблемы, данное В. И. Лениным, не сводилось к простому обобщению достижений современного ему естествознания. Ленинское определение материи вытекало из данных естествознания, но в то же время опережало их, явилось итогом теоретико-познавательного анализа тенденции развития научных представлений о материи.

Конечно, из сказанного не следует, что требуется столь же широкое определение понятия информации, как и понятия материи.

Материя – предельно широкая философская категория, другие же философские категории и специально-научные понятия лишь конкретизируют ее, выражают ее определенные аспекты. Однако метод определения понятия материи, развитый В. И. Лениным, может быть использован и при определении понятия информации.

Мы полагаем, что общее определение понятия информации должно выступать как единство *объективно-диалектического* и

*логико-гносеологического аспектов.* Первый из этих аспектов разрабатывается в основном специалистами в области теории информации и ее приложений. Из этого, конечно, не вытекает, что философ ничего нового здесь сказать не может, но в центре его внимания находится по преимуществу логико-гносеологический аспект, который представителями частных наук или вообще не разрабатывается, или же разрабатывается совершенно недостаточно.

В этой книге содержание понятия информации будет раскрыто на основе логико-гносеологического анализа его развития в системе научного знания.

В нашей философской литературе широко распространено мнение, что методологической основой анализа понятия информации служит теория отражения. Это очень важное положение, и мы пытаемся его развить в книге. Однако мы полагаем, что основой такого анализа должна стать вся материалистическая диалектика, а не только какой-либо из ее разделов, хотя бы и очень важный. Разумеется, не все категории диалектики одинаково связаны с понятием информации. Наиболее важными представляются две из них: категория отражения и категория различия. При этом оба аспекта рассмотрения понятия информации не должны противопоставляться, они взаимно дополняют, развивают друг друга.

Вообще же проблема связи философии и теории информации многопланова. Можно выделить следующие ее стороны:

1. Философский анализ предмета и методов теории информации и ее приложений в различных науках.

2. Раскрытие философского содержания понятия информации на основе обобщения данных конкретных наук и логико-гносеологического анализа развития этого понятия.

3. Установление места понятия информации в системе других понятий научного знания (прежде всего основных понятий кибернетики) и выявление его связи с категориями и законами материалистической диалектики.

4. Применение общего понятия информации и связанных с ним теоретико-информационных методов для обогащения содержания научного аппарата материалистической диалектики, теории познания.

5. Выявление социальных (социологических) аспектов теории информации и информационной техники.

6. Критика религиозно-идеалистических и метафизико-механистических интерпретаций понятия информации.

В этой работе затрагиваются многие из упомянутых сторон философского осмысления теории информации, хотя и не все в одинаковой степени. Естественно, что всестороннее и глубокое рассмотрение всей философской проблематики теории информации осуществимо лишь в результате совместных исследований как философов, так и специалистов в области теории информации и других наук.

Несколько слов о названии книги. Стало традицией называть работы, посвященные философскому анализу понятия информации, примерно так: «О природе информации», «К вопросу о природе информации» и т. п. Под природой информации здесь имеется в виду философское содержание ее понятия, т. е. совокупность наиболее общих, существенных признаков информации.

Рукопись книги и ее отдельные разделы обсуждались членами секции философских вопросов кибернетики Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР (председатель секции доктор философских наук А. Г. Спиркин) и комиссии философских вопросов теории информации и ее приложений при этой секции. Важные замечания, содействующие улучшению книги, были сделаны доктором философских наук Б. В. Бирюковым, кандидатами философских наук Л. Б. Баженовым, К. Е. Морозовым, В. С. Тюхтиным, кандидатом биологических наук Ю. Л. Урманцевым и кандидатом физико-математических наук Ю. Л. Шрейдером, которым автор выражает свою признательность.

## К ОБЩЕМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ «ИНФОРМАЦИЯ»

### § 1. Вероятность, неопределенность и информация

Анализ понятия информации мы начнем с рассмотрения наиболее разработанной – статистической теории информации. Поскольку упомянутая теория возникла на базе теоретико-вероятностных идей, выясним сначала, что же понимают под *вероятностью*.

Нет надобности здесь заниматься критикой субъективистского понимания вероятности, этот вопрос достаточно полно освещен в нашей литературе\*. Разумеется, вероятность как понятие отражает определенные признаки объективных процессов. Что это за признаки? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим два основных подхода к определению понятия вероятности – классический и статистический (частотный).

В *классическом* подходе вероятность каких-либо событий определяется исходя из их возможности. Например, нам нужно бросить монету. Выпадение какой-либо определенной ее стороны (либо цифры, либо герба) в этом случае равновозможно, рав-

---

\* См. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. М.: Физматгиз, 1961 ; Сачков Ю. В. К обоснованию теории вероятностей // Вопр. философии. 1958. № 11.

новероятно. Число равновероятных событий соответствует числу сторон монеты, то есть двум, а вероятность выпадения одной стороны герба (или цифры) равна:  $p = \frac{1}{2}$ . Если у нас в руках игральная кость (куб), то в этом случае число равновозможных событий определяется по числу граней куба, а вероятность выпадения какой-либо грани (каждой из шести) равна:  $p = \frac{1}{6}$ .

Однако во многих задачах соображения классического подхода не могут привести к определению вероятности. Ведь очень часто равновозможность событий нарушается в результате, скажем, неравномерного распределения материала игровой кости, действия возмущений в процессе бросания и т. д. В таких случаях заранее теоретически определить вероятность, не проводя испытаний, экспериментов (например, бросаний), оказывается затруднительным, если не невозможным. В теории вероятностей испытания, когда появляется данный результат  $A$  (например, выпадает какая-либо определенная грань игровой кости), называются испытаниями, благоприятствующими событию  $A$ . Вероятность  $p(A)$  события  $A$  определяется как отношение числа возможных результатов испытания, благоприятствующих событию  $A$ , к числу всех возможных результатов испытания. При этом если условия равновозможности событий нарушаются, то упомянутое отношение выражает не вероятность, а частоту появления события  $A$ . Но оказывается, что при большом числе испытаний частота события  $A$  близка к вероятности. Вероятность, таким образом, представляет собой как бы некоторую постоянную, вокруг которой может колебаться частота. Такая вероятность носит название *частотной*, или *статистической*.

Нетрудно заметить, что мы рассматривали события, которые могут произойти, а могут и не произойти. Но такие события, как известно, являются случайными. Значит, вероятность – это не только количественная мера возможности наступления события, но и количественная мера степени его случайности. Если вероятность события равна единице, то данное событие обяза-

тельно должно произойти; его наступление уже оказывается не случайным, а необходимым. Если же вероятность события равна нулю, то такое событие не произойдет и его ненаступление также необходимо. Поэтому случайные события характеризуются лишь значениями вероятности, заключенной в интервале от нуля до единицы ( $1 > p > 0$ ).

Понятия возможности, случайности, вероятности находятся в определенном отношении с понятием *неопределенности*. В примере с бросанием игральной кости неопределенность означает, что в начальный момент мы не можем сказать, какая именно грань выпадет. Ведь может выпасть любая из шести граней. Неопределенность, как и вероятность, конечно, не нужно понимать в субъективистском духе. Дело не в нашем незнании, а в том, что неопределенность существует объективно. Она имеет место тогда, когда производится *выбор* из некоторой совокупности элементов какой-то их части, например одного элемента. Степень неопределенности выбора характеризуется отношением числа выбранных элементов к общему числу элементов совокупности (множества).

Если множество состоит всего из одного элемента, то степень неопределенности равна нулю, ибо мы можем выбрать один и только один элемент. Вероятность выбора в этом случае равна единице, что следует из соображений классического подхода (это как бы бросание «монеты», имеющей всего лишь одну «сторону», — естественно, что одна «сторона» всегда и выпадает). Теперь рассмотрим множество из двух элементов, например бросание «нормальной» монеты (с двумя сторонами). Очевидно, что вероятность выпадения какой-либо стороны равна, как уже упоминалось:  $p = \frac{1}{2}$ . Степень неопределенности оказывается здесь уже отличной от нуля: ведь можно выбрать или один, или другой элемент. Выбор в данном случае сводится к отличению одного элемента от другого. Выбрав какой-либо элемент, а значит, отличив его от другого, мы уменьшим неопределенность до нуля

(ибо оставшийся элемент есть множество с нулевой неопределенностью).

Продолжая эти рассуждения, мы приходим к выводу, что увеличение числа элементов во множестве ведет к росту степени неопределенности и к уменьшению вероятности выбора одного элемента. Получается, что бесконечное число элементов во множестве соответствует бесконечной неопределенности и нулевой вероятности.

Итак, степени неопределенности и вероятности связаны друг с другом. Зная вероятность, мы сможем определить степень неопределенности. Предположим, что мы должны угадать одно из восьми чисел: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Мы можем задавать задумавшему число вопросы и получать ответы «да» или «нет». Поскольку мы не можем предпочесть ни одно из восьми чисел, то из соображений равновозможности определяем, что вероятность угадать задуманное число составляет  $\frac{1}{8}$ . Степень неопределенности может быть измерена количеством чисел, то есть 8. Если мы должны угадать одно из 20 чисел, то соответственно степень неопределенности равна 20, а вероятность выбора одного числа равна  $\frac{1}{20}$ . Казалось бы, между степенью неопределенности и вероятностью получается весьма простая зависимость:  $H = \frac{1}{p}$ , где  $H$  – степень неопределенности, а  $p$  – вероятность выбора элемента. Действительно, при  $p = 0$  степень неопределенности равна бесконечности. Чем больше вероятность, тем меньше степень неопределенности. Но когда мы переходим к  $p = 1$  и подставляем в формулу, то получаем, что и  $H = 1$ . Но это неверно. Ведь при  $p = 1$  степень неопределенности должна быть равна нулю, ибо выбирать не из чего – во множестве всего один элемент. Значит, зависимость между  $H$  и  $p$  должна быть иной.

Оказывается, если мы положим, что

$$H = \log \frac{1}{p} = -\log p,$$

то в этом случае мы удовлетворим всем условиям о связи степени неопределенности с вероятностью. В самом деле, при  $p = 0$



имеем  $\log \infty = \infty$ , при  $p = 1 \log 1 = 0$ ; другими словами, уменьшение  $p$  ведет к увеличению  $H$ . Итак, логарифмическая функция есть функция связи числа элементов во множестве, то есть степени неопределенности с вероятностью выбора одного элемента из этого множества.

Какие же логарифмы можно использовать при определении степени неопределенности через вероятность? Это вопрос не принципиальный – можно брать логарифмы при любом основании, но наиболее употребительны все же двоичные, десятичные и натуральные логарифмы. Если берутся логарифмы по основанию 2 ( $\log_2 A$ ), то получаемая в этом случае степень неопределенности выражается в битах (сокращение от английского выражения «двоичный разряд»). Например, степень неопределенности множества из двух элементов составляет один бит, множества из четырех элементов с равными вероятностями – два бита и т. д.

Мы так подробно говорили о неопределенности и степени ее измерения потому, что изучением степени неопределенности, связи ее с вероятностью и занимается статистическая теория информации. В теории информации рассматриваются любые события, в результате которых уменьшается, уничтожается, исчезает неопределенность. Так, если мы хотим узнать по телефону, прибыл ли интересующий нас самолет, то, получив ответ «да», мы тем самым уменьшаем неопределенность до нуля. Следует заметить, что, получив ответ «нет», мы также полностью снимаем неопределенность. Если вероятности обоих ответов равны, то уменьшение неопределенности происходит на одну и ту же величину.

Пример, который мы только что привели, содержит всего два возможных ответа (множество с двумя элементами). Здесь в результате любого ответа («да» или «нет») неопределенность уничтожается полностью. Если имеется больше возможных ответов (исходов), то каждый ответ может уменьшать неопределенность на определенную величину. Так, в ранее упомянутом примере с угадыванием одного из восьми чисел может быть во-

семь различных исходов. Предположим, что мы назвали число 1 и не угадали (получили ответ «нет»). В результате неопределенность уменьшилась от 8 до 7 (или, в логарифмических единицах, от  $-\log_2 8$  до  $-\log_2 7$ ), ибо искомое число уже остается среди чисел от 2 до 8. Если мы назовем далее числа 2, 3, 4 и не угадаем, то нам станет ясно, что искомое число заключено уже между 5 и 8. Соответственно степень неопределенности уменьшается до 4 (или, в логарифмических единицах, до  $-\log_2 4$ ). Разность между первоначальной степенью неопределенности ( $-\log_2 8$ ) и этой последней ( $-\log_2 4$ ) равна одному биту. Другими словами, мы получили один бит информации. Степень уменьшенной (уничтоженной, снятой) неопределенности в результате передачи сообщения (о том, прибыл ли самолет, угадали ли мы число и т. д.) называется *количеством информации*. В приведенных выше примерах речь шла о количестве информации лишь от *одного* события, сообщения. Оно называется *индивидуальным* количеством информации ( $-\log p$ , где  $p$  – вероятность того или иного события).

Мы видим, что, чем более невероятны, неожиданны события, уничтожающие неопределенность, тем большее количество информации они несут. Но событие (пусть даже неожиданное), которое не уменьшает неопределенности, не несет никакой информации. Допустим, мы называем цифру, чтобы отгадать задуманную. В ответ мы должны услышать «да» или «нет». Но вместо этого нам говорят: «Завтра будет хорошая погода». Это сообщение не приводит к уменьшению неопределенности в данной задаче и поэтому не несет никакой информации. Однако эта же фраза может уменьшить неопределенность в другом случае, если нас интересует, какая будет погода завтра. Нулевое количество информации приносит и событие, которое обязательно должно произойти, то есть соответствует вероятности, равной единице.

Современную статистическую теорию информации не интересует индивидуальное количество информации, это понятие слишком просто и поэтому практически «не работает». Вместо

индивидуального количества информации рассматривается среднее количество информации. Так, если нас интересует степень неопределенности опыта с  $n$  различными исходами (результатами), то ее определяют через логарифм числа этих исходов  $(\log n)^*$ , при условии, что вероятности исходов равны.

В том случае, если вероятности исходов различны, формула приобретает несколько иной вид. Рассмотрим следующий пример. Предположим, что опыт состоит в извлечении одного шара из ящика, содержащего один черный и два белых шара (суммарное количество шаров равно трем). Исходя из классического подхода, вероятность выбора черного шара равна  $\frac{1}{3}$ , а вероятность выбора белого шара равна  $\frac{2}{3}$ . В качестве степени неопределенности всего опыта принимается среднее значение неопределенности отдельных возможных исходов. Это среднее значение получается, если вероятность отдельного исхода умножается на его неопределенность и эти произведения складываются. В нашем примере имеем:

$$H = \frac{1}{3} \times \log_2 3 + \frac{2}{3} \times \log_2 \frac{3}{2} = 0,92 \text{ (бита)}$$

В общем случае формула степени неопределенности имеет вид:

$$H = -\sum_{i=1}^n p(A_i) \log_2 p(A_i) \text{ **}$$

Именно эта формула, предложенная в 1948 г. Американским математиком и инженером К. Шенноном, в настоящее время, пожалуй, не уступает в известности эйнштейновской формуле

$$E = mc^2$$

Если в результате опыта уничтожается выражаемая формулой Шеннона неопределенность, то количество информации оказывается равным степени уничтоженной неопределенности.

\* Эта формула называется формулой Хартли.

\*\* Здесь предполагается, что производится опыт с возможными исходами  $A_1, A_2 \dots A_n$ , вероятности этих исходов равны  $p(A_1), p(A_2) \dots p(A_n)$  соответственно. Знак  $\sum$  означает сокращенную запись суммы произведений  $-p(A_i) \log_2 p(A_i)$ , т. е.  $-p(A_1) \log_2 p(A_1) - p(A_2) \log_2 p(A_2) - \dots - p(A_n) \log_2 p(A_n)$ .

Формулу Шеннона называют еще формулой негэнтропии, поскольку она с отрицательным знаком аналогична формуле *энтропии* в ее статистической интерпретации, данной Больцманом<sup>\*</sup>. Формула энтропии в термодинамике определяет степень беспорядка, хаотичности молекул газа в сосуде. При этом вероятности  $p(A_i)$  в данном случае определяются как отношение числа молекул  $n_i$ , заполняющих данную воображаемую ячейку сосуда, к числу всех молекул. Они обозначают условную вероятность нахождения молекулы в ячейке с номером  $i$ , когда газ характеризуется определенным распределением.

Несмотря на то что математические формулы количества информации и энтропии (по Больцману) отличаются лишь знаком, все же между ними есть существенное различие. Вероятности в формуле энтропии относятся только к газу – вообще к статистическим физическим и химическим объектам, имеющим отношение к тепловому движению. В силу этого было бы бессмысленным распространять законы статистической термодинамики, скажем, на лингвистику или на экономику, ибо последние не изучают «лингвистическую» и «экономическую» энергию или теплоту. Однако можно абстрагироваться от некоторых особенностей объектов термодинамики, лингвистики, экономики и других наук и выделить в них нечто общее, присущее действующим в них статистическим закономерностям. Этим общим может оказаться наличие неопределенности в тех или иных случайных явлениях. Изучением неопределенности и занимается теория информации. Современная статистическая теория информации применима к сфере любых случайных явлений, поскольку она вычленяет из них лишь аспект, связанный с изменением неопределенности. Поэтому можно рассматривать теорию информации как некую теорию, в определенном аспекте обобщающую представления стати-

---

<sup>\*</sup> См. Рейхенбах Г. Направление времени. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. С. 84. Г. Рейхенбах отмечает, что энтропию можно называть обратной информацией (негинформацией). Этой же терминологии придерживаются аргентинские ученые Валентинуцци.

стической термодинамики. Из этого не следует, что их можно отождествлять. Между тем в философской и естественнонаучной литературе можно встретить точки зрения, абсолютизирующие или же тождество упомянутых теорий, или же их различие.

До сих пор мы рассматривали только прерывные, дискретные совокупности. Одним из важных свойств таких совокупностей является то, что все их элементы можно сосчитать, то есть занумеровать числами натурального ряда (1, 2, 3, 4...). Однако существуют и непрерывные, или несчетные, совокупности. Например, число точек в отрезке (сегменте) прямой от нуля до единицы невозможно сосчитать, занумеровать. При попытке обобщить определение количества информации на непрерывные, несчетные множества возникают трудности. Преодоление этих трудностей привело к видоизменению исходной формулы Шеннона, которая носит еще название формулы абсолютной негэнтропии. Вместо нее пришлось ввести формулу так называемой *относительной* негэнтропии.

Последняя выражает негэнтропию какого-либо опыта (совокупности испытаний) не саму по себе, а по отношению к другому опыту. Если бы мы определяли негэнтропию опыта саму по себе, то получили бы бесконечное количество информации, ибо это опыт с непрерывным (бесконечным) числом исходов (результатов). Поэтому, чтобы получить конечное количество информации (конечную степень неопределенности), необходимо объединить в один исход группу непрерывных исходов, так чтобы их множество уже оказалось конечным, прерывным. Это объединение непрерывных исходов в группы происходит таким образом, что пренебрегают исходами, отличающимися менее, чем на некоторое малое число  $\varepsilon$ . В результате такой операции неопределенность опыта оказывается уже конечной. Но это устранение бесконечности получается благодаря тому, что неопределенность измеряется относительно заданной точности, стандарта, который как бы играет роль определенной системы координат.

Идея относительной негэнтропии была высказана еще К. Шенноном в его основополагающей работе. «В дискретном случае, – писал он, – энтропия измеряет абсолютным образом степень случайности значения рассматриваемой случайной величины. В непрерывном случае это измерение производится *относительно заданной системы координат...* В непрерывном случае энтропия может рассматриваться как мера случайности *относительно принятого стандарта*, а именно выбранной системы координат...»<sup>\*</sup>

Может показаться, что задание стандарта точности, или, что то же, системы координат, приводит к субъективному пониманию количества информации. Ведь формула Шеннона (абсолютная негэнтропия) не зависела от выбора системы координат, а значит, и от наблюдателя, ученого. Однако такой вывод будет поспешным. Дело в том, что гносеологическая операция объединения непрерывных событий в группы отражает особенности самих явлений. Последним объективно присуща неопределенность, которую абсолютно точно измерить невозможно.

Ныне на более общей формуле количества информации (относительной негэнтропии) строится вся современная статистическая теория информации.

Само обобщение формулы количества информации имеет важное методологическое значение, которое, пожалуй, сравнимо с некоторыми выводами специальной теории относительности. Пространство и время оказались не абсолютными, как в механике Ньютона, а относительными, т. е. зависящими по своим метрическим свойствам от скорости движения инерциальных систем. Так и в развитии теории информации произошел аналогичный переход от абсолютного количества информации к относительному, к функции отношения двух систем. Только такая функция имеет реальное значение и остается справедливой как для дискретных, так

---

<sup>\*</sup> Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. С. 298–299.

и для непрерывных систем. Ведь формула относительной негэнтропии выражает количество информации относительно заданной системы отсчета (системы координат), иначе говоря, характеризует количество информации, содержащееся в одном объекте относительно другого объекта. Переход от абсолютной негэнтропии к относительной приобретает фундаментальное, решающее значение. По аналогии со специальной теорией относительности можно говорить о «релятивизации» формулы количества информации. Уместно также отметить, что эта «релятивизация» произошла менее чем через десять лет после появления первых работ Шеннона, тогда как релятивизация классической механики потребовала двух столетий развития науки. Этот факт – яркое свидетельство ускорения темпов развития науки.

Кроме понятия количества информации в статистической теории информации используется еще ряд важных понятий. Здесь мы ограничимся кратким рассмотрением лишь так называемой *избыточности* \*.

Мы очень часто пользуемся избыточностью. Например, когда преподаватель несколько раз объясняет студентам трудное место, то это и есть не что иное, как использование избыточности с точки зрения теории информации. То же самое имеет место при телефонном разговоре в условиях плохой слышимости, когда нам приходится произносить одну фразу несколько раз.

Избыточность играет большую роль при передаче сообщений. В каналах связи обычно действуют помехи (шумы), приводящие к искажению сообщений, к потере (снижению) количества информации. А это может сказаться на смысле передаваемого

---

\* Формула избыточности определяется как

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

где  $I_{\text{факт.}}$  – количество информации в данной совокупности исходов, а  $I_{\text{макс.}}$  – количество информации в той же совокупности при условии, что все исходы оказались бы равновероятными. Совокупности исходов равной избыточности обладают тем свойством, что с увеличением количества исходов количество информации в них увеличивается.

сообщения. Поэтому принимаются меры для сохранения необходимого количества и смысла информации, в частности широко используется увеличение избыточности сообщений, что может выражаться в повторении тех или иных элементов сообщения, всего сообщения или же в кодировании сообщения большим числом символов (знаков).

Если бы в каналах передачи информации не было помех, то можно было бы передавать максимальное количество информации, т. е. сообщения с нулевой избыточностью. Однако наличие шумов (помех) ведет к тому, что избыточность специально завышается и величина ее зависит от уровня помех. Слишком низкая избыточность может принести к искажению сообщений, слишком высокая – к уменьшению скорости передачи информации по каналу связи. Дело в том, что каждый канал связи обладает определенной пропускной способностью, т. е. через него можно передать некоторое максимальное количество информации в единицу времени. К. Шеннон сформулировал теоремы, которые устанавливают условия кодирования информации при передаче ее по каналам связи (без помех и с помехами).

Вполне понятно, что в нашу задачу не входит рассмотрение всех понятий статистической теории информации. Мы остановились лишь на тех из них, которые, как нам представляется, имеют отношение к выяснению природы информации.

Как уже отмечалось, основополагающие идеи статистической теории информации были изложены Шенноном еще в 1948 г. Но и до него ряд мыслей высказывались Р. Фишером, Л. Сцилардом, К. Кюпфмюллером, Р. Хартли, Г. Найквистом, В. А. Котельниковым. До создания статистической теории информации, которая дала метод количественного анализа сообщений, существовали определенные идеи об информации, которые необязательно покоились на вероятностных, статистических представлениях. Под информацией обычно понимали *сообщения, сведения* о чем-либо, которые получали или передавали люди. Первоначальные



идеи об информации были преимущественно связаны с речью людей, со сведениями, которые человек получал в результате производственной, познавательной и иной деятельности.

Применение статистических, вероятностных методов не только сделало возможным количественное исследование сообщений, сведений. Оно поставило вопрос о расширении объема понятия информации. Действительно, статистическая теория информации отвлекается от требований осмысленности информации, от возможности ее использования человеком. С позиций этой теории можно считать, что информацию несет не только человеческая речь, но и вообще любые объекты и процессы, которые подчиняются статистическим закономерностям. Последние имеют место и в человеческом обществе, они присущи живой и неживой природе.

Вместе с тем из анализа статистической теории информации мы еще не можем сделать вывода о том, что информация – это всеобщее свойство материи.

Информация пока предстает перед нами как снятая неопределенность, связанная лишь со случайными процессами, а также с превращением возможностей в действительность, причем лишь тех из них, которые имеют место в случайных процессах (в статистических информационных процессах всегда происходит выбор: из некоторого множества возможностей в действительность превращается лишь часть). Уже формула Шеннона выступает как операция превращения случайных величин  $[-\log p(A_i)]$  в неслучайную – среднее количество информации, что наталкивает на мысль о связи информационных процессов не только с чисто случайными, но и с неслучайными, необходимыми процессами, закономерностями, точнее, с превращением случайностей в необходимость. Однако из анализа статистической теории информации не вытекает, что информация может быть присуща необходимым процессам, например процессам, описываемым законами классической механики.

До недавнего времени считалось общепринятым, что теория информации – ветвь теории вероятностей. Это положение достаточно прочно вошло в математическую и философскую литературу. Так, Е. С. Вентцель отмечала, что «теория информации представляет собой не просто прикладную науку, в которой применяются вероятностные методы исследования, а должна рассматриваться как раздел теории вероятностей»<sup>\*</sup>. Н. И. Жуков также полагает, что современная количественная теория информации является «разделом математической теории вероятностей»<sup>\*\*</sup>.

Но такое заключение уже не отвечает современному уровню развития теории информации. В последние годы в связи с развитием невероятностных подходов в математических, семантических и других концепциях информации появилась иная, более широкая точка зрения на соотношение теории информации и теории вероятностей, на природу информации. Поэтому, анализируя природу информации, мы не можем ограничиваться только статистической теорией, а обязаны, по возможности, рассматривать все основные концепции (теории) информации.

## § 2. Информация без вероятности

Математические теории строятся в основном аксиоматически. Формулируется несколько аксиом, и, согласно определенным правилам, дедуктивно выводятся все остальные положения теории. Подобным образом, как раздел теории вероятностей, строится и статистическая теория информации.

Но аксиоматически можно создать и некоторые другие теории информации, минуя теорию вероятностей, на базе теории множеств. Такие теории действительно уже созданы (хотя еще недостаточно разработаны). Однако возникает вопрос: зачем не-

---

<sup>\*</sup> Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Изд. 2. М.: Физматгиз, 1962. С. 457.

<sup>\*\*</sup> Жуков Н. И. Информация. С. 123.

обходимо создавать такие теории? И почему мы можем назвать их теориями информации?

Построение и развитие статистической теории информации оправдывается ее приложениями, практикой. Эта теория отражает некоторые закономерности явлений природы, общества и познания (мышления). Для того чтобы делать вывод о необходимости невероятных теорий информации, следует показать их возможное практическое приложение и недостаточность лишь статистического подхода. Рассмотрим некоторые факты, которые свидетельствуют об ограниченности вероятностных представлений в теории информации.

Вскоре после работ К. Шеннона появились попытки оценить количество информации в живых организмах. Подробно об этих попытках мы расскажем далее (см. § 8). Здесь лишь отметим, что на молекулярном уровне в соответствии с вероятностной теорией информации одноклеточный организм содержит не менее  $10^3$ , а может быть, даже  $10^{13}$  битов\*. Это количество информации, по Кастлеру, выражает в двоичных единицах число молекулярных конфигураций, совместимых с жизнью.

С какой вероятностью могут возникнуть структуры с таким количеством информации? Согласно теории вероятностей, возникновение биологической организации мы можем рассматривать как некоторый опыт, имеющий очень большое число исходов. Предположим, что эти исходы равновероятны. В этом случае вероятность какого-либо определенного исхода (допустим, возникновения данной биологической организации) и количество информации в ней связаны простой формулой ( $p = 2^{-I}$ ). Если  $I = 10^3$  битов, то  $p = 2^{-1000}$ . Следовательно, чтобы случайно возникла биологическая структура с количеством информации в  $10^3$  битов, необходимо сделать выбор из  $2^{1000}$  возможностей.

---

\* См. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Мир, 1967. С. 14–19.

Столь низкая вероятность делает, по существу, невозможным возникновение жизни в результате чисто случайного сочетания молекул. Г. Кастлер и многие другие биологи на основании подобных расчетов приходят к выводу о том, что живая структура не может возникнуть в одном случайном акте. Следовательно, в процессе возникновения жизни случайность и необходимость взаимосвязаны<sup>\*</sup>. Но этот вывод говорит и о другом: количество информации в биологической организации не может оцениваться лишь методами вероятностной теории. Для этого нужно изменить само математическое построение теории информации. Биология, следовательно, дает новый заказ математике.

Мысль о необходимости создания невероятных концепций информации следует и из ее приложения к теории познания и логике. Применение статистической теории информации в теории познания и логике столкнулось с тем фактом, что не всякий процесс и не всякий результат (форма) научного познания носит вероятностный характер. Действительно, если имеется какое-то множество элементов, то выбор этих элементов может происходить случайно, т. е. элемент выбирается наугад. Но элементы могут выбираться и по какому-то заранее заданному строгому плану (или, как еще говорят, детерминированному алгоритму). Следовательно, уничтожение неопределенности, т. е. получение информации, может происходить и в других формах, отличающихся от формы вероятностного процесса. Понятие неопределенности в общем оказывается шире понятия вероятности. Скорее всего, неопределенность есть некоторое отношение элемента, входящего в множество, и числа всех элементов множества. Когда это отношение имеет случайный характер (например, случайный выбор элемента из множества), мы имеем дело со статистической теорией информации. Если же это отношение неслучайно, то вступают в силу невероятные теории информации.

---

<sup>\*</sup> Эти проблемы рассматриваются в кн.: Урсул А. Д. Освоение космоса (Философско-методологические и социологические проблемы). М.: Мысль, 1967. Гл. IV, § 1.

Подобная ситуация с приложениями статистической теории информации отнюдь не является неожиданной. Ясно, что любая теория имеет свои границы применимости. Не случайно К. Шеннон подчеркивал, что «глубокое понимание математической стороны теории информации и ее практических приложений к вопросам общей теории связи является обязательным условием использования теории информации в других областях науки. Я лично полагаю, что многие положения теории информации могут оказаться очень полезными в этих науках; действительно, в ней уже достигнуты некоторые весьма значительные результаты. Однако поиск путей применения теории информации в других областях не сводится к тривиальному переносу терминов из одной области науки в другую. Этот поиск осуществляется в длительном процессе выдвижения новых гипотез и их экспериментальной проверки»<sup>\*</sup>.

Таким образом, К. Шеннон не отрицал возможности появления новых математических теорий информации. Более того, уже в его статье «Математическая теория связи» мы находим идеи того направления невероятных концепций информации, которое называется сейчас *комбинаторным*. Комбинаторика – это раздел элементарной математики, в котором рассматриваются некоторые операции с множествами, состоящими из конечного числа элементов (соединения, сочетания, размещения, перестановки). Пример комбинаторного определения количества информации –  $I = \log n$ , где  $n$  – число элементов во множестве. Формула комбинаторного количества информации по своему виду не отличается от формулы статистического количества информации с равными вероятностями. Поэтому некоторое время комбинаторный подход не выделялся из статистического, поскольку молчаливо предполагалось, что первый является частным случаем последнего. Тем не менее, несмотря на внешнее тождество формул комбинаторного и статистического определения, между ними существует различие.

---

<sup>\*</sup> Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. С. 668.

Это различие сказывается в самой идее теории вероятностей и комбинаторики. Для теории вероятностей характерно то, что она математическими средствами изучает случайные процессы. Специфика вероятностного количества информации связана со статистическими закономерностями. Статистические совокупности могут обладать как конечным, так и бесконечным числом элементов (событий). В комбинаторике же всегда рассматривается конечное число элементов множества, причем они не должны подчиняться в общем случае статистическим закономерностям. Для комбинаторного количества информации важно лишь количество элементов, мощность множества. Оно характеризует уничтожение той неопределенности, которая возникает при выборе одного элемента из некоторой конечной совокупности. Этот выбор может не носить случайного характера.

Существуют другие невероятностные подходы к определению информации, например *динамический* и *топологический*.

Под динамическими системами в классическом смысле имеются в виду механические системы (с конечным числом степеней свободы) \*. Именно изучение этих систем привело к понятию динамических закономерностей, т. е. таких, когда между причиной и следствием существует взаимоднозначная связь.

В математике под динамическими системами понимают любые системы (не только механические), поведение которых определяется системой дифференциальных уравнений с конечным числом действительных переменных. Кроме механических к динамическим системам могут быть отнесены некоторые физические, биологические (например, любой организм), ряд кибернетических и других систем.

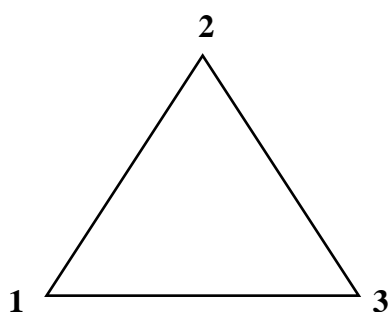
Основанием для применения теории информации к динамическим системам послужили некоторые аналогии динамиче-

---

\* В современной литературе понятие динамической системы употребляется в двух смыслах: во-первых, как противоположность статической, неизменяющейся системе, во-вторых, как противоположность статистической системе. В этом параграфе мы употребляем понятие динамической системы в последнем смысле.

ских систем с так называемым свойством «перемешивания»<sup>\*</sup> и случайными процессами. В результате работ А. Н. Колмогорова, В. А. Рохлина, Я. Г. Синая и других ученых эти аналогии были значительно углублены, и удалось получить целый ряд интересных результатов благодаря использованию понятия негэнтропии. Так, несмотря на то что статистические системы многозначны, а динамические системы однозначно детерминированы, некоторые свойства последних могут быть охарактеризованы количеством информации. Это значит, что понятие информации не связано со спецификой статистических закономерностей, а отражает определенное свойство, общее для статистических и динамических систем.

В 1955 г. американский математик, биолог и социолог Н. Рашевский<sup>\*\*</sup>, исходя из соображений теоретической биологии, ввел новое определение количества информации, которое названо им топологическим. Топология – это раздел математики, изучающий топологические свойства пространства, т. е. такие, которые остаются неизменными (инвариантными) при взаимнооднозначных и непрерывных (так называемых гомеоморфных) преобразованиях. Топологические свойства пространства характеризуют как бы его качественный аспект, тогда как метрические свойства (например, протяженность) выражают его количественный аспект, возможность измерения. Первые носят более фундаментальный ха-



актер, чем вторые. Трехмерность реального пространства и одномерность времени – пример их топологических свойств.

Для того чтобы показать, в чем заключается идея топологического количества информации, рассмотрим простей-

---

<sup>\*</sup> Представление о свойстве «перемешивания» можно получить на примере размешивания кусочка краски, брошенной в стакан с водой. Через некоторое время вещество краски равномерно распространяется в воде.

<sup>\*\*</sup> *Rashevsky N. Life, Information Theory and Topology // The Bulletin of Mathematical Biophysics. Chicago. 1955. Vol. 17. № 3.*

ший топологический комплекс – граф. Элементарное представление о графе дает, например, обычный треугольник, у которого вершины обозначены точками с цифрами (1, 2, 3). Эти нумерованные точки называются вершинами графа, а линии, исходящие из них, – его ребрами. Количество ребер, исходящих из вершины графа, определяет ее степень. Так, в нашем примере из каждой вершины исходят по два ребра, следовательно, они имеют степень 2. Если в графе, как в рассмотренном выше примере, вершины имеют одинаковую степень и смежность (каждая из них смежна двум вершинам с одинаковой степенью), то считается, что они топологически тождественны и количество информации такого графа равно нулю. Информационным содержанием обладают лишь графы, вершины которых топологически различны.

Топологическое количество информации отличается от статистического. Как показал Г. Карреман<sup>\*</sup>, информационное содержание соединения графов может оказаться меньше, чем сумма информационных содержаний графов, его образующих, и даже меньше, чем одного из первоначальных графов.

Из статистической теории информации известно, что если две статистические совокупности объединяются в одну сложную, то в последней энтропия (и, соответственно, количество информации) увеличивается. Энтропия сложной совокупности будет равна сумме энтропии, если объединяются независимые совокупности, и будет меньше этой суммы, если до объединения между совокупностями существовала статистическая связь (корреляция). Но в статистической теории информации не бывает такого положения, что энтропия (и количество информации) в объединенной системе может быть меньше, чем в какой-либо из ее частей. Таким образом, между статистическим и топологическим подходом к определению количества информации существует различие.

---

<sup>\*</sup> *Karreman G. Topological Information Content and Chemical Reactions // The Bulletin of Mathematical Biophysics. Chicago. 1955. Vol. 17. № 4.*



По мнению Н. Рашевского, с помощью топологического подхода можно определять информационное содержание составляющих организм молекул. Теория графов позволяет учитывать различное расположение атомов в молекуле. Топология таких молекулярных графов влияет на информационное содержание организма, которое связано, в частности, с такими основными характеристиками жизненных функций, как выбор и усвоение пищи, репродукция и т. д. Полное информационное содержание организма не является, однако, только топологическим или статистическим. Последователь Н. Рашевского Э. Тракко<sup>\*</sup> определил более сложные формулы количества информации того или иного объекта, которые зависят не только от топологических и статистических, но и от других характеристик.

Наконец, последний из рассматриваемых здесь нестатистических подходов к определению количества информации был предложен в 1965 г. А. Н. Колмогоровым<sup>\*\*</sup>. Речь идет об *алгоритмическом* подходе.

А. Н. Колмогоров отмечает, что чаще всего нас интересует количество информации в индивидуальном объекте  $A$  относительно индивидуального объекта  $B$ , т. е. взаимное, относительное количество информации. По аналогии с этим вероятностным определением количества информации как функции связи двух систем вводится определение алгоритмического количества информации<sup>\*\*\*</sup>.

Не вдаваясь подробно в строгое определение алгоритмического количества информации, изложим простейшие идеи этого

---

<sup>\*</sup> *Trucco E.* On the Information Content of Graphs: Compound Symbols; Different States for Each Point // The Bulletin of Mathematical Biophysics. Chicago. 1956. Vol. 18. № 3.

<sup>\*\*</sup> См. *Колмогоров А. Н.* Три подхода к определению понятия «количество информации» // Проблемы передачи информации. 1965. Т. 1. Вып. 1.

<sup>\*\*\*</sup> Алгоритмом называется программа, инструкция о выполнении в заданном порядке некоторых операций, позволяющих решать совокупность задач определенного класса. Примером простейших алгоритмов являются правила, по которым выполняются арифметические действия.

подхода. Предположим, что дана некоторая последовательность букв (или цифр, или иных элементов множества):  $a, a, a, a \dots a$ . Очевидно, что эта последовательность весьма проста и длина программы, полностью восстанавливающей эту последовательность, будет мала. Несколько большей окажется длина программы, полностью восстанавливающей последовательность  $a, b, c, a, b, c, a, b, c$  и т. д. Эта программа будет содержать большее число команд (операций), позволяющих полностью восстановить последовательность, чем предыдущая, в силу различий между элементами  $a, b$  и  $c$ .

Наконец, если имеется последовательность  $a, b, c, d, e, k, l, m$  и т. д., где каждая следующая буква новая, то ее программа состоит из такого числа команд, которое не может быть меньше, чем число элементов этой последовательности. Таким образом, при помощи длины программы можно выражать «сложность» (алгоритм) последовательности. Алгоритмическое количество информации, отмечает А. Н. Колмогоров, является как бы минимальной длиной программы, которая при заданном  $A$  (алгоритме) позволяет получить  $B$  (последовательность).

Мы кратко рассмотрели некоторые невероятные подходы к определению количества информации. Каждый из упомянутых подходов обнаруживает нечто общее со статистическим подходом, но все же отличается от него. Общее между ними состоит в том, что они изучают переход от неопределенности к определенности, хотя особенности конкретного перехода определяются спецификой той или иной структуры. Единой формулы количества информации пока не существует. Все же можно отметить, что объединение статистического, динамического, топологического и комбинаторного подходов возможно на базе *теоретико-множественной* математики. Алгоритмическое же определение понятия количества информации, по-видимому, может быть обосновано с позиций *конструктивного* направления в математике, так как сторонники этого направления признают ре-

альными лишь такие объекты, которые или могут быть построены, или для построения которых указан соответствующий метод.

На основе всего изложенного можно присоединиться к мнению А. Н. Колмогорова о том, что *«информация по своей природе – не специально вероятностное понятие»* (выделено мной. – А. У.)<sup>\*</sup>.

В настоящее время предполагается изменение соотношения между теорией информации и теорией вероятностей. Оказывается, возможно не только определение количества информации без вероятности, но и определение вероятности посредством количества информации.

Такую попытку «информационного» обоснования теории вероятностей предпринял, например, А. Н. Колмогоров, отправляясь от предложенного им алгоритмического определения количества информации.

Новое обоснование теории вероятностей посредством теории информации предложили также польские ученые – физик Р. С. Ингарден и математик К. Урбаник. В своей статье «Информация без вероятности» они дают философско-методологическую интерпретацию своей концепции: «Возможность изменения до сих пор общепринятого направления дедукции кажется интересной не только с чисто логической и математической точки зрения, но также с точки зрения философии математики и физических представлений. В самом деле, информация кажется интуитивно более простым и более элементарным понятием, чем понятие вероятности. Она дает более грубое и общее описание некоторых физических и других ситуаций, нежели вероятность. Следовательно, информация представляет более примитивную ступень знания, чем вероятность. Далее, принципиальное отделение понятий вероятности и информации кажется удобным и полезным с точки зрения статистической физики. В физике превалируют

---

<sup>\*</sup> Колмогоров А. Н. Проблемы теории вероятностей и математической статистики // Вестн. АН СССР. 1965. № 5. С. 95.

ситуации, где информация известна (например, энтропия некоторой макроскопической системы) и может быть измерена с высокой степенью точности, в то время как распределение вероятностей неизвестно и практически не может быть измерено вовсе (особенно когда степени свободы такой системы имеют порядок  $10^{23}$ ). Наконец, можно заметить, что новое аксиоматическое определение информации свободно от несущественной связи с вероятностью, делает более ясным путь дальнейшего обобщения этого определения»<sup>\*</sup>.

Р. С. Ингарден отмечает, что в их концепции понятие информации выступает как более фундаментальное или по крайней мере понятия вероятности и информации могут рассматриваться как принадлежащие к двум различным уровням абстракции и дающие два различных разреза действительности<sup>\*\*</sup>.

В классическом изложении теория вероятностей показывает, как из случайных («микроскопических») величин формируются неслучайные. Здесь в математическом плане конкретизируется превращение случайного в необходимое.

В предлагаемом построении теории вероятностей необходимость и случайность меняются местами, отражая тот факт, что ни одна из них не является первичной, ни одна из них не доминирует в реальной действительности.

Новый способ определения вероятности на основе количества информации означает «макроскопический» подход вместо традиционного «микроскопического». Такой способ дал бы вместо статистической – информационную термодинамику, физику<sup>\*\*\*</sup> и т. д. Если ранее использовался своего рода «алгоритм» перехода от микромира к макромиру, то информацион-

---

<sup>\*</sup> *Ingarden R. S. and Urbanik K. Information without Probability // Colloquium mathematicum. 1962. Vol. 9. № 1. P. 136.*

<sup>\*\*</sup> *Ingarden R. S. A Simplified Axiomatic Definition of Information // Bulletin de l'Academie polonaise des sciences. Serie des sciences math., astr. et phys. 1963. 11. № 4.*

<sup>\*\*\*</sup> См. *Шамбадаль П. Развитие и приложения понятия энтропии. М.: Наука, 1967. С. 211–215.*

ный подход может дать «обратный алгоритм» – перехода от макромира к микромиру.

Здесь невозможно рассмотреть все методологические вопросы, которые возникают в ходе развития невероятностных подходов к определению количества информации. И хотя понятие информации (в количественном аспекте) длительное время основывалось на понятии вероятности, мы видим, как постепенно происходит изменение взглядов на соотношение понятий информации и вероятности, на их роль как в математических, так и в естественно-научных теориях.

### **§ 3. Качественный аспект информации**

Выше мы рассматривали математические теории и концепции информации, выделяющие количественный аспект информации. Даже применение теоретико-информационных методов к топологии – разделу математики, занимающемуся качественными отношениями пространства, преследует цель измерения этих качественных различий посредством количественных. Таким образом, все упомянутые теории информации имеют дело с «чистым» количеством информации, соответствующим различным математическим структурам.

Но информация имеет еще и качественный аспект, к изучению которого уже приступила современная наука. В чем же он заключается? Прежде всего следует отметить, что математическое понимание количества информации как степени снятой, устраняемой неопределенности носит в основном теоретико-множественный характер. Мы изучаем некоторую функцию различных множеств. Но понятие множества в известной степени отвлекается от природы входящих в него элементов. Конечно, здесь не происходит полного отвлечения от качества элементов. Само объединение элементов во множество всегда предполагает наличие у них некоторого свойства, признака, благодаря чему

они образуют данное множество, а не иное. Значит, каждый элемент множества уже обладает определенным качественным отличием от элемента другого множества. Кроме того, внутри множества различение элементов друг от друга носит тоже качественный характер. Поиск качественного аспекта информации и состоит, в частности, в учете природы элементов, которые объединяются во множества, он связан с анализом качественной определенности множества, т. е. в конечном счете *качественного многообразия* материи. Поскольку неопределенность и информация, по-видимому, всегда присущи любым множествам, то качество информации можно представить в виде качественного аспекта снимаемой неопределенности множеств.

Какие же из современных теорий затрагивают качественный аспект информации? Прежде всего отметим то направление развития теории информации, которое хотя и тесно связано со статистической теорией, но отнюдь не сводится к ней. Речь идет о теории *кодирования и декодирования* информации, использующей не только вероятностные, но и алгебраические идеи комбинаторного характера.

С кодом и кодированием мы встречаемся в повседневной жизни. Так, операция перевода с одного языка на другой может быть названа кодированием мысли, сообщения. Можно предложение, написанное на русском языке, закодировать азбукой Морзе, где каждой букве или цифре соответствует определенная совокупность «точек» и «тире». Система правил, позволяющих переводить с одного языка (естественного и искусственного) на другой, называется кодом. Операция, соответствующая обратному переводу, дает представление о декодировании (например, расшифровка сообщения, переданного азбукой Морзе).

Понятиям кода, кодирования, декодирования можно придать весьма широкий смысл. Сообщения могут рассматриваться как некоторые множества (последовательности). Но нередко каждая последовательность содержит неодинаковое число различных эле-

ментов, например букв. Если последовательность имеет всего два различных элемента, то ее код называется двоичным, если три различных элемента, то – троичным и т. д. Последовательности, закодированные различными кодами, могут содержать одинаковое количество информации, то есть снятой неопределенности. Таким образом, кодирование можно определить как такое преобразование информации, которое оставляет неизменным ее количество, но меняет качественную природу носителей информации. Разумеется, данное определение не охватывает всего содержания понятия кодирования, но важно показать, что это понятие тесно связано с понятием качества информации. Кодирование может означать такое преобразование информации, при котором ее качество (например, смысл) сохраняется в одном отношении и изменяется в другом.

Все материальные системы в какой-то степени можно рассматривать как некоторые множества, закодированные на своем «языке» при помощи некоторого конечного числа «букв». Именно такой подход мы встречаем в работах Н. М. Амосова, который также связывает понятие кода с качеством информации. На атомном уровне код состоит из элементарных частиц, на молекулярном уровне – из атомов и т. д. В связи с этим Н. М. Амосовым интересно ставится проблема состава и взаимоотношения высших и низших кодов. «...Большая белковая молекула, – пишет он, – может получать информацию, переданную низшими кодами – элементарными частицами, отдельными атомами. Но высший код для нее – молекулярный. Если на нее воздействовать, скажем, словом, она «не поймет», так как ее «качество», ее структура не в состоянии воспринимать этот «слишком высокий» код. Итак, *строение, структура, система тесно связаны с кодом передаваемой и воспринимаемой информации*. Поэтому можно сказать, что код определяет качество.

Можно ли молекулярный код разложить на атомный и элементарный? Да, конечно, потому что знак высшего кода является результатом соединения определенным образом в пространстве и

времени некоторого числа знаков низшего кода – результатом *интегрирования*. Но *заменить* высший код низшими нельзя, так же как нельзя заменить по своему действию молекулу каким-то числом отдельно действующих атомов или элементарных частиц, входящих в молекулу. Переход от элементарных частиц к атомам и от них к молекулам – это качественный скачок»\*. Здесь проблема качества информации, как видим, связана со ступенями, уровнями развития материи. Само развитие в информационном плане можно представить как возникновение высшего кода из низшего. Рассматриваемый подход предполагает как выявление качества информации, так и информационный анализ самого качества объектов.

Наличие у информации качества ставит проблему *классификации видов информации*. Такие попытки уже предпринимались. Н. М. Амосов классифицирует информацию по уровням развития материи, В. А. Полушкин делит всю информацию на элементарную, биологическую и логическую\*\*. Под элементарной информацией понимается информация в неживой природе.

Существуют и попытки классификации информации уже внутри биологической, человеческой и т. д. Проблема классификации видов информации еще только поставлена, но ясно, что ее решение необходимо. Эта необходимость вызывается исследованием не только качественного, но и количественного аспекта информации. Надо думать, что определенные качественно отличные виды информации требуют введения и особых количественных мер, как это было в случае различных математических структур.

Не ставя своей задачей дать подробную классификацию видов информации, остановимся на качестве *человеческой* (или социальной) *информации*, как наиболее важного ее вида. Из всех возможных аспектов человеческой информации, то есть инфор-

---

\* Амосов Н. М. Мышление и информация // Проблемы мышления в современной науке: сб. М.: Мысль, 1964. С. 389.

\*\* См. Полушкин В. А. К определению понятия «информация» // Науч.-техн. информация. 1963. № 9.



мации, которой обмениваются между собой люди в процессе общения, мы выделим всего два: *семантический* (содержательный) и *прагматический* (ценностный).

Наиболее известны работы по семантической теории информации \*. Вслед за И. Виллем Р. Карнап и Й. Бар-Хиллел предложили простейший вариант информационного анализа содержательной стороны языка. В их построении семантической теории информации используется символическая логика, т. е. логика, которая излагается при помощи символики, аналогичной математической. Основная схема построения этой теории следующая.

Рассматривается модель простого формализованного языка, включающего конечное число имен индивидов (единичных предметов) и то же конечное число предикатов (логических сказуемых). В этом языке выделяются определенные сложные предложения, которые называются описаниями состояния.

Каждому такому описанию состояния сопоставляется некоторое положительное число, которое называется мерой.

Мера истолковывается в вероятностном смысле, и устанавливается ряд аксиом, которые аналогичны аксиомам теории вероятностей. Вероятностный смысл меры описания состояния позволяет пользоваться результатами индуктивной (вероятностной) логики. Если статистическая теория информации строится на понятии математической вероятности, то семантическая теория Карнапа – Бар-Хиллела основывается на понятии логической вероятности \*\*.

Методы индуктивной логики позволяют определить, в какой степени подтверждается та или иная выдвинутая гипотеза.

---

\* *Bar-Hillel Y., Carnap R. Semantic Information // British Journal of the Philosophy of Science. 1953. Vol. 4. № 14; Maloney G. J. Semantic Information // American Documentation. 1962. Vol. 13. № 3; Törnebohm H. Information and Confirmation. Göteborg. 1964.*

На русском языке о семантической теории информации см. в кн.: *Бриллюэн Л. Наука и теория информации. С. 384–389; Джордж Ф. Мозг как вычислительная машина. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. С. 479–485.*

\*\* См. *Рузавин Г. И. Логическая вероятность и индуктивные выводы // Вопр. философии. 1967. № 4. С. 114.*

Для этого устанавливается связь гипотезы  $h$  с начальным достоверным знанием  $e$  (эмпирическими данными). Оказывается, степень подтверждения гипотезы  $c(h, e)$ , рассматриваемая как логическая вероятность, максимальна (равна единице), когда гипотеза полностью вытекает из эмпирических данных. И наоборот, степень подтверждения равна нулю, если гипотеза не вытекает из данных опыта. Здесь можно говорить и о величине семантической информации  $inf(h/e)$ , содержащейся в гипотезе  $h$  относительно достоверного знания  $e$ . Если логическая вероятность равна единице, то считается, что величина семантической информации равна нулю. С уменьшением степени подтверждения количество семантической информации увеличивается.

С точки зрения семантической теории информации Карнапа – Бар-Хиллела высказывание «На Марсе есть жизнь» содержит информацию, ибо эта гипотеза не подтверждена имеющимися экспериментальными данными. В то же время высказывание «На Земле есть жизнь» оказывается лишенным семантической информации, ибо это достоверное знание. Подобное положение выглядит весьма парадоксальным. Ведь и достоверное знание обладает смыслом, содержанием. Но содержание в теории Карнапа – Бар-Хиллела, как они отмечают сами, аналогично «информации, сообщаемой данным предложением». Получается, что все достоверное, доказанное знание не обладает содержанием, а такое содержание присуще лишь вероятностным формам познания. Последовательное проведение такой точки зрения приводит к нелепостям. Разве не странно, что гипотезы о сверхъестественных силах с точки зрения теории Карнапа – Бар-Хиллела содержат информацию, в то время как утверждения о том, что этих сил не существует, не содержат информации?

Ясно, что семантическая теория информации не может основываться лишь на вероятностных представлениях. В настоящее время в ней, так же как и в математических теориях, намечается *отход от вероятностной концепции*, обобщение с точки

зрения теории информации смысла, содержания человеческих знаний.

Интересную попытку в этом направлении предпринял Ю. А. Шрейдер<sup>\*</sup>. В предложенной им модели семантической информации информацией обладают не только гипотезы (как у Р. Карнапа и Й. Бар-Хиллела), но вообще любые сведения, которые изменяют запас знаний приемника информации (этот запас знаний называется тезаурусом). В общем случае семантический аспект информации выражает отношение между информацией как компонентом отражения и отражаемым объектом, так сказать, «передатчиком» информации. Количество семантической информации, содержащееся, например, в каком-либо тексте, измеряется степенью изменения тезауруса под воздействием этого текста. Так, школьник, читая учебник, изменяет свой запас знаний, увеличивает его. Это изменение можно определенным способом измерить и определить количество семантической информации. Однако академик, прочитав тот же учебник, не приобретет никаких знаний, так как сведения, содержащиеся в учебнике средней школы, ему были известны, – в этом случае он не получает семантической информации, не изменяет запаса своих знаний.

Нам представляется, что этот подход к построению семантической теории информации более перспективен, чем подход Карнапа – Бар-Хиллела, поскольку позволяет анализировать методами семантической теории информации и достоверное знание. Интересную попытку выхода за рамки вероятностных представлений предпринял также Е. К. Войшвилло<sup>\*\*</sup>. Таким образом, чисто вероятностный подход к семантической теории информации оказывается малообещающим, в настоящее время его сменяют более общие модели семантической информации.

---

<sup>\*</sup> См. Шрейдер Ю. А. Об одной модели семантической теории информации // Проблемы кибернетики: сб. М.: Наука, 1965. Вып. 13.

<sup>\*\*</sup> См. Войшвилло Е. К. Попытка семантической интерпретации статистических понятий информации и энтропии // Кибернетику – на службу коммунизму: сб. М.: Энергия, 1966. Т. 3.

Рассмотрим еще одно отношение – между информацией, приемником информации и целью, которую ставит приемник информации (скажем, тот или иной человек). Это отношение называется *прагматическим* отношением.

Одним из наиболее известных прагматических свойств информации является *ценность*. Ценность информации вначале была определена с помощью теоретико-вероятностного подхода. А. А. Харкевич полагает, что ценность информации может выражаться через приращение вероятности достижения цели\*. В формуле А. А. Харкевича ценность информации обозначает разность индивидуальных количеств информации. В отличие от этого формула Шеннона (для равновероятных случаев) определяет количество информации для группы событий, причем безразлично, какое из них произойдет в группе. Она абстрагируется от индивидуальной ценности информации того или иного события.

С точки зрения шенноновской теории информации ответ на вопрос: «Идет ли в настоящий момент на улице дождь?» – может быть выбором двух возможностей, взаимоисключающих друг друга. В любом случае при устранении неопределенности мы получаем один бит информации. Однако одинаково ли важна для нас эта информация? Ведь наше поведение существенно изменяется в зависимости от характера ответа: мы решаем не выходить на улицу или берем плащ и т. д. Таким образом, хотя получено одно и то же количество информации, ценность ее будет различной. Для получателя информации вероятность осу-

---

\* Если до получения информации эта вероятность равнялось  $p_0$ , а после получения она стала  $p_1$ , то ценность полученной информации можно определить как  $\log_2 p_1 - \log_2 p_0 = \log_2 \frac{p_1}{p_0}$ . А. А. Харкевич отмечает, что «ценность информации измеряется в единицах информации и, более того, различие между обеими категориями как бы стирается» (Харкевич А. А. О ценности информации // Проблемы кибернетики: сб. Вып. 4. М.: Физматгиз, 1960. Вып. 4. С. 54.) Приведенное А. А. Харкевичем выражение для ценности информации, как видим, ничем не отличается от определения индивидуального количества информации, о котором говорилось в § 1. Сама ценность информации и есть ее количество, по А. А. Харкевичу.

ществления какого-либо определенного события из некоторой их группы будет иметь преимущественное значение. Вот почему теории ценности информации не могут абстрагироваться от индивидуального количества информации события. Можно поэтому полагать, что разность индивидуальных количеств информации до и после сообщения в статистической теории и есть его информационная ценность.

Измерение ценности информации через ее количество связано с тем, что в теории Шеннона под информацией понимается снятая неопределенность, т. е. считается, что поступающая информация всегда является ценной. Понятие неценной информации чуждо шенноновской теории – сведения, не уменьшающие неопределенности, информацией просто не являются. Но, хотя упомянутая теория неявно исходит из допущения, что получаемая информация является ценной, все же она является не теорией ценности, а именно теорией количественного аспекта информации. Причина этого заключается в том, что понятие цели в этой теории не фигурирует, она считается заданной извне и не изменяющейся в процессе передачи сообщения. Меняться может лишь количество информации.

Наряду с направлением в теории ценности информации, начатым А. А. Харкевичем, можно отметить еще два подхода: теоретико-игровой, развиваемый в разных вариантах М. К. Гавуриным, Р. Л. Стратоновичем, Б. А. Гришаниным, и так называемый «алгоритмический» подход М. М. Бонгарда.

Не рассматривая подробно упомянутые подходы, отметим их две важные особенности. Во-первых, все они измеряют ценность информации посредством статистического количества информации и, во-вторых, они обращают внимание на использование информации с какой-то целью. Если первая особенность досталась в наследство от классической (шенноновской) теории информации, то вторая свидетельствует о возможности отхода от традиционной проблематики, выражает в значительной степени специфику теории ценности информации.

Можно предположить, что ценность информации измеряется не только через количественные характеристики, но и через семантические. Измерение ценности информации посредством семантических характеристик может быть использовано, например, в теории научной информации (см. § 16).

Важно отметить, что все попытки определения ценности информации связаны с понятием *цели*. Но понятие цели обычно характеризует человеческую деятельность и функционирование кибернетических устройств, которым человек задает цель (или программу, которая ведет к цели). В определенной степени оно может быть применено и к животному миру, если цель понимать несколько более широко (не связывая обязательно с сознательной деятельностью). В неживой же природе нет никаких целей, а значит, там отсутствует такое свойство информации, как ее ценность.

Попытки связать понятие ценности информации с понятием цели представляются весьма плодотворными. Ведь в большинстве случаев информация важна субъекту не сама по себе, а для каких-то целей. Правда, бывает и так, что цель не выступает в качестве «третьего звена», а совпадает с приемником информации (находится в нем) или с информацией. Например, если ставится цель понять тот или иной текст, то в данном случае цель не выходит за пределы субъекта и информации (текста).

В этой связи имеет смысл различать ценность информации (в узком смысле) – в рамках отношения «информация и ее приемник» – и ее полезность – отношение «информация, ее приемник и цель». Полезно то, ценность чего заключается не в нем самом и что является лишь средством существования другого. Необходимо, однако, учитывать относительность ценности и полезности информации, ибо то, что полезно в одном отношении, в одной системе, может быть ценным в ином отношении, в другой системе.

Ясно, что ценность информации отлична от ее смысла. Попытки их отождествить ведут к субъективизму. Но было бы неправильным считать ценность информации чисто субъективной.

Между тем подобные ошибочные выводы иногда делают на том основании, что ценность может быть совершенно различной для всех индивидуумов, которые получают одну и ту же информацию. Например, в работе Д. М. Маккея<sup>\*</sup> утверждается, что относительность ценности информации вполне аналогична относительности в теории А. Эйнштейна, которая, по его мнению, характеризует не объективно существующие отношения инерциальных систем отсчета, а зависимость физической реальности от субъективной точки зрения наблюдателя. Д. М. Маккей называет это «эпистемологическим принципом относительности» и полагает, что гуманитарные науки должны им руководствоваться.

Ценность информации, как уже отмечалось, есть в общем случае отношение субъекта (как приемника информации), информации и цели. При этом информация выступает как объективный фактор или носитель ценности. Последняя поэтому является результатом взаимодействия субъективного и объективного факторов. Не «переживания», не точка зрения субъекта определяют ценность информации, а его взаимосвязь с информацией и с целью.

Ценность информации иногда может рассматриваться как положительная и отрицательная. Так, в теории обмена информацией между людьми (развиваемой в работах Р. Аккофа, Г. Бейтсона, Д. М. Маккея, У. Майлса и других ученых) используются отрицательные ценности (чего нет в статистической теории информации). В статистической теории получение сообщения только уменьшает или сохраняет неопределенность, тогда как в теории обмена информацией неопределенность может возрасти в результате получения сведений. «Это означает, – пишет Майлс, – что сообщение может не только передавать информацию, но и отбирать ее. И это не столь неоправданно, как может показаться с первого взгляда. Например, представим себе человека, которому вначале сообщили, что “в настоящий момент на улице идет

---

<sup>\*</sup> *MacKay D. M. Information and Prediction in Human Sciences // Information and Prediction in Science. N. Y.; L., 1965.*

дождь”, и почти немедленно после этого он получил другое сообщение: “сейчас дождя нет”. Тогда, если первое сообщение передает ему информацию, второе должно ее отбирать...» \*

Разумеется, прагматический аспект информации не сводится лишь к понятиям ценности и полезности. По-видимому, существуют и другие характеристики прагматического свойства информации, которые еще ждут своей разработки.

Из изложенного мы можем сделать вывод, что развитие концепции информации происходит в ряде направлений. Интенсивно развивается статистический подход к определению понятия количества информации. Вместе с тем наметился отход от чисто статистических, вероятностных методов (причем не только в математических, но и в семантических концепциях информации).

Количественный аспект информации выступает как наиболее простой уровень научного знания об информации. Человеческая мысль стремится подняться на следующий уровень и отобразить качественную сторону информации. Это сказывается в попытках классификации видов информации, в появлении соответствующих концепций информации (физической, психологической, биологической и др.), в развитии теории кодирования и декодирования информации, семантической и прагматической теории информации и т. д. Хотя концепции качества информации и развиваются гораздо слабее математических концепций, все же отход от количественных трактовок информации означает нащупывание более глубокой ее сущности.

Наконец, можно говорить о проникновении всех упомянутых (и особенно статистической) концепций информации в различные науки, начиная с наук о неживой природе и кончая науками о познании и мышлении. Связь теорий информации и их приложений взаимная. Внедрение теорий информации в ту или иную науку дает возможность исследовать специфику различных информацион-

---

\* Майлс У. Измерение ценности научной информации // Зарубеж. радиоэлектроника. 1965. № 1. С. 72.



ных процессов. В свою очередь, это ведет к развитию теорий информации, что позволяет расширить область их приложения и т. д.

Даже из того краткого обзора различных концепций информации, который был приведен, обнаруживается многообразие, несводимость друг к другу идей, методов, соображений о количественном и качественном аспектах информации. Возникает вопрос: нельзя ли дать наиболее общее определение информации, которое не противоречило бы ни одной из существующих теорий и ее приложениям, вытекало бы из логики развития самого понятия информации и явилось бы конечным результатом этого развития?

#### **§ 4. Информация и разнообразие**

До сих пор мы рассматривали информацию в самом общем плане как снятую, устраняемую неопределенность. Именно то, что устраняет, уменьшает любую неопределенность, и есть информация. Но что такое неопределенность вообще? Здесь мы не собираемся дать исчерпывающий ответ на этот вопрос, а обратим внимание читателя на некоторые существенные моменты использования понятия *неопределенности* в теории информации.

Во-первых, теория информации не занимается анализом самого понятия неопределенности, а дает преимущественно количественные методы ее измерения. Само же понятие неопределенности считается интуитивно данным.

Во-вторых, предполагается, что понятие неопределенности связано с процессами выбора, или отбора. Этот выбор может осуществлять человек, машина или живое существо. Но выбор, уже как отбор, может происходить и независимо от упомянутых воспринимающих информацию систем, например в форме случайных процессов неживой природы. Наконец, в самом общем случае неопределенность связана с превращением возможностей в действительность, когда происходит их ограничение (редукция).

Понимание информации как всего того, что устраняет неопределенность, достаточно хорошо «работает» во многих современных концепциях информации. Как уже отмечалось, понятие неопределенности используется в статистической теории информации. Все же было бы неверно считать, что неопределенность связана лишь со случайными процессами. Такую точку зрения старается провести Ст. Бир. Но и он вынужден признать, что неопределенность имеет относительный характер и то, что может оказаться неслучайным для исследователя, становится случайным для машины \*. Необходимо, конечно, исходить из более общих представлений о понятии неопределенности, чем вероятностные. Это, в частности, диктуется появлением невероятностных подходов в теории информации.

Однако даже широкое понимание неопределенности уже не удовлетворяет современную концепцию информации. Не все нестатистические подходы допускают достаточно последовательную трактовку с позиций неопределенности. Для объяснения необходимости введения некоторых невероятностных подходов иногда применяется искусственная модель неопределенности. Это мы видели на примерах топологического и комбинаторного определения количества информации. Так, в комбинаторном подходе искусственно вводится модель неопределенности, когда рассматривается процесс выбора элемента из конечного множества. Между тем здесь количество информации просто можно измерять как логарифм количества элементов во множестве. То же самое можно сказать и в отношении других невероятностных подходов.

Думается, что от процедуры выбора, от моделей неопределенности желательно избавиться тогда, когда выбор, неопределенность привносится субъектом с единственной целью сохранить наши представления об информации как снятой неопределенности. Использование моделей неопределенности и выбора иногда

---

\* См. *Бир Ст.* Кибернетика и управление производством. М.: Наука. 1965. С. 260.

может привести к навязыванию объективным процессам того, что им внутренне не присуще. Доведенная до крайности концепция выбора, неопределенности может привести к тому, что объективный характер самой информации окажется под сомнением и будет признаваться «творение» информации субъектом или вообще воспринимающей системой. В силу этих соображений наше общее понимание информации должно быть освобождено от ее зависимости от воспринимающей системы (хотя в ряде случаев эта зависимость действительно существует) в такой же степени, как и от трактовки информации в духе чисто вероятностных представлений.

Отказ от трактовки информации только как устраняемой неопределенности диктуется и приложениями концепции информации. Это можно аргументировать, например, применением теории информации в биологии. Н. Н. Жуков-Вережников, рассматривая проблемы генетической информации, отмечает, что хотя, согласно известному определению К. Шеннона, количество информации есть мера того количества неопределенности, которое исчезает после получения сообщения, однако для биолога информация – прежде всего совокупность реальных сигналов, отображающих качественное или количественное различие между какими-либо явлениями, предметами, процессами, структурами, свойствами и т. д. \*

В психологии информация также выступает как снятая неопределенность, но и здесь информация – это прежде всего совокупность реальных раздражителей.

В статистической теории информации невозможно представить информацию уже как нечто данное, действительное без учета превращения возможностей в действительность. Во многих приложениях теории информации под информацией понимается

---

\* См. Жуков-Вережников Н. Теория генетической информации (Теоретический и экспериментальный очерк). М.: Мысль, 1966. С. 67. Н. Н. Жуков-Вережников показывает, что теория биологической информации, не связанная с вероятностно-статистическими методами, восходит еще к работам И. П. Павлова, «которого и можно считать фактически основателем первой по времени информационной специальности – теории биологической информации» (Там же, с. 28).

нечто уже существующее, причем существующее в данный момент. Короче говоря, информацию не обязательно связывают с процессами превращения возможностей в действительность. Мы думаем, что это вполне оправданно, если ее рассматривать не только как снятую неопределенность, но и несколько шире.

Основы такого более широкого подхода к определению понятия информации мы находим в работе одного из основоположников кибернетики английского ученого У. Росс Эшби – «Введение в кибернетику». Согласно Эшби, понятие информации неотделимо от понятия разнообразия. Другими словами, природа информации заключается в разнообразии, а количество информации выражает количество разнообразия.

Предположим, что нам дано множество:

$c, b, c, a, c, c, a, b, c, b, b, a,$

содержащее двенадцать элементов. Если порядок, в котором расположены элементы, игнорируется и не принимаются во внимание их сочетания, то в данном множестве содержится всего три различных элемента. «О таком множестве, – пишет Эшби, – будет говориться, что оно имеет *разнообразие* в три элемента»<sup>\*</sup>.

Согласно Эшби, множество с разнообразием и множество с вероятностями имеют эквивалентные свойства. Так, множество, у которого все элементы различны, имеет максимальное количество разнообразия. В то же время вероятность выбрать наугад данный элемент из множества с максимальным разнообразием равна единице, деленной на количество всех элементов множества. Это аналогично статистической совокупности с равномерным распределением вероятностей. Количество получаемой информации имеет в этом случае максимальное значение.

Множество, у которого все элементы одинаковы, тождественны, содержит минимальное количество элементов, т. е. всего один. Теоретико-вероятностная аналогия такого множества – статистическая совокупность с таким распределением вероятностей,

---

<sup>\*</sup> Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. С. 178.

когда одна из них равна единице, а остальные – нулю. Количество информации в такой совокупности равно нулю. Можно полагать, что информация во множестве появляется лишь в том случае, когда один элемент отличается от другого. Различие, разнообразие есть по меньшей мере отношение двух элементов.

Трактовка количества информации как количества разнообразия позволяет вполне естественно объяснить введение логарифмической меры. В самом деле, разнообразие может измеряться как число различных элементов и как логарифм этого числа (например, по основанию два). Но если мы будем считать, что множество с минимальным, т. е. единичным, разнообразием соответствует нулевому количеству информации, то мы должны ввести функцию преобразования множества с разнообразием в множество с количеством информации. Такой функцией и является логарифмическая функция.

Между минимальным и максимальным количествами разнообразия во множестве существует ряд промежуточных состояний, которые появляются в результате ограничения разнообразия. Ограничение разнообразия должно соответствовать уменьшению количества информации. Если понятие разнообразия неотделимо от понятия информации, то понятие ограничения разнообразия равносильно установившемуся в статистической теории понятию избыточности.

Избыточность тем больше, чем больше ограничение разнообразия, а если все элементы во множестве одинаковы, избыточность равна единице. Например, если в ящике все шары оказываются одинакового цвета, то их избыточность по цвету равна единице; если все шары разного цвета, то избыточность равна нулю.

Таким образом, основные понятия статистической теории информации можно интерпретировать в терминах концепции разнообразия.

Эта концепция не противоречит и нестатистическим подходам в теории информации.

Так, комбинаторное количество информации определяет количественное разнообразие элементов конечного множества, то есть некоторый определенный вид математических совокупностей, где даны отношения различия элементов и некоторые простейшие отношения порядка. Два множества обладают комбинаторным разнообразием, если они отличаются друг от друга: 1) количеством входящих в них элементов; 2) порядком элементов; 3) тем, что некоторый элемент, входя в одно из множеств, не входит в другое.

Топологическое количество информации возникло как попытка определения топологического различия (например, различия вершин графов по степеням, по ориентации ребер и т. д.). Динамические системы, как отмечалось, также являются определенными множествами, где имеется свое разнообразие (например, разнообразие координат, ускорений, скоростей и т. д.). Алгоритмическое количество информации определяет количество различных команд, операций алгоритма воспроизведения последовательности.

Понятие различия, разнообразия имеет не только количественную, но и качественную сторону. В материалистической диалектике специально рассматривается такой широкий класс разнообразия, как качественные различия. Любой объект, явление в единстве его качественных различий и тождеств обладает качественной определенностью, или просто качеством. Качественные различия представляют, следовательно, определенное проявление качества.

Анализируя идеи и теории, связанные с изучением качественного аспекта информации, можно также отметить справедливость концепции разнообразия. Например, теория семантической информации может быть представлена как теория смыслового, содержательного разнообразия. Теория Карнапа – Бар-Хиллела связана, с одной стороны, с понятием логической вероятности, поэтому семантическая информация может рассматриваться как снятая смысловая (содержательная) неопределенность. Но, с другой стороны, согласно этой теории, все предложения, которые дедуктивно выводятся из других, подтвержденных экспериментом, не содер-

жат информации. Поэтому здесь речь идет о логическом разнообразии вывода, которое хотя бы частично не вытекает из совокупности посылок (отличается от них). Такое разнообразие является не достоверным (дедуктивным), а вероятностным (индуктивным).

Весьма ярко выражена идея разнообразия в модели теории семантической информации, предложенной Ю. А. Шрейдером, где количество семантической информации определяется как степень изменения тезауруса (запаса знаний) под воздействием текста. Сам тезаурус обладает определенным смысловым, содержательным разнообразием, а его изменение ведет к увеличению этого разнообразия. В модели Ю. А. Шрейдера семантическая информация носит в общем невероятностный характер, и потому эта модель открывает более широкие возможности для построения теории семантической информации как теории содержательного разнообразия.

Можно также отметить, что концепция информации как разнообразия не противоречит и общежитейскому пониманию информации как сведений, которыми обмениваются люди. Ведь сведения тогда представляют интерес, несут в себе информацию, когда мы узнаем что-то новое, отличное от известного. Поэтому с точки зрения теории обмена информацией между людьми сведения, которые не раскрывают индивидууму чего-либо ему не известного, могут считаться не содержащими информации.

Следует еще раз подчеркнуть, что каждая концепция информации изучает лишь определенный вид разнообразия. То, что для одной теории выступает как разнообразие, для другой может считаться однообразием, тождеством. Это следует, например, из такого факта: содержание предложения может быть одинаковым для всех людей, однако ценность его нередко оказывается различной. Поэтому прагматическая теория информации имеет дело с иным типом разнообразия, чем семантическая.

Итак, мы приходим к выводу, что концепция разнообразия не противоречит ни количественным, ни качественным подходам к изучению информации. Непротиворечие данным естествозна-

ния, как уже отмечалось, является необходимым, но еще недостаточным условием для определения содержания понятия информации. Важно также, чтобы содержание этого понятия вытекало из хода познавательного процесса. Было бы неверным представлять, что понятие информации как разнообразия вытекает только из естественно научных положений. Мы стараемся показать, что необходимость перехода к концепции разнообразия выступает как результат логической и теоретико-познавательной тенденции, как итог, к которому стремится научное знание об информации. Теоретико-познавательный и логический анализ учения об информации, обобщение естественно научного материала и позволяют выдвинуть положение о том, что понятие информации может быть истолковано на базе категории различия.

Методологическая эффективность и перспективность концепции разнообразия заключается, на наш взгляд, в следующем.

Во-первых, концепция разнообразия дает возможность прийти к тем же результатам в построении той или иной теории, которые достигались исходя из каких-либо других соображений. Она позволяет интерпретировать на единой основе различные теории и концепции информации, чего лишены другие, более узкие, трактовки информации. Во-вторых, концепция разнообразия открывает возможность в принципе бесконечного развития теорий информации и их приложений, прогноза возникновения новых теорий и новых применений. В-третьих, на ее основе можно проследить связь информации с отражением и рядом других категорий диалектики. Естественно, что эти преимущества концепции разнообразия делают необходимыми ее серьезные исследования. В частности, важно выявить соотношение концепции разнообразия с другими, менее общими, взглядами на природу информации, рассматривающими информацию, скажем, как упорядоченность, организацию или как категорию, связанную с управлением.

Впервые Эшби изложил концепцию разнообразия в естественно научном плане как своего рода эквивалент статистической



теории информация. Наша задача состояла в том, чтобы проанализировать и другие теории информации, которые не были рассмотрены Эшби. Поскольку концепция разнообразия представляется нам весьма перспективной, мы хотели бы обратить внимание и на взгляды других ученых, весьма близкие к идеям Эшби.

Так, Ст. Бир в книге «Кибернетика и управление производством» вслед за Эшби также связывает информацию с разнообразием. Но если в работе Эшби информация практически отождествляется с разнообразием, то в трактовке Ст. Бира это понимание приобретает исключительно вероятностный смысл. Он, например, пишет, что «информация уничтожает разнообразие»<sup>\*</sup>. Здесь речь идет лишь о разнообразии вероятностных возможностей, то есть о неопределенности, которая действительно уничтожается (устраняется) при получении информации. Уничтожение, снятие разнообразия возможностей эквивалентно уничтожению неопределенности, причем этот тип разнообразия связан лишь с такими объектами, где происходит превращение случайных возможностей в действительность.

Однако такая трактовка разнообразия противоречит, например, топологическому (или любому невероятностному) разнообразию как данному, где нет превращения возможностей в действительность и где количество информации отражает действительно существующее разнообразие. Односторонне-вероятностная трактовка разнообразия Ст. Биром связана с его односторонним пониманием кибернетики, которое он излагает в своей книге. Предметом исследования: кибернетики, по мнению Ст. Бира, являются только «сложные вероятностные системы».

Когда Ст. Бир говорит о том, что информация уничтожает разнообразие, то в определенном отношении он, конечно, прав. Однако это его высказывание следует относить не к информации как таковой, а к проявлению особого закона информационных процессов, который Эшби называет законом необходимого разно-

---

<sup>\*</sup> Бир Ст. Кибернетика и управление производством. С. 67.

образия. Информация как таковая связана как с ограничением, уничтожением разнообразия, так и с его увеличением, расширением. Те авторы, которые обращают внимание лишь на одну сторону – на уменьшение, ограничение разнообразия, просто не замечают, что в другом отношении разнообразие всегда увеличивается. Примеры, подтверждающие это положение, читатель найдет почти во всех следующих параграфах. Например, для того, чтобы разнообразие внешних возмущений было меньше, любая кибернетическая система должна увеличивать свое внутреннее разнообразие (см. § 7). Значит, в одном отношении разнообразие увеличивается, а в другом оно уменьшается. Любое прогрессивное развитие связано с ограничением разнообразия – из существующих сотен тысяч органических молекул в живые организмы входят лишь сотни, из сотни аминокислот лишь 20 и т. д. Но этот процесс сопровождается увеличением внутреннего разнообразия прогрессирующих систем (см. § 8). Ограничение и расширение разнообразия свойственно и информационным познавательным процессам (см. § 14, 15).

На основании анализа этих и других примеров мы склонны считать, что ограничение разнообразия и сопутствующее ему увеличение разнообразия нельзя отождествлять с информацией. Информация есть разнообразие, а движение этого разнообразия (увеличение или ограничение) представляет собой информационные процессы или их проявление.

По-видимому, мнение о том, что информация связана лишь с ограничением разнообразия, навеяно статистической интерпретацией количества информации, где большее внимание обращалось именно на снятие, ограничение разнообразия, чем на само разнообразие. Поэтому переход от трактовки информации как снятой неопределенности к информации как разнообразию есть в то же время переход от частного проявления движения информации к самой информации.

В ряде работ советского биолога И. И. Шмальгаузена информация рассматривается как многообразие. Применительно к биологическим системам он пишет об «определении количества ин-

формации как меры многообразия в строении популяции»<sup>\*</sup>. Среди других работ, рассматривающих связь информации и разнообразия в биологии, можно отметить интересные статьи К. М. Хайлова<sup>\*\*</sup>.

Французский ученый А. Моль в книге «Теория информации и эстетическое восприятие» («Мир», 1966) связывает информацию с оригинальностью, которую он рассматривает как функцию «невероятности» событий, сообщений. При этом в ряде мест оригинальность он фактически отождествляет с разнообразием. Исходя из своей трактовки информации как оригинальности, А. Моль вводит понятие *эстетической информации* в отличие от статистической и семантической. В чем же состоит ее специфика?

Мы можем, например, хорошо знать и помнить те или иные музыкальные, поэтические и другие произведения искусства, и в этом смысле они для нас банальны, неоригинальны, а значит, не содержат информации в семантическом смысле. Однако мы с удовольствием можем слушать эти произведения, они для нас являются каждый раз эстетически оригинальными, разнообразными. Следовательно, согласно А. Молю, можно предположить, что существует особая разновидность информации – эстетическая оригинальность. Правда, А. Моль не дает четкого определения эстетической информации. Он не отличает ее, по сути дела, от субъективной информации, то есть информации, уже воспринятой и отраженной субъектом, которая не обязательно связана с искусством.

В. М. Глушков в ряде работ характеризует информацию «как меру неоднородности в распределении энергии (или вещества) в пространстве и во времени». «Информация, – пишет он, – существует постольку, поскольку существуют сами материальные тела и, следовательно, созданные ими неоднородности. Всякая неоднородность несет с собой какую-то информацию.

---

<sup>\*</sup> Шмальгаузен И. И. Количество фенотипической информации о строении популяции и скорость естественного отбора // Применение математических методов в биологии: сб. Изд-во ЛГУ, 1960. С. 90.

<sup>\*\*</sup> Хайлов К. М. Биологическая организация и информация // Журн. общ. биологии. 1966. Т. 27. № 4; *Его же*. Упорядоченность биологических систем // Успехи современной биологии. 1966. Т. 61. Вып. 2.

С понятием *информация* в кибернетике не связано обязательно свойство ее осмысленности в обычном житейском понимании. В научном плане понятие *информация* охватывает как те сведения, которыми люди обмениваются между собой, так и сведения, существующие независимо от людей. Скажем, звезды существуют независимо от того, имеют люди информацию о них или нет. Существовая объективно, они создают определенную неоднородность в распределении вещества и поэтому являются источником информации»<sup>\*</sup>. Связывая понятие информации с неоднородностью материи, В. М. Глушков в конечном счете также стоит на позициях концепции разнообразия (поскольку неоднородность – это иное выражение, вид разнообразия). Точка зрения В. М. Глушкова поддержана в учебнике А. Г. Спиркина<sup>\*\*</sup>.

Концепция разнообразия постепенно проникает в философские работы. Так, в вышедшей в Праге в 1962 г. книге И. Земана «Познание и информация» концепция разнообразия Эшби используется для анализа процесса познания. Эта концепция стала в той или иной степени рассматриваться и в работах советских философов. Ее поддерживает Ю. В. Сачков<sup>\*\*\*</sup>. В. С. Тюхтин<sup>\*\*\*\*</sup> отмечает, что наиболее общее определение информации – это разнообразие. К. Е. Морозов<sup>\*\*\*\*\*</sup> указывает на связь информации и разнообразия (неоднородности материи). Л. Н. Плющ<sup>\*\*\*\*\*</sup> полагает, что информацией является разнообразие, проявляющееся в машинах, живом веществе и человеческом обществе.

---

\* Глушков В. М. О кибернетике как науке // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. Мысль, 1964. С. 53–54.

\*\* См. Спиркин А. Г. Курс марксистской философии. Мысль, 1966. С. 106.

\*\*\* См. Сачков Ю. В. Проблема структуры материи и вероятность // Структура и формы материи: сб. М.: Наука, 1967.

\*\*\*\* См. Тюхтин В. С. Теория отражения: ее актуальные вопросы // Коммунист. 1966. № 9; *Его же*. Информация, отражение, познание // Наука и жизнь. 1966. № 1; *Его же*. Отражение и информация // Вопр. философии. 1967. № 3.

\*\*\*\*\* См. Морозов К. Е. Философские проблемы теории информации // Философия естествознания: сб. Вып. 1. М.: Политиздат, 1966. С. 401–402.

\*\*\*\*\* См. Плющ Л. Н. Понятие информации // Очерки по философским вопросам биологии и медицины: сб. М., 1966.

Итак, можно сделать вывод, что трактовка информации как разнообразия все больше привлекает внимание ученых. Конечно, существуют и иные, более частные, подходы к определению информации. Следует отметить, что любое такое частное определение обращает внимание на какую-то одну сторону информации, абсолютизирует какое-либо ее свойство или вид. Иногда такая абсолютизация обусловлена анализом ограниченного материала исследования и недостаточно аргументированными исходными положениями. Как правило, всякое ограниченное определение понятия информации не обосновывается логическим и теоретико-познавательным анализом.

Важно подчеркнуть, что, хотя, с нашей точки зрения, информация может быть более глубоко понята на основе концепции разнообразия, наше понимание разнообразия значительно шире, чем у Эшби. По существу, мы отождествляем его с различием, одной из важных философских категорий, лежащей в фундаменте ряда категорий и законов диалектики.

Эшби же мыслит разнообразие (различие) в основном как математическое или кибернетическое\*.

Разнообразие, информация и различие часто будут нами употребляться в одном и том же смысле. Возможно, что эти понятия не полностью совпадают. Например, различие воспринимается скорее как определенное отношение любых двух объектов, а разнообразие как совокупность различий одного и того же объекта. Не доказана еще и возможность полного тождества разнообразия и информации. В конце книги мы попытаемся рассмотреть, в чем совпадают и чем отличаются друг от друга понятия информации и разнообразия. Пока же будем считать, что отличия между упомянутыми понятиями на данном этапе исследований не столь существенны.

---

\* «Самым фундаментальным понятием кибернетики, – пишет Эшби, – является понятие *различия*, означающее, что либо две вещи ощутимо различны, либо одна вещь изменилась с течением времени» (Эшби У. Р. Введение в кибернетику. С. 23). Фундаментальность понятия различия в кибернетике, конечно, не означает, что это чисто кибернетическое понятие. Просто кибернетика более, чем другая наука, использует его.

Категория различия развивалась вначале преимущественно в философском аспекте. Но затем она стала предметом пристального внимания со стороны частных наук.

На наш взгляд, понятие информации в различных дисциплинах конкретизирует определенный аспект понятия различия. И в этом нет ничего неожиданного. История науки дает нам немало примеров того, как те или иные общие положения, входившие в сферу изучения философии, становились предметом исследования специальных наук. Так случилось с пространством и временем, когда возникла классическая механика, а затем специальная и общая теории относительности. Так, в настоящее время развиваются идеи о жизни вне земли, высказанные еще Демокритом и Дж. Бруно, и т. д. Философия порождает и порождает плодотворные идеи, которые нацеливают ученых на поиски правильных путей их решения. В свою очередь развитие специальных наук приводит к обогащению старых философских категорий и к появлению новых. К числу таких новых категорий относятся, например, понятия структуры, системы, симметрии и ряд др. А понятие информации в определенном отношении развивает одну из старых философских категорий – категорию различия.

Любой объект наряду с различием, разнообразием содержит в себе и тождество. Это значит, что разнообразие может быть разбито на определенные классы, где признаком вхождения различия в данный класс являются тождественные стороны. Так, все случайные процессы входят в класс статистических, и их разнообразие в количественном отношении изучается вероятностной теорией информации. Общим, тождественным для всех теорий информации и их приложений является то, что они изучают разнообразие, хотя каждая из них исследует определенный класс, вид разнообразия.

Таким образом, концепция разнообразия обращает внимание на то, что информация имеет место там, где среди некоторого тождества существует или появляется определенное различие. При анализе информации необходимо исходить из взаимосвязи, взаимопревращения различия и тождества.

### СИСТЕМЫ И ИНФОРМАЦИЯ

#### § 5. Сложность, упорядоченность; организация, информация

Понятие *сложности* (или *сложного*) широко употребляется как в естественнонаучной, так и в философской литературе. Между тем это понятие еще не получило достаточно четкого определения и до последнего времени даже не являлось предметом специального исследования в общетеоретическом плане. Что же следует понимать под сложным? Наиболее распространено понимание сложного как суммы частей, элементов. И. Б. Новик пишет: «Сложность прежде всего характеризуется как сложенность из элементов»\*. И далее он различает две модификации такой сложности: аддитивная сложенность (когда свойства совокупности сводятся к сумме свойств элементов) и неаддитивная сложенность – целостность (когда свойства совокупности не сводятся к сумме свойств элементов).

Подход к сложности как к сумме берет начало из математики (хотя там рассматриваются и неаддитивные свойства математических структур). Нетрудно видеть, что в этом случае абстрагируются от качества составляющих совокупность эле-

---

\* Новик И. Б. О моделировании сложных систем (Философский очерк). М.: Мысль, 1965. С. 92.

ментов, – последние мыслятся как однородные (во всяком случае не предполагается их качественное отличие). Такое понимание сложности носит преимущественно количественный характер и не случайно в математике понятие количества рассматривается прежде всего как число элементов множества. Достаточно лишь взаимнооднозначного соответствия между элементами двух множеств, для того чтобы сделать вывод об их одинаковой сложности (мощности). С этой точки зрения одинаково сложны совокупности из пяти искусственных спутников земли и пяти карандашей (ибо каждому спутнику соответствует карандаш, и наоборот).

Понятие неаддитивной сложности связано с учетом качественного отличия составляющих совокупность элементов, их взаимных отношений. Можно предполагать, что эта точка зрения на природу сложного берет свое начало из химии. В химии под сложным веществом понимается такое, которое состоит из различных качественно разнородных химических элементов.

Наличие двух видов, модификаций сложного ставит проблему их объединения на общей основе. Необходимость такого объединения вытекает даже из попыток количественного измерения сложности объектов.

Так, степень сложности объектов, состоящих только из однородных элементов или только из разнородных элементов, легко может быть определена сравнением числа элементов этих объектов, если они относятся к одному и тому же типу (путем установления взаимнооднозначного соответствия между элементами). Но как сравнивать между собой объекты, где одновременно могут быть и одинаковые, и различные элементы при разном количестве и тех и других? Каким образом можно измерить степень относительной сложности таких комбинированных объектов?

Оказывается, формулы количества информации позволяют установить сложность объектов в количественном и в опреде-



ленной степени в качественном отношении<sup>\*</sup>. Наиболее отчетливо это можно показать на примере статистической теории информации.

Если предположить, что в формуле Шеннона вероятности равны, то  $I = \log p$ . Эта формула определяет логарифмическую меру количественной сложности статистических совокупностей.

Но формула Шеннона позволяет в некоторой степени учитывать и качественную сторону сложности. Дело в том, что различные в качественном отношении элементы можно обозначать (кодировать) различными вероятностями. Тогда статистические совокупности, состоящие из одинакового количества элементов, могут иметь различную сложность, которая зависит уже не от количества элементов (случайных событий), а от распределения, различия их вероятностей.

Методы теории информации позволяют определять сложность физических объектов (динамических систем, квантовых ансамблей и т. д.), химических веществ. Наиболее широко классическая теория информации проникла в биологический комплекс наук, где в первом приближении была оценена сложность различных составляющих организма на уровне молекул, клеток, органов. Удалось оценить сложность организмов (от одноклеточных до человека).

Методами теории информации можно измерять и сложность ряда общественных явлений. Французский социолог А. Моль, в частности, показывает, как можно определять сложность социальных групп при помощи упомянутой формулы Шеннона<sup>\*\*</sup>. Так, всякая замкнутая общественная группа (учреждение, предприятие, организация) состоит из определенного числа индивидуумов, принадлежащих к различным категориям. Под категориями индивидуумов понимается выделение их по социальным, про-

---

<sup>\*</sup> На возможность применения теоретико-информационных методов к изучению сложности указывают также Б. В. Бирюков и В. С. Тюхтин в статье «О понятии сложности» (Логика и методология науки: сб. М.: Наука, 1967).

<sup>\*\*</sup> См. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. С. 72–74.

фессиональным и иным признакам (управляющие, рабочие, инженеры и т. д.). Методами статистической теории информации определяется сложность структуры учреждения, предприятия и т. д., характеризуемая многообразием возможных положений индивидуума в группе и информацией, которая необходима, чтобы указать положение, в котором находится индивидуум.

Вполне естественно, что теория информации, впервые наиболее широко использованная в теории связи и других технических дисциплинах, может быть применена и для оценки сложности технических, в том числе и некибернетических, устройств (например, легкового автомобиля).

Важность оценки сложности систем и изучения сложных систем возросла с возникновением и развитием кибернетики, предметом которой служат сложные динамические системы \*.

Оценка сложности самовоспроизводящей системы имеет большое значение для развития теории автоматов. Уже в основополагающей работе Дж. фон Неймана по теории автоматов \*\* ставится эта проблема. Он отмечает, в частности, что сложность современных технических устройств (которая оценивается им по количеству элементов) на много порядков ниже, чем, скажем, организма, мозга человека и т. д. Это обстоятельство важно учитывать при создании различного рода автоматов, имитирующих определенные функции живых существ и интеллектуальные способности человека.

Вообще же поиски методов оценки сложности объектов представляют сейчас большой интерес для биологов, психологов и для ученых других специальностей. Возьмем для примера проблему происхождения жизни. Какой сложностью должна обладать система по отношению к окружающим условиям, чтобы ее можно было назвать живой? Предполагается, что первоначально

---

\* См. Новик И. В. О моделировании сложных систем. Гл. 2.

\*\* См. Нейман Дж. фон. Общая и логическая теория автоматов // Тьюринг А. Может ли машина мыслить? М.: Физматгиз, 1960. С. 59–102.

возникшая на земле самовоспроизводящая молекула должна содержать не менее 200 битов относительно окружающей среды, т. е. относительно более простых химических соединений \*.

Проблема сложности чрезвычайно актуальна и в математике (особенно в связи с развитием вычислительных машин). Методами теории информации оценивается, в частности, сложность математических таблиц \*\*. Эта теория может быть использована и в лингвистике (оценка сложности слов, текстов), в логике (оценка сложности понятий, суждений, теорий и т. д.), в теории познания (оценка сложности системы научного знания) и т. д.

Короче говоря, при помощи теории информации в настоящее время можно измерять степень сложности (и ее различные производные) объектов и явлений неживой и живой природы, общества, мышления.

Не следует, однако, представлять, будто для оценки сложности используется лишь статистическая теория информации. Так, один из самых новейших подходов в теории информации – алгоритмический, развиваемый А. Н. Колмогоровым, исходит из определения количества информации как сложности одного индивидуального объекта относительно другого. При оценке сложности форм логического познания могут быть использованы методы семантической теории информации.

Важно отметить, что представление о количестве информации как о мере сложности объектов не противоречит представлению о нем как о количестве различия, разнообразия. Трактовка информации на основе категории различия является более общей, чем ее понимание как сложности. Для понятия сложности характерно лишь отношение тождества (принадлежности элементов к данному множеству) данной совокупности и отношения различия между элементами (качественного или количественного). Но это

---

\* *Jacobson H.* Information, Reproduction and the Origin of Life // *American Scientist*. 1955. Vol. 43. № 1.

\*\* См. *Витушкин А. Г.* Оценка сложности задачи табулирования. М.: Физматгиз, 1959.

понятие не учитывает порядка расположения элементов во множестве, например, в пространственном, временном или ином отношении. В том случае, когда отношения порядка (отношения предшествования, отношения «больше» или «меньше» и т. д.) налицо, то это обстоятельство делает множество упорядоченным<sup>\*</sup>.

Методы теории информации позволяют учитывать и отношения порядка, так как по существу это определенный вид различия (разнообразия). Не случайно в большинстве работ, где в той или иной степени делается попытка раскрыть смысл понятия информации, ее связывают с *упорядоченностью*.

Понятия сложности и упорядоченности характеризуют, таким образом, элементы множества и простейшие их отношения (отношения качественного и количественного различия, порядка). Однако эти понятия не учитывают всего разнообразия взаимосвязей и других отношений между элементами множества. Другими словами, для того чтобы установить сложность и упорядоченность множества, не имеет значения — находятся ли его элементы во взаимосвязи, взаимодействии или не находятся. Разнообразие взаимосвязей, взаимоотношений элементов во множестве характеризуется, на наш взгляд, другим понятием — *организацией*, родственным понятиям сложности и упорядоченности. При этом понятие информации охватывает все упомянутые типы разнообразия: и разнообразие элементов (сложность), и разнообразие отношений порядка (упорядоченность), и разнообразие любых отношений и взаимосвязей элементов во множестве (организация). Отсюда ясно, что оно является более широким, чем понятия сложности, упорядоченности или организации.

На связь информации с упорядоченностью и организацией указал еще Н. Винер<sup>\*\*</sup>. Некоторые авторы употребляют понятия

---

<sup>\*</sup> Так, множество чисел 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 является упорядоченным, ибо здесь даны отношения  $1 = 1; 2 = 2; \dots; 1 < 2 < 3 < 4 \dots$ . В то же время множество  $a, b, c, d, e$  неупорядоченное, если в нем не введено отношение порядка, при котором, скажем, элемент  $a$  должен предшествовать элементу  $b$  и т. д.

<sup>\*\*</sup> См. *Винер Н.* Кибернетика и общество. М.: Изд-во иностр. лит., 1958. С. 44.

упорядоченности и организации как равнозначные<sup>\*</sup>. Однако, на наш взгляд, в понятии организации, в отличие от понятия упорядоченности, центральным моментом выступает представление о связи. Связь необходимо предполагает наличие того, что связывается, т. е. элементов, частей. Значит, организованное множество обязательно должно быть сложным. Кроме того, связь обязательно включает в себя и отношение порядка, ибо связь невозможна без этого отношения, тогда как последнее без связи возможно.

На значение связи, зависимости для понятия организации обращает внимание У. Р. Эшби<sup>\*\*</sup>. Дж. Ротштейн<sup>\*\*\*</sup> также отмечает, что понятие организации необходимо включает в себя связь, взаимодействие частей целого. Где нет этой связи, взаимодействия, там нет и организации, а имеется просто совокупность индивидуальных элементов, изолированных друг от друга. Итак, понятие организации необходимо предполагает наличие элементов множества в их взаимосвязях и отношениях, а следовательно, включает в себя такие свойства множества, как сложность и упорядоченность<sup>\*\*\*\*</sup>.

Если разнообразие элементов множества определяет степень его сложности, а разнообразие отношений порядка – степень его упорядоченности, то разнообразие любых типов отношений и любых типов связей характеризует степень организации совокупности. Степень организации может быть определена как нулевая, если элементы совокупности не находятся между собой ни в каких связях и отношениях. Нетрудно видеть, что таких объектов внешнего мира, элементы которых не находились бы в связи и отношениях, не существует. В любом объекте действительности любые два элемента каким-то образом всегда взаимо-

---

\* См., например, Эшби У. Р. Принципы самоорганизации // Принципы самоорганизации: сб. М.: Мир, 1966. С. 316.

\*\* См. Принципы самоорганизации: сб. С. 315.

\*\*\* Rothstein I. Communication, Organization and Science. Colorado, 1958, P. 34.

\*\*\*\* Упорядоченность можно еще определить как сложность элементов и отношений порядка, а организацию – как сложность элементов, их отношений и связей. Такое применение понятия сложности фактически имеет место в работах по кибернетике.

связаны. Однако они могут не находиться в каких-либо данных связях и отношениях (скажем, механических или электромагнитных). С этой точки зрения, любые объекты во Вселенной имеют организацию, однако в том или ином конкретном отношении организация может отсутствовать или количественно измеряться различной степенью.

Рассмотрим некоторую совокупность из конечного числа элементов. Если в этой совокупности хотя бы два элемента находятся во взаимосвязи и взаимных отношениях, то степень организации такой совокупности отлична от нулевой. Чем больше элементов в совокупности вступает во взаимосвязь (отношения) с другими элементами, тем выше становится степень организации совокупности. И наконец, степень организации объекта на данном уровне оказывается максимальной, когда любой элемент его взаимодействует (находится в отношении) с любым другим элементом. В соответствии с этим совокупности могут быть неорганизованными, частично организованными и полностью организованными (в том или ином отношении).

В количественном отношении степень организации может измеряться формулами теории информации. Однако для этой цели можно использовать не всякую формулу. Это относится, в частности, к известной формуле Шеннона (абсолютной негэнтропии). В самом деле, максимальная степень организации достигается при максимальной взаимозависимости составляющих данного объекта. Для статистической совокупности в этом случае формула Шеннона дала бы минимальное количество информации, а если бы события совокупности оказались независимыми друг от друга – максимальное количество информации, так как увеличение статистической связи между составляющими системы ведет к уменьшению количества информации.

Более адекватно степень организации объектов измеряется с помощью формулы относительной негэнтропии, предложенной

К. Шенноном для определения количества информации непрерывных совокупностей.

Таким образом, теория информации может послужить своего рода базой для исчисления организации. Как отмечает К. М. Хайлов, «приняв за единицу организации интеграцию (связь) двух элементов системы, можно показать, что она отвечает единице информации в двоичной системе исчисления»<sup>\*</sup>.

Полное же измерение степени организации требует не одной простой формулы количества информации, а сложной формулы, где каждый член учитывает свой вид разнообразия, например, первый – разнообразие элементов, второй – разнообразие связей, третий – разнообразие отношений порядка, четвертый – другой класс отношений (топологических, функциональных и т. д.). Следует отметить, что такие формулы уже существуют (работы Э. Тракко, М. и М. Е. Валенти-нуцци и др.).

Еще до создания теории информации полагали, что можно измерить степень упорядоченности и организации при помощи методов термодинамической энтропии. Однако термодинамическая энтропия учитывает лишь один класс разнообразия – разнообразие, связанное с тепловым движением. Поэтому неправильно связывать степень организации и даже степень упорядоченности объектов высоких ступеней развития лишь с термодинамической энтропией. Как отмечает, например, М. Дж. Клейн, «степень порядка в системе, которая измеряется при помощи энтропии (низкая энтропия соответствует высокому порядку), не то же самое, что степень организации систем в том смысле, в котором он употребляется биологами»<sup>\*\*</sup>.

---

<sup>\*</sup> Хайлов К. М. Биологическая организация, эволюция и энтропия // Проблемы исследования систем и структур: сб. [материалов к конф.]. М., 1965, с. 99.

<sup>\*\*</sup> Klein M. J. Order, Organization and Entropy // The British Journal of the Philosophy of Science, 1953. Vol. IV, № 4. P. 160. Эти вопросы рассматриваются также в статье К. М. Хайлова: Упорядоченность биологических систем // Успехи современной биологии. 1966. Т. 61. Вып. 2.

В процессе прогрессивного развития материальных систем одни классы разнообразия могут сужаться, другие увеличиваться. Но общее количество разнообразия всех классов на прогрессивной линии развития, несомненно, растет. И это увеличение количества разнообразия не может быть учтено лишь методами термодинамической энтропии. Уже в области биологических явлений представления термодинамики оказываются по меньшей мере ограниченными, а в области общественных явлений вообще неприменимыми. Между тем методы теории информации позволяют определять степень упорядоченности (или сложности), организации любых объектов и явлений.

Упорядоченность, организация реальных объектов может быть различных видов. В зависимости от отношений порядка, связи элементов системы подчиняются различным закономерностям. Очевидно, что для оценок упорядоченности и организации разных объектов должны выбираться различные теории информации. Поэтому сравнение степени организации, упорядоченности объектов, подчиняющихся качественно различным закономерностям, строго говоря, возможно лишь в определенном диапазоне их качественных изменений. Однако из этого не следует, что в принципе нельзя сравнивать и далекие друг от друга объекты по степени организации, упорядоченности. Ведь мы можем выделить некоторый класс разнообразия, общий для рассматриваемых качественно различных объектов, и применить к ним теоретико-информационный метод.

Необходимо указывать не только класс разнообразия, по которому сравниваются между собой объекты, но и начало отсчета этого разнообразия, начальный уровень различия. Например, в организме количество информации окажется существенно различным в зависимости от того, на каком уровне ведется отсчет – на уровне органов, клеток, молекул, атомов или элементарных частиц.



Рассмотренный выше информационный количественный критерий оказывается достаточно универсальным, если исходить из весьма общего понимания информации как разнообразия, а само разнообразие понимать не упрощенно, (скажем, лишь как разнообразие элементов), но и как разнообразие связей, отношений, функций, свойств и т. д. Универсальность рассмотренного информационного критерия сказывается в том, что он позволяет измерять степень организации всех объектов неживой и живой природы, общества, познания.

Однако, говоря о применении методов теории информации к исчислению организации, было бы неправильным ограничиваться только количественным аспектом информации. Ведь теория информации развивается и в качественном аспекте, и сюда мы относили, в частности, различные варианты семантических и прагматических концепций информации.

Так, ценность информации оказывается важной характеристикой для живых и вообще кибернетических систем, так как она связана с их функционированием, самоуправлением или управлением. В кибернетике считается установленным, что системе для выполнения некоторой функции, связанной с сохранением, устойчивостью, необходимо иметь определенное количество внутреннего разнообразия (закон необходимого разнообразия, сформулированный У. Р. Эшби).

Ценность информации оказывается тем большей, чем меньшее количество разнообразия способно выполнять заданную функцию. Прагматический критерий информации в некотором отношении противоположен количественному критерию, однако лишь тогда, когда сравниваются системы, имеющие различное внутреннее разнообразие и выполняющие одну и ту же функцию. Если же сравниваются системы, выполняющие различные функции, то ценностный критерий уже оказывается малопригодным, здесь для оценки степени организации по-прежнему можно использовать количество информации.

Наконец, в ряде социальных, теоретико-познавательных и логических систем может быть использован и семантический информационный критерий степени организации. Сейчас методы семантической теории информации применяются к измерению в основном смысла простейших форм научного познания – суждений. Однако уже делаются попытки более широко использовать эти методы: измерять с их помощью и довольно сложные лингвистические, логические, семиотические и др. системы. По-видимому, в таких системах следует применять не один какой-либо критерий, а все информационные критерии в комплексе. В некоторой степени этой цели отвечает семиотический информационный критерий, воплощающий в себе единство количественного (синтаксического), прагматического и семантического критериев. Можно думать, что и этот комплексный информационный критерий не является наиболее адекватным, так как сейчас многие свойства информации еще не изучены.

Предлагаемые здесь информационные критерии в теоретико-познавательном плане следует рассматривать не как принципиально различные критерии, а как взаимосвязанные стороны единого информационного критерия, который может быть выявлен во всей своей полноте лишь в ходе дальнейшего развития науки. Применение теоретико-информационного метода к выявлению степени организации, упорядоченности сделает возможной более точную оценку в различных отраслях знания качественной специфики объектов, находящихся на разных уровнях развития материи.

## **§ 6. Теория систем и теория информации**

В литературе, особенно естественно научной и даже философской, понятия организации, структуры и системы употребляются иногда как совпадающие по смыслу. Нам представляется,

что здесь нет терминологической избыточности и что между этими понятиями имеются определенные различия.

На наш взгляд, понятие *системы* уже понятия *организации*. Всякая реальная система обладает организацией, но не всякая организация выступает как система. Под *системой* имеет смысл понимать организованное множество, образующее целостное единство. Такое определение системы в основном совпадает с теми, которые приняты в нашей философской литературе \*. При этом понятие системы отождествляется с понятием целого \*\*.

Система отличается от организации своей отграниченностью от окружающей среды, т.е. критерием в данном случае выступает различие организации системы и внешней среды.

*Структура* есть своего рода инвариант системы. Характеризуя структуру, мы учитываем не все разнообразие элементов, связей, отношений системы, а лишь нечто устойчивое, сохраняющееся. Такая точка зрения на соотношение системы и структуры, к которой мы присоединяемся, развивается, например, Н. Ф. Овчинниковым \*\*\*. Переход от понятия системы к понятию структуры связан уже не с увеличением классов разнообразия, а с его ограничением, выделением инвариантов.

По-видимому, можно говорить не только о структуре системы, но и о структуре сложности (инварианте элементов), структуре упорядоченности (инвариантах элементов и отношений порядка) и структуре организации (инвариантах элементов, связей и отношений).

Понятия сложности, упорядоченности, организации, системы и структуры являются определенными абстракциями, ибо каждый материальный объект и сложен, и упорядочен, и органи-

---

\* См. Садовский В. Н. Методологические проблемы исследования объектов, представляющих собой системы // Социология в СССР. М.: Мысль, 1965. Т. 1. С. 173.

\*\* См. Блауберг И. В. Проблема целостности в марксистской философии. М.: Высш. шк., 1964. С. 53.

\*\*\* См. Овчинников Н. Ф. Принципы сохранения. М.: Наука, 1966 (раздел «Структура»).

зован, отграничен от среды в определенных отношениях и т. п. Говоря, например, об упорядоченности того или иного объекта, мы выделяем лишь различие элементов и их отношений порядка, тогда как другие реальные различия нами игнорируются.

Соотношение понятий сложности, упорядоченности, организации, структуры и системы, рассмотренное здесь, мы можем представить в виде схемы (см. с. 97).

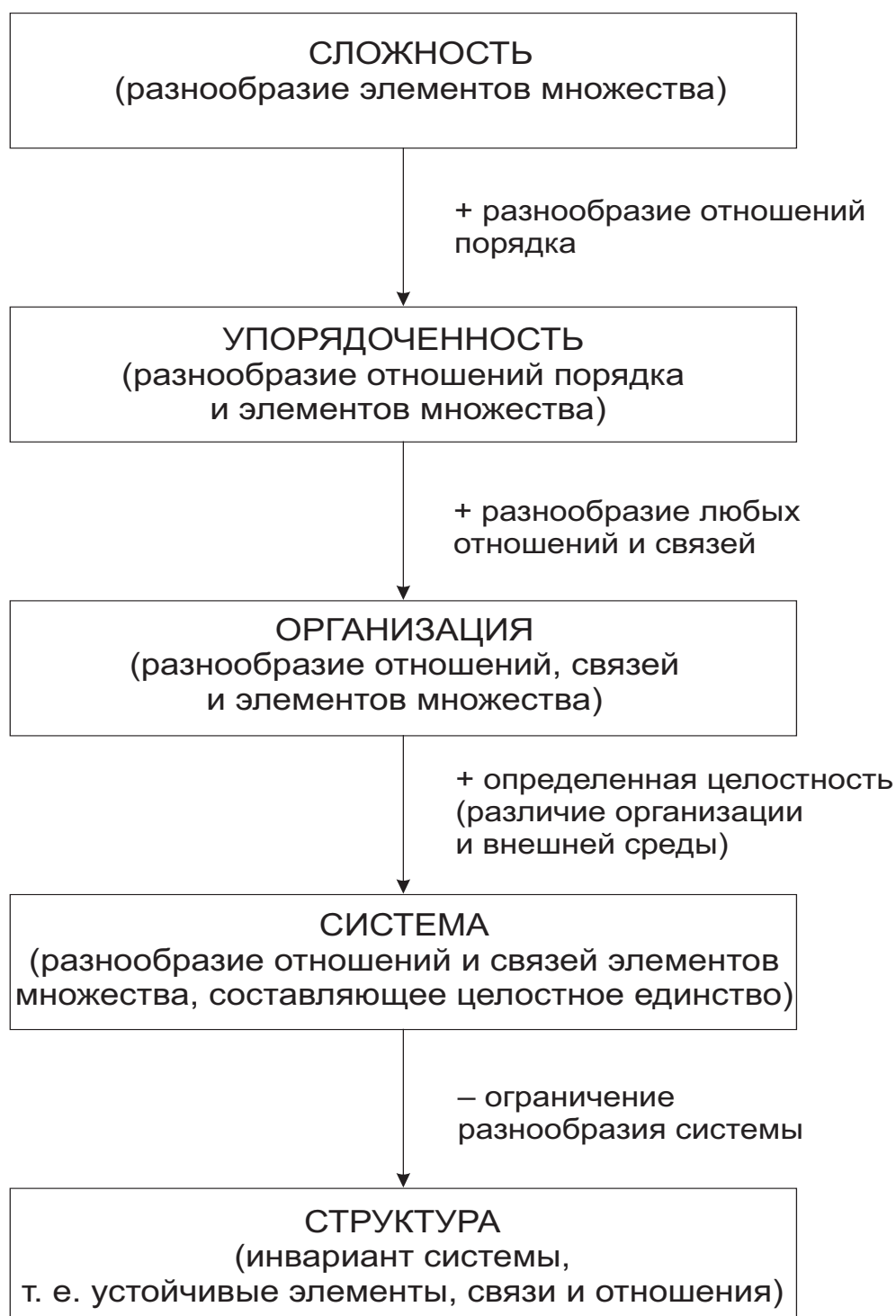
Итак, мы рассмотрели кратко логический генезис понятия системы, который начинается с понятия сложности как сравнительно простого по своему содержанию. Включение все новых классов различий увеличивает содержание каждого следующего понятия и уменьшает его объем. Такая дедуктивная схема построения понятия системы на основе категории различия позволяет сделать вывод о возможности теоретико-информационного подхода к исследованию систем. Действительно, поскольку понятия структуры и системы включают в себя понятия сложности, упорядоченности и организации, то отсюда следует, что методы теории информации применимы и к исследованию систем и структур. Количество информации, заключенное в системе, есть ее количественная, т. е. метрическая, характеристика. Она выражается различными формулами для различных математических структур (систем). На важную роль понятия математических структур обращено внимание французской школой математиков – Н. Бурбаки.

Однако структуры (системы) изучаются не только математикой. Системно-структурный подход проникает во многие естественные, общественные и технические науки. Создается даже *общая теория систем*<sup>\*</sup>, призванная выявить общие законы, действующие в физических, химических, биологических, технических и иных системах. Определенные успехи достигнуты в об-

---

<sup>\*</sup> См. Общая теория систем. М.: Мир, 1966.

ласти изучения биологических систем, особенно в результате работ австрийского ученого Л. Берталанфи \*\*.



\*\* Bertalanffy L. Problems of Life. N.-Y., 1960; Bertalanffy L., Rapoport A. General Systems. I. Michigan, 1960.

Развитие системного подхода прошло ряд этапов, прежде чем удалось выработать общее понятие системы. Наиболее ранние представления о системе носили в основном механический характер, ибо они были связаны с развитием механики Ньютона. Дальнейшее развитие науки привело к отказу от понимания материальных систем как чисто механических. Несостоятельность такого подхода впервые наиболее четко была осознана при исследовании термодинамических систем, которое стало проводиться с применением методов теории вероятностей. Опираясь на атомистические представления, Л. Больцман предложил статистическую интерпретацию энтропии как определенной характеристики микроструктуры газа. Следовательно, понятие *энтропии* тесно связано с развитием понятия системы.

Однако классическая физика изучала в основном закрытые системы. Закрытыми системами в теории систем считаются такие, которые обмениваются с окружающей средой лишь энергией, но не веществом. В таких системах энтропия, согласно второму закону термодинамики, могла только увеличиваться или же оставаться постоянной. Возрастание энтропии закрытой системы соответствует уменьшению упорядоченности. Последнее происходит в результате выравнивания концентраций газов и жидкостей, выравнивания температур и т. д.

В термодинамике энтропия  $S$  в ее статистической интерпретации выражается формулой Больцмана

$$S = k \ln p,$$

где  $k$  – постоянная Больцмана,  $p$  – термодинамическая вероятность.

Термодинамическую вероятность обычно связывают с числом способов, которыми можно осуществить распределение молекул по объему газа, заключенному в сосуде. Наиболее вероятное распределение молекул по объему – равномерное, так как оно достигается максимальным числом способов. Это состояние в термодинамике характеризуется максимальной энтропией. Следовательно, стремление к равномерному распределению, од-

нородности газа есть процесс увеличения энтропии. Согласно второму закону термодинамики, все закрытые системы могут стремиться только к однородности, к уменьшению разнообразия.

С дальнейшим развитием термодинамики возникло понятие *открытой системы*. Последняя может обмениваться с окружающей средой не только энергией, но и веществом. Вообще в мире бесконечно много не только закрытых, но и открытых систем. Открытыми системами являются любые биологические системы – организмы, виды, семейства и т. д. К ним относится также человек, человеческое общество. В открытых системах энтропия может не только увеличиваться, но и уменьшаться. Уменьшение энтропии в системе возникает благодаря отводу ее во внешнюю среду. Так происходит усложнение неживого вещества, например кристаллизация жидкостей, создание из небольших молекул макромолекул и т. д. Подобным образом, видимо, понижается энтропия организма в результате процессов дыхания и питания.

Итак, мы видим, что переход от понятия механической системы к понятию термодинамической системы привел к возникновению понятия энтропии. Дальнейшее расширение понятия системы, рассмотрение открытых систем привело к обогащению наших знаний об изменении энтропии.

Наконец, когда научное познание перешло к изучению широкого класса систем (особенно кибернетических), не связанных только с механическим или тепловым движением, возникло и стало развиваться понятие информации. И это вполне естественно, поскольку понятие информации относится к более широкому классу систем, чем близкое к нему понятие энтропии.

Понятие системы в истории научного знания предшествует понятиям энтропии и информации. Однако наиболее плодотворный этап в развитии системных исследований наступил в связи с развитием кибернетики, которая исследует сложные динамические системы, перерабатывающие информацию.

Что такое кибернетическая система? Согласно Эшби, такого рода система обладает двумя важными особенностями: 1) она замкнута, *непроницаема* для информации и управления, 2) она очень сложна \*.

Замкнутость кибернетических систем для информации не означает, что эти системы закрыты для информации. Закрытость и замкнутость систем – это разные свойства. Понятие замкнутости – это иное выражение устойчивости множества состояний системы. Если на систему действуют какие-либо возмущения (внешние или внутренние) и система при этом изменяется таким образом, что не порождается новых состояний, то говорят, что она устойчива, или замкнута относительно данного возмущения, преобразования. По-видимому, по типу замкнутости систем можно классифицировать типы целостности.

Замкнутая система может быть открытой, взаимодействующей со средой – таковы все кибернетические системы. Но замкнутая система может быть и закрытой – таковы некоторые физические системы, сохраняющие свою энтропию (обратимые процессы). Не следует думать, что система, закрытая в каком-то отношении от среды, устойчива в данном отношении. Дело в том, что источник возмущений – не только внешняя среда, но и внутренняя. В силу этого закрытые системы могут быть и неустойчивыми.

Из связи теории информации и кибернетики с теорией систем, конечно, не следует, что эта последняя, как полагает В. Я. Алтаев, «представляет собой скорее одно из направлений кибернетики, чем самостоятельную науку, включающую в себя кибернетику как одну из составных частей» \*\*. Нам представляется, что общая теория систем в определенном аспекте шире кибернетики, поскольку она изучает не только кибернетические системы.

Кроме определения системы, приведенного выше, существует еще и концептуальное, или логико-лингвистическое. В этом

---

\* См. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. С. 17–20.

\*\* Общая теория систем. С. 10.



случае система понимается как комплекс высказываний об объекте, построенный согласно правилам определенного языка. В сущности, это определение сводится к приведенному ранее, если под элементами понимать термины, отношения между которыми устанавливаются с помощью логических связей.

Говоря об исследовании систем, нельзя не остановиться на такой важной в методологическом отношении проблеме, как проблема упрощения. Понятия, теории и другие формы научного познания выступают как в известном смысле упрощенные образы объективно-реальных явлений. Вместо бесконечного числа свойств, связей, отношений даже одного изучаемого объекта приходится изучать их ограниченное, конечное количество. Короче говоря, любой акт познания из бесконечного количества информации выделяет лишь некоторое конечное количество. Но упрощение объективной реальности в познании не означает, что разнообразие не присуще материи, что оно объективно не существует.

Мы не можем поэтому согласиться с У. Р. Эшби, полагающим «что разнообразие множества не является его внутренним свойством: бывает, что для точного определения разнообразия нужно указать наблюдателя и его способность различения»\*. Разнообразие материальных систем, конечно, является их внутренним, объективным свойством, другое дело, что наблюдатель отражает лишь часть этого разнообразия. Относительность наших знаний, относительность отражения отнюдь не говорит об его субъективности.

Общая теория систем делает попытку выявить некоторые общие закономерности любых систем, поэтому она должна абстрагироваться от их несущественных различий, особенностей, упрощать эти системы. Фактически такое упрощение есть выделение устойчивых элементов, их связей и отношений, общих для всех систем. Поэтому теория, изучающая материальные систе-

---

\* Эшби У. Р. Введение в кибернетику. С. 178.

мы, в действительности оказывается теорией структур, а не систем, ибо она исследует инварианты систем.

Необходимость упрощения возникает при изучении любого рода систем, если они достаточно сложны. У. Р. Эшби<sup>\*</sup> показывает, например, что число различных элементов (атомов в видимой вселенной, событий на атомном уровне, происшедших за время существования земли, и т. д.) оказывается близким к  $10^{100}$ . Еще большие числа получаются, если перейти к комбинациям, отношениям элементов и т. п. Поэтому системы, даже состоящие из десятков элементов, в действительности могут характеризоваться астрономическими цифрами. Познание таких систем неизбежно связано с их упрощением. Возникает вопрос о степени этого упрощения. Если степень упрощения окажется низкой, то теория систем эффективна лишь для узкого круга систем, ибо она будет отражать в основном их особенности. Если степень упрощения высока, то упрощение может легко перейти в сверхупрощение, и тогда общая теория систем не будет эффективной для изучения всех достаточно сложных систем. Как справедливо отмечает М. Месарович, «понятия такой теории должны распространяться на достаточно широкий круг систем, и в то же время они должны позволить нам прийти к выводам, содержащим достаточно информации для адекватного понимания рассматриваемого частного случая»<sup>\*\*</sup>.

Проблема упрощения, выбора уровня абстракции общей теории систем до сих пор еще не решена удовлетворительно. Представляется, что существенную помощь в решении этой проблемы могут оказать методы теории информации. Широко известная формула Шеннона есть формула упрощения, перехода от *микроданных* к *макроданным*. А методы  $\epsilon$ -энтропии позволяют изучать даже бесконечные совокупности, что, конечно, без упрощения совершенно невозможно. У. Р. Эшби считает, что «сама по

---

<sup>\*</sup> См. Эшби У. Р. Несколько замечаний // Общая теория систем. С. 10.

<sup>\*\*</sup> Общая теория систем. С. 18.

себе теория информации может рассматриваться как форма упрощения, ибо вместо исследования каждой индивидуальной причины в связи с ее индивидуальным следствием – что является классическим элементом научного познания – она смешивает в общую массу все причины и все следствия и связывает лишь два итога»<sup>\*</sup>.

В следующих главах мы покажем, что методы теории информации позволяют оценивать сложность и простоту законов, теорий и основных понятий науки. Поэтому можно надеяться, что проникновение методов теории информации в системно-структурные исследования окажется весьма полезным.

## § 7. Информация в неживой природе и кибернетических системах

В нашей философской литературе довольно широко распространена точка зрения, согласно которой информация присуща лишь системам живой природы, общества и кибернетическим устройствам, т. е. так называемым кибернетическим системам. Информацию в этом случае обязательно связывают с управлением, считая, что без последнего она не существует. Подобного рода высказывания мы находим у Н. И. Жукова, Л. Н. Плюща, А. М. Коршунова, В. В. Мантатова<sup>\*\*</sup> и некоторых других философов.

Нам представляется, что эта концепция уязвима в естественно-научном и философском отношении. Прежде всего обратим внимание на весьма плодотворные попытки применения теории информации в науках о неживой природе, в частности в физике и химии. Уместно здесь привести мнение ученых, работающих в области применения теории информации в физике.

---

<sup>\*</sup> Эшби У. Р. Системы и информация // *Вопр. философии*. 1964. № 3. С. 83.

<sup>\*\*</sup> См. Жуков Я. И. Информация... (критика рассматриваемой точки зрения частично содержится в нашей рецензии на эту книгу в журнале «Философские науки». 1967. № 3) ; Плющ Л. Н. Понятие информации // *Очерки по философским вопросам биологии и медицины*: сб. М., 1966 ; Коршунов А. М. Мантатов В. В. Гносеологический анализ понятия «информация» // *Методологические проблемы современной науки*: сб. Изд-во МГУ, 1964.

Так, Д. С. Лебедев и Л. В. Левитин пишут: «Еще Л. Больцман и позднее Л. Сцилард придавали термодинамическому понятию энтропии информационный смысл. Однако теория информации, начиная с основополагающих работ К. Шеннона, развивалась вначале как чисто математическая дисциплина. Создавалось впечатление, что закономерности передачи и переработки информации не являются физическими и понятия теории информации не могут быть определены на основе физических понятий. Ошибочность таких взглядов была отмечена еще в 1950 г. Д. Габором<sup>\*</sup>, подчеркнувшим, что «теория информации должна рассматриваться как ветвь физики». Но лишь в классической работе Л. Бриллюэна<sup>\*\*</sup> был сформулирован в общем виде негэнтропийный принцип информации и установлена глубокая связь между физической энтропией и информацией. С точки зрения этого принципа, в его последовательной и положительной форме всякая информация представляется некоторым состоянием физической системы и связана с отклонением ее от термодинамического равновесия. Таким образом, информационные свойства реальных систем могут быть описаны чисто физически и открывается путь для построения последовательной физической теории информации<sup>\*\*\*</sup>.

Конечно, вряд ли можно согласиться с Д. Габором, что теория информации – ветвь физики. Это преувеличение. Теоретико-информационные методы могут быть применены, во всяком случае везде, где применяются теоретико-вероятностные методы. С развитием невероятностных подходов к определению количества информации перспективы их применения еще более расширяются. Методами теории информации будут изучаться свойства про-

---

<sup>\*</sup> *Gabor D. Communication Theory and Physics // The Philosophical Magazine, 1950. Vol. 41. № 7.*

<sup>\*\*</sup> См. *Бриллюэн Л.* Наука и теория информации.

<sup>\*\*\*</sup> *Лебедев Д. С., Левитин Л. Б.* Перенос информации электромагнитным полем // Проблемы передачи информации. Вып. 16 Теория передачи информации. М.: Наука, 1964. С. 5.

странства и времени, чем до сих пор занимались в основном физические теории (например, специальная и общая теории относительности А. Эйнштейна). Итак, физика и теория информации взаимно проникают друг в друга, что в общем ведет к созданию двух основных синтетических дисциплин – особой прикладной физической теории информации (а скорее всего, ряда ее ветвей – термодинамической, квантовой) и информационной физики.

Аналогичный вывод справедлив и для ряда других наук о неживой природе, например для химии. В сфере химических реакций также действуют термодинамические законы, а значит, и здесь приложимы теоретико-информационные методы. При этом их применение не ограничивается рамками тепловых эффектов химических реакций, они позволяют более глубоко изучить и другие стороны химического разнообразия (например, явления изомерии, симметрию и асимметрию химических соединений, процессы химической эволюции на земле и т. д.).

Уже исходя из того, что понятие информации и связанные с ним методы исследования применяются в науках о неживой природе, можно сделать вывод, что информация присуща и системам неживой природы \*.

Здесь возникает аналогия с понятием энергии, которым пользуются ученые-естественники: она отражает определенное свойство физических, химических, биологических и других систем. Почему же в таком случае нельзя полагать, что понятие информации, которое также применяют физики, химики, не отражает объективных свойств систем неживой природы?

---

\* Эта точка зрения представлена в работах: *Глушков В. М.* Мышление и кибернетика // *Вопр. философии.* 1963. № 1 ; *Тарасенко Ф. П.* К определению понятия «информация» в кибернетике // *Вопр. философии.* 1963. № 4 ; *Новик И. Б.* Кибернетика. Философские и социологические проблемы. М: Госполитиздат, 1963 ; *Баженов Л. Б.* О некоторых философских аспектах проблемы моделирования мышления кибернетическими устройствами // *Кибернетика, мышление, жизнь: сб. М.: Мысль, 1964 ; Морозов К. Е.* Философские проблемы теории информации // *Философия естествознания,* М.: Политиздат, 1966. Вып. 1 ; *Гущин Д. А.* К вопросу о природе информации // *Вопросы философии и психологии: сб. Изд-во ЛГУ, 1965. Вып. 1 и др.*

Может быть, потому что неживые тела не используют информацию? Но ведь неживые тела не используют и энергию, в том смысле, в каком ее используют живые существа и человек. Однако мы не станем утверждать, что энергии в неживой природе не существует, а она создается воспринимающей (использующей) энергию системой.

Положение о том, что информация присуща и неживой природе, естественным образом вытекает из концепции разнообразия. Ведь разнообразие свойственно и объектам неорганическим, оно существовало до появления жизни и до человека. Информация как таковая тоже никогда не возникает, она является, по-видимому, таким же неотъемлемым свойством материи, как и пространство, время, движение и т. д. Однако можно говорить о возникновении способности использования информации, т. е. *управления*. Использование информации (а отсюда и такие ее свойства, как ценность<sup>\*</sup>, а затем и смысл) действительно возникает впервые с появлением живых существ как генетически первичных кибернетических систем (хотя элементы, прообразы этого использования можно обнаружить и в неживой природе).

Таким образом, информация в определенном (генетическом) аспекте первична по отношению к управлению.

Исторически сложилось так, что понятие количества информации математически оформилось в связи с понятием энтропии. Энтропия – традиционное понятие наук о неживой природе, и уже это в определенной степени служит аргументом в пользу всеобщности информации. Понятие *управления* же возникло как результат обобщения некоторых закономерностей живой природы, общества и техники. Специалисты в области кибернетики не раз подчеркивали неприменимость понятия управления к неживой

---

<sup>\*</sup> Ценность информации есть единство субъективных (т. е. зависящих от приемника информации) и объективных факторов. Следует говорить не о возникновении информации, а о возникновении ценности информации и соответственно о неразрывной связи ценности (или полезности) и управления.

вой природе (тогда как они же указывают на всеобщность информации).

«Управление не существовало до появления жизни, – пишет академик В. А. Трапезников, – оно возникло вместе с ее зарождением. Этот отличительный признак можно считать более характерной чертой живых организмов, чем наличие обмена с окружающей средой, который может наблюдаться и в неживой природе, или чем материал, из которого построены живые организмы на земле. Ведь никем не доказано, что в иных мирах невозможны иные физико-химические основы живых организмов. Но никто не может оспорить тот очевидный факт, что без систем управления не мог бы существовать ни один живой организм»<sup>\*</sup>.

Из того, что управление впервые возникает на уровне жизни, еще не следует, что неживой природе не присущи элементы управления. Там существуют механизмы, подобные механизму управления по принципу обратной связи<sup>\*\*</sup>. Такие прообразы управления с обратной связью можно найти в физических, химических, геологических и ряде других явлений. Этот прообраз, предпосылку управления предлагается называть квазиуправлением, или авторегуляцией. Авторегуляция – это способность системы возвращаться к прежнему, нарушенному возмущениями состоянию.

Управление есть, конечно, частный случай движения, изменения (а в определенном аспекте и отражения), и понятно, что отдельные признаки, элементы его должны существовать и в неживой природе. С другой стороны, управление есть функциональное свойство определенного уровня организации, структуры материи. В чем же заключается качественное отличие управления от его элементов, признаков, предпосылок (например, таких

---

<sup>\*</sup> Трапезников В. Кибернетика и автоматическое управление // Возможное и невозможное в кибернетике. М.: Наука, 1963. С. 178–179.

<sup>\*\*</sup> См. Петрушенко Л. А. Принцип обратной связи (Некоторые философские и методологические проблемы управления). М.: Мысль, 1967. С. 231.

как авторегуляция и т. п.), которые мы можем обнаружить и в неживой природе?

Известны четыре основных вида движения информации: восприятие, хранение, передача и переработка. Характерным отличием неживой природы от живой является то, что в ней отсутствует весьма важный вид движения информации – ее переработка. Объекты неживой природы могут воспринимать, хранить и передавать информацию в процессе их взаимодействия с другими объектами. Всякое взаимодействие кроме энергетического аспекта имеет и информационный. Любое взаимодействие осуществляется благодаря каким-то материальным носителям – веществу или полю. Движущееся вещество или поле всегда характеризуется каким-либо типом разнообразия, а потому объективно обладает информацией. Информация, которая заключена в структуре, организации объекта, может быть названа *структурной, или связанной* (этот термин употребляет Л. Бриллюэн). Структурная информация необязательно должна передаваться, основное ее содержание – сохранение качественной определенности, структуры данного объекта. Поэтому этот вид движения информации, а именно ее относительный покой (относительно структуры данного объекта), можно считать ее хранением.

Поскольку любые объекты неживой природы всегда взаимодействуют, то в результате они обмениваются информацией с другими объектами, причем включение информации в структуру можно назвать ее восприятием, а отделение элементов от данной структуры и пересылку другим объектам – передачей. Таким образом, можно четко выделить существование трех видов движения информации в неживой природе. Хранение соответствует *связанной* информации, восприятие и передача – так называемой *свободной* информации.

В неживой природе информационные процессы «затемнены» энергетическими, в той или иной степени не выделены из них. Любая система неживой природы участвует в информаци-



онном процессе как бы «всем телом», всей структурой. У нее нет специального органа, отдела, который специализировался бы преимущественно на одном свойстве – информации. В отличие от этого, системы живой природы обладают такой структурой, благодаря которой они способны выделять, использовать информационный аспект взаимодействия (например, нервные клетки, тот или иной тип нервной системы и т. д.).

Способность использования, преобразования информации возникает, по-видимому, уже на стадии раздражимости (возбудимости), т. е. уже у простейших живых существ.

Как отмечают М. Ф. Веденов и В. И. Кремянский, развитие раздражимости «в ходе эволюции связано с появлением способов усиления и преобразования сравнительно слабых воздействий извне и воздействий со стороны компонентов на “верхние ярусы” или на весь организм, а также усиления собственных реакций компонентов. Этим обусловлена чрезвычайно повышенная “чувствительность” живой системы как целого к воздействиям “раздражителей”... Конечно, такие явления возможны только при наличии определенной структуры целого и частей, обеспечивающей легкое высвобождение энергии, накопленной за счет среды»<sup>\*</sup>.

Возможность преобразования информации возникла в связи с появлением особой структуры живого вещества, причем эта особая структура является синтезом, результатом развития структур неживой природы. Отдельные элементы переработки информации, регулирования есть и в объектах неживой природы (например, различного рода цепные реакции: ливни космических лучей в атмосфере, лавины в горах и т. п.). Но они существуют там раздельно друг от друга, порознь, а в живой природе они встречаются в совокупности, что и придает новое специфическое качество биологическим структурам.

---

<sup>\*</sup> Веденов М. Ф., Кремянский В. И. О специфике биологических структур // Вопросы философии. 1965. № 1. С. 90–91.

Характерно, что кибернетика интересуется преимущественно переработкой информации. В. М. Глушков отмечает, что «кибернетика изучает управляющие системы с точки зрения преобразования информации»<sup>\*</sup>. А. А. Ляпунов и С. В. Яблонский подчеркивают, что «очень важной областью кибернетики, по сути дела центральным звеном теоретической кибернетики, является *теория управляющих систем*, т. е. теория устройств, которые осуществляют переработку информации в соответствии с заданным алгоритмом»<sup>\*\*</sup>.

Таким образом, кибернетика преимущественно занимается специальной частью информационных процессов – переработкой информации, которая тесно связана с управлением. Поэтому, говоря об информации и управлении, следует прежде всего подчеркивать взаимосвязь переработки информации и управления.

Как известно, предмет кибернетики обычно определяется через понятие *управления*. Но если управление связано с переработкой информации и представляет собой особое свойство информационных процессов, то отсюда следует, что кибернетику можно определить также на основе понятия *информации*. Такое определение было дано А. Н. Колмогоровым: «Кибернетика изучает машины, живые организмы и их объединения исключительно с точки зрения их способности воспринимать определенную “информацию”, сохранять эту информацию в “памяти”, передавать ее по “каналам связи” и перерабатывать ее в “сигналы”, направляющие их деятельность в соответствующую сторону. Процессы восприятия информации, ее хранения и передачи называются в кибернетике *связью*, переработка воспринятой информации в сигналы, направляющие деятельность машин и организмов, – *управлением*. ...Кибернетику определяют также как науку о способах восприятия, хранения, переработки и ис-

---

<sup>\*</sup> Глушков В. М. О кибернетике как науке // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. С. 54.

<sup>\*\*</sup> Ляпунов А. А., Яблонский С. В. О теоретических проблемах кибернетики // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. С. 66.

пользования информации в машинах, живых организмах и их объединениях»\*.

Правда, вопрос о том, можно или нельзя давать определение кибернетики через понятие информации, – дискуссионный. Высказывают мнение, что кибернетика, в частности, включает в себя такие относительно самостоятельные разделы, как теория информации, теория программирования, теория игр и теория автоматов. Теория информации в этом случае предстает как составная часть кибернетики. В то же время еще никем не доказано, что задачи, решаемые теорией программирования, теорией игр и теорией автоматов, в принципе не могут быть решены теоретико-информационными методами. Не исключено, что в каждой из этих областей можно дать *свое* определение количества и других характеристик информации.

Можно предположить, что все дело еще в недостаточном развитии теории информации. Поэтому исторически сложилось так, что часть задач кибернетики изучается теориями программирования, игр и автоматов. Если бы было показано, что основные методы кибернетики – теоретико-информационные, а другие в принципе не столь существенны, то кибернетика представляла бы собой только часть теории информации.

Но даже если это и не удастся доказать, то и тогда теория информации оказывается в определенном аспекте шире кибернетики, ибо теоретико-информационные методы применимы и к изучению неживой природы, а кибернетика связана с изучением некоторых технических устройств, живых организмов и общества. Современная кибернетика не занимается исследованием процессов, протекающих в неживой природе, так как там нет управления.

Графически современное соотношение между теорией информации и кибернетикой можно представить в виде двух пересекающихся окружностей.

---

\* Колмогоров А. Н. Кибернетика // БСЭ. Изд. 2-е. Т. 51. С. 149.



Обе теории имеют некоторую общую часть. Совместятся ли эти окружности в дальнейшем? Включит ли теория информации в себя кибернетику? Ответ на этот вопрос может быть получен в ходе дальнейшего развития науки.

А сейчас можно лишь отметить, что обе теории взаимосвязаны, но ни одна из них не является только частью другой. Из сказанного следует, что нельзя информацию считать только кибернетической категорией: она носит более широкий, можно сказать общенаучный, характер.

Остановимся несколько подробнее на характеристике процессов регулирования и управления в кибернетических системах. Кибернетические системы используют для регулирования и управления объективно существующее разнообразие. Поэтому исходным понятием для анализа процесса управления может служить понятие информации как разнообразия.

Выше уже упоминалось, что на систему могут действовать возмущения. Что же такое возмущение? Эшби определяет его как то, что переводит систему из одного состояния в другое. Поскольку состояние системы характеризуется определенным разнообразием (информационным содержанием), то перевод системы из одного состояния в другое есть изменение ее разнообразия. Однако не всякое изменение состояния системы совместимо с ее существованием. Так, кошка может поймать мышь и съесть ее. Такое возмущение системы *мышь* ведет к ее уничтожению. Это пример внешнего возмущения, но существуют и внутренние возмущения, например, нарушение функционирования какого-либо органа внутри системы, которые также могут оказаться причиной ее гибели.

Поэтому существование системы возможно лишь в определенном диапазоне изменения ее состояний. Так, из множества возможных состояний системы «мышь» лишь те совместимы с ее

существованием, которые находятся в пределах допустимых. Поэтому для сохранения своего существования мышь должна ограничивать разнообразие своих состояний – убегать от кошки и т. д.

Если состояние системы находится в пределах допустимых состояний, будем говорить, что она устойчива (или замкнута) относительно данных возмущений. Устойчивость системы может быть достигнута, во-первых, если на пути разнообразия возмущений ставится пассивная преграда, во-вторых, если возможна активная защита от него.

Первый способ защиты от возмущений применяется живыми существами: примером может служить панцирь черепахи или раковина рака-отшельника. Однако основным способом сохранения устойчивости кибернетических систем является активная защита, состоящая в том, что между системой и возмущениями ставится регулятор. Основная функция регулятора – ограничение возмущений, действующих на систему. Степень ограничения разнообразия возмущений определяет степень регулирования.

Предположим, что на некоторую систему действует возмущение, разнообразие которого равно четырем, а среди множества состояний системы лишь одно является допустимым. Для обеспечения устойчивости системы, то есть сохранения лишь допустимого состояния, необходим регулятор, ограничивающий разнообразие возмущений и не пропускающий их к системе. Поскольку регулятор – это не пассивная преграда, то он должен изменяться под действием возмущений. Для того чтобы парировать действия возмущений, разнообразие которых равно четырем, сам регулятор тоже должен обладать разнообразием состояний, равным четырем.

Нет надобности в этом случае использовать регулятор с большим разнообразием – это только усложнит его, но не улучшит регулирование. Если регулятор будет обладать меньшим разнообразием, то он не сможет справляться с возмущениями. Так, если в приведенном нами примере регулятор будет иметь

разнообразии состояний, равное двум, то число состояний системы увеличится и превысит число допустимых состояний.

Управление отличается от регулирования тем, что дает возможность изменять состояния системы, например, по некоторой программе. Если регулирование обеспечивает заданную устойчивость системы, то управление может изменять состояния системы, но обязательно посредством совершенного регулятора. Управление возможно только на базе регулирования – последнее является необходимым элементом управления.

Рассуждая о регулировании, мы исходили из того, что разнообразие возмущений известно. Однако в действительности это разнообразие часто бывает неизвестным. Даже если бы каждая кибернетическая система была бы снабжена устройством типа *сверхразума (демона)* Лапласа, то и в этом случае она не могла бы «знать» всех возмущений, которые могут на нее подействовать. Причина такой «неосведомленности» заключается в объективном существовании случайных явлений, возмущений. Поэтому в большинстве случаев о возмущениях кибернетическая система *узнает* лишь после их действия, т. е. тогда, когда система переведена из устойчивого, заданного состояния в другое, отличное от него.

Различие между заданным и действительным разнообразием состояний системы (между целью и результатом) оказывается *сигналом* для приведения в действие регулятора. Использование этого сигнала возможно лишь при наличии обратной связи между регулятором и системой управления. При этом обратная связь является отрицательной, если различие между заданным и действительным состоянием уменьшается, и положительной, если такое различие увеличивается. Кибернетическая обратная связь всегда неотделима, таким образом, от регулирующего воздействия, которое обусловлено передачей информации (в виде сигнала о различии между заданным и действительным состоянием системы). Суть принципа обратной связи, как отмечает Л. А. Пет-

рушенко<sup>\*</sup>, заключается в том, что любое отклонение системы управления от заданного состояния служит источником возникновения в системе нового движения, всегда направленного таким образом, чтобы поддерживать систему в заданном состоянии. Управление, основанное на принципе обратной связи, фактически является самым фундаментальным типом управления.

Управление в кибернетических системах можно разделить в определенном отношении на три типа: 1) самосохранение; 2) саморазвитие (самосовершенствование); 3) самовоспроизведение. Все упомянутые типы управления связаны с различными классами разнообразия и с различными видами генетического тождества (имеется в виду тождество сохраняющихся сторон кибернетических систем, между которыми существует генетическая, историческая связь).

Если конечная цель управления заключается только в сохранении целостности, качественной определенности кибернетической системы, то такое управление есть управление самосохранения (или гомеостатическое). Примером этого типа управления может служить самосохранение любого нормального организма в его зрелом возрасте, нормальное функционирование большинства кибернетических устройств, имеющих управление по принципу обратной связи. Характерная черта этого типа управления – сохранение информационного содержания (т. е. количества информации) структуры кибернетической системы и постоянство цели управления. Поскольку при самосохранении кибернетическая система остается тождественной самой себе лишь в структурном аспекте, назовем этот тип тождества генетическим тождеством первого рода.

Саморазвитие – более сложный тип управления. С точки зрения самосохранения, необязательно совершенствование, прогресс кибернетической системы, накопление структурной информации. Для самосохраняющихся систем вполне достаточно,

---

<sup>\*</sup> См. Петрушенко Л. А. Принцип обратной связи. С. 143.

чтобы с течением времени их структура не изменялась. Требование же накопления структурной информации предполагает переход к более высокому типу тождества, включающему в себя больше различий, нежели предыдущий тип генетического тождества. Кибернетическая система, саморазвиваясь, прогрессируя, может уже изменять свой конкретный тип целостности, качественной определенности, в то же время в генетическом аспекте оставаясь самой собой. Этот тип тождества можно назвать генетическим тождеством второго рода. Примером саморазвивающихся кибернетических систем является эмбриогенез (процесс зародышевого развития любого организма), прогрессивная филогенетическая эволюция животных, кибернетические устройства, обладающие *способностью* к самообучению.

Еще более сложный тип управления – самовоспроизведение. Наиболее полно он изучен в биологии, хотя свойствен и обществу (экономике, науке, культуре и т. д.). Самовоспроизведением не обладают современные кибернетические устройства, так как у них нет такой степени организации, которая присуща биологическим и социальным системам. Хотя процессы самовоспроизведения имеют различные формы, общим для них является то, что при сохранении или даже увеличении структурной информации одной системы ею порождается другая система, причем эта последняя генетически тождественна первой и обладает способностью саморазвития. Упомянутый тип тождества следует назвать генетическим тождеством третьего рода.

Во всех рассмотренных выше процессах управления проявляется диалектическая взаимосвязь тождества и различия. Во-первых, сама классификация тождеств, связанных с различными типами управления, может быть основана на наличии в них тех или иных различий. Во-вторых, поскольку рассматриваются определенные тождества информационных содержаний структур, то это не что иное, как тождество определенных различий. В-третьих, тождество различий (информационных содержаний



структур) отнюдь не предполагает статического сохранения элементов, связей, отношений структуры, а, наоборот, их изменение и замену. Здесь сохранение обязательно предполагает изменение, а тождество структуры в одном отношении есть ее изменение в других отношениях.

Общий вывод, который можно сделать, свидетельствует о том, что управление всегда связано или с сохранением, или с увеличением структурной информации системы. Однако этот вывод нельзя абсолютизировать и считать, что если данная кибернетическая система имеет управление по принципу обратной связи, то ее информационное содержание не может уменьшаться. Дело в том, что управление в системе обычно осуществляется лишь в отношении определенных возмущений, а другие возмущения не устраняются. В результате, несмотря на наличие управления, общее информационное содержание системы может снижаться. Так, современные кибернетические устройства, имеющие управление по принципу обратной связи, *настроены* лишь на определенные возмущения, тогда как многие другие возмущения выводят их из строя, и их *ремонт* занимается человек. Аналогичные примеры можно привести из области живой природы – приспособление к паразитическому образу жизни ведет к общему снижению информационного содержания организма, хотя в ряде отношений организм функционирует нормально. Таким образом, управление связано с сохранением или повышением количества информации лишь в определенном отношении.

Для того чтобы система увеличивала или сохраняла свое информационное содержание по отношению ко все большему количеству возмущений, необходимо все большее число управляющих систем. Но возрастание в кибернетической системе числа управляющих систем ведет к увеличению структурной информации, а это требует появления новых управляющих систем и т. д. Именно так происходит эволюция таких кибернетических систем, как живые организмы.

## § 8. Информационный критерий развития систем

Понимание информации как разнообразия тесно связано с наиболее общими представлениями о движении как изменении. Объективно всякое различие есть или само изменение, или его результат. Однако объем понятия изменения уже объема понятия различия. Различия существуют, например, и в одновременно сосуществующих объектах. Поэтому, когда мы смотрим на два рядом стоящих дома, то замечаем их различие. Но это различие не является изменением, движением. Движение (изменение) обязательно связано с временным различием, тогда как предметы могут различаться и в пространственном, и в другом отношении.

Движение является, как известно, атрибутом материи неотъемлемо присуще материи и такое ее свойство, как различие. Поскольку понятие информации трактуется на основе категории различия, можно предположить, что информация также имеет атрибутивный характер. Связь понятий движения и информации, в частности, такова, что позволяет нам результат движения отображать методами теории информации.

Это имеет важное значение для изучения процессов развития, дает возможность выработать информационный критерий, позволяющий устанавливать степень развития той или иной системы.

Прежде всего остановимся на самом понятии *развития*. Известно, что в настоящее время существуют самые различные определения этого понятия. Первоначально развитие отождествлялось с прогрессом. Такую точку зрения до сих пор можно встретить в философской литературе. Некоторые включают в развитие и регрессивные изменения. Развитие определяется и как процесс необратимых качественных изменений структуры той или иной системы. Существуют и другие определения понятия развития. Они в определенной степени являются результатом обобщения материала конкретных областей науки. Это значит, что понятие развития имеет свое специфическое содержание, что оно не рас-

творяется в понятии движения. И все же, хотя различать данные понятия необходимо, часто предлагаемые критерии этого различия не являются достаточно обоснованными.

Так, определение развития только как прогресса не может выполнять методологическую функцию, например в астрономии \* и в ряде других наук.

Уязвимы и другие определения развития, например представление о нем как лишь о качественном изменении или же выделение в качестве его специфического признака необратимости изменений. Ведь необратимость – это признак не только развития, но и вообще любого движения, в том числе и механического. Это хорошо показал Л. Бриллюэн в книге «Научная неопределенность и информация». Необходимо либо уточнить, чем необратимость движения отличается от необратимости развития, либо предложить иной критерий отличия развития от движения.

Нам представляется, что, пока не найдено адекватного критерия отличия этих понятий, не будет ошибкой при анализе процессов развития методологически исходить из более широкого понятия – движения, которое не противоречит ни одному из существующих определений развития и под которое можно подвести любые его формы.

Определение развития на основе понятия движения дает возможность пользоваться для фиксации результатов развития информационным критерием, т. е. изменением различий.

Поскольку далее рассматривается лишь развитие каких-либо конкретных систем, то под развитием данной системы понимаются ее внутренние изменения или изменения внутреннего разнообразия. Если внутреннее разнообразие системы не изменяется, то в этом случае движение системы относительно других систем будет *чистым* движением. Вместе с тем оно может изменить внутреннее разнообразие более *широкой* сис-

---

\* См. Всехсвятский С., Казютинский В. Рождение миров (Философские проблемы современной космогонии). М.: Госполитиздат, 1961.

темы, куда входит данная система – тогда оно выступит как развитие.

Разнообразие, как отмечалось выше, имеет различные уровни, классы и т. д. Внутренне оно может изменяться на уровне: элементов, отношений порядка и любых других отношений и связей, целостности и т. д.

Кроме того, возможны различные направления самого изменения разнообразия. Можно выделить, например, такие формы, как восходящее развитие (или прогресс), нисходящее развитие (или регресс).

Под восходящим развитием, или прогрессом, понимается увеличение внутреннего разнообразия систем. На языке теории информации это означает накопление информации. Нисходящая ветвь развития, или регресс, означает уменьшение внутреннего разнообразия систем, или уменьшение количества информации. В свою очередь, прогрессивное или регрессивное развитие может быть бесконечным или конечным, прогрессивное развитие может сменяться регрессивным или регрессивное – прогрессивным и т. д.

Изменение информационного содержания систем – это количественный критерий развития. Он не является единственным, возможны и другие критерии, устанавливаемые на основе теории информации. Само собой разумеется, мы не считаем информационный критерий единственным или универсальным критерием развития. Существуют и могут еще выявиться и другие, менее общие критерии, позволяющие определять уровень развития тех или иных явлений.

Применение информационного критерия развития предполагает умение производить системно-структурное исследование, т. е. выявлять сложность, упорядоченность, организацию или структуру системы, ее внутреннее разнообразие.

Зная разнообразие системы в один момент времени, то есть состояние системы, мы можем определить, как изменилось это разнообразие (состояние) в другой момент времени. Если это

разнообразии увеличилось на уровне элементов системы, то можно сказать, что на этом уровне система развивается прогрессивно. Если в этой же системе произошло уменьшение связей, то мы говорим, что на уровне организации объект развивается регрессивно. Количество разнообразия, заключенное в системе, т. е. степень сложности, упорядоченности, организации, определяет степень развития системы в данном отношении.

Степень развития выступает как главная характеристика развития, с точки зрения информационного критерия. Зная степень развития в различные моменты времени, мы всегда сможем определить направление развития. Если нам известно количество информации в системе, мы всегда можем установить его изменение во времени, т. е. темпы развития.

Информационный критерий развития позволяет более точно определять различные характеристики развивающихся систем. Теперь, характеризуя, например, прогрессивное развитие, мы можем не ограничиваться утверждением, что прогресс – это переход от простого к сложному, от низшего к высшему. Изучив внутреннее разнообразие одной системы (более простой) и сравнив его с внутренним разнообразием другой системы (более сложной), мы можем довольно точно установить степень простоты или степень сложности систем. Вообще, с точки зрения информационного критерия развития, та из сравниваемых систем оказывается более высокоразвитой, которая содержит большее разнообразие на всех его уровнях. Сравнивая системы, мы можем обнаружить, что одна из них может быть более развитой в одном отношении, на одном уровне, тогда как другая будет более развитой в другом отношении. Информационный критерий открывает широкие возможности сравнительного определения степени развития систем как близких по степени развития, так и весьма далеко отстоящих друг от друга.

Исследуя конкретную материальную систему, особенно очень сложную, мы отображаем не все разнообразие, а лишь его

часть. Поэтому наши знания о степени развития очень сложных, например живых систем, являются еще недостаточно адекватными. Как уже отмечалось, из этого не следует делать вывода о субъективности или непригодности информационного критерия развития.

Теоретико-информационный метод изучения развития систем позволяет соединять структурно-системный и генетический (исторический) подходы. И в этом одно из существенных его преимуществ. «Единство обоих подходов, – отмечает Б. М. Кедров, – дает возможность, сначала гипотетически, а затем все увереннее проникать в сущность изучаемых явлений в таких условиях, когда у одних недоступна для непосредственного изучения их предшествующая история, а у других – их современная структура» \*. На основе информационного критерия развития мы сможем в будущем сравнивать, например, степень развития неземных организмов с земными и даже строить предположения о развитии первых \*\*.

Стремление соединить системно-структурный и генетический подходы было ярко выражено уже в попытках классификации форм движения материи. Все же концепция форм движения материи не достигла еще необходимого единства системно-структурного и генетического аспектов. Известный шаг вперед был сделан созданием концепции *эволюционного ряда*, или *ряда развития* (правда, пока лишь для прогрессивного развития).

Под ступенями развития материи имеются в виду наиболее общие материальные системы, которые последовательно появлялись друг за другом в процессе прогрессивного развития материи (разумеется, речь идет лишь об известной нам части вселенной). Ступеней развития материи бесконечно много. Поскольку

---

\* Кедров. Б. М. Методологические проблемы естествознания (О теоретическом синтезе в современной науке): материалы к симп. «Диалектика и соврем. естествознание. Вып. 4. М.: Наука, 1966. с. 17.

\*\* Это преимущество информационного критерия развития специально рассматривалось в работе «Освоение космоса». Гл. IV.

человечество появилось сравнительно недавно (по космическим масштабам времени), то нам известны всего пять наиболее общих ступеней: дозвездная (возможно, галактическая или метagalактическая), звездная, планетная, биологическая и социальная \*. Каждая последующая ступень развития появилась из предшествующей, и в этом смысле их появление упорядочено во времени.

Каждая ступень характеризуется структурой (организацией), элементами которой являются определенные дискретные единицы (элементы). Так, для дозвездной (метagalактической, галактической) ступени за структурную единицу можно принять элементарные частицы, для звездной – атомы, для планетной – молекулы, для жизни – клетку (или организм) и для общества – человека. Структурная единица – это появляющийся именно на данной ступени развития основной ее элемент. Ступени развития, по сути дела, являются системами, поскольку они удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к системам.

Характерно, что количество информации в ступенях развития и во всех структурных единицах увеличивается. Это положение удалось доказать, используя концепцию разнообразия, т. е. дополнив качественный аспект ряда развития количественным, теоретико-информационным. В данном случае относительно подробно изучалось лишь одно из направлений развития материи – восходящая ветвь (причем в основном на уровне сложности).

В последнее время в нашей литературе высказываются мнения о количественных критериях развития, близких к информационному. Так, Л. В. Смирнов полагает, что «величина негэнтропии системы является во многих случаях критерием развитости объекта, и направление развития совпадает тогда с линией возрастания негэнтропии» \*\*.

---

\* См. *Фаддеев Е. Т.* Некоторые философские проблемы освоения космоса // Диалект. материализм и вопр. естествознания: сб. Изд-во МГУ, 1964.

\*\* *Смирнов Л. В.* Математическое моделирование развития // Вопр. философии. 1965. № 1. С. 73.

Конечно, развитие не сводится к прогрессу, а лишь на прогрессивной линии и происходит в ряде случаев возрастание негэнтропии. Кроме того, критерий возрастания негэнтропии не распространяется на все прогрессивное развитие. Ведь негэнтропия (если ее понимать только в термодинамическом смысле) определяет увеличение лишь одного класса разнообразия, связанного с тепловым движением, именно того, которое изучается термодинамикой. Если негэнтропия (в термодинамическом, статистическом смысле) уменьшается, то это еще не означает регресса, так как могут увеличиваться и иные классы разнообразия. И, следовательно, система в термодинамическом отношении будет регрессировать, а в другом отношении развиваться прогрессивно. Вряд ли можно согласиться с Л. В. Смирновым, когда он говорит, что «математическое представление о развитии является по своей природе теоретико-вероятностным»<sup>\*</sup>. Наиболее широкое математическое представление о развитии теоретико-информационное. Его частный случай: теоретико-вероятностная модель описывает лишь одну из сторон процесса развития.

Иногда полагают, что критерием развития в неорганической природе может служить выделение или поглощение энергии. Реакции, идущие с выделением энергии, называются экзотермическими, а с поглощением энергии – эндотермическими. Как правило, образование химической связи всегда сопровождается выделением энергии, а разрыв ее требует затраты энергии. Поэтому образование, например, молекул из атомов всегда экзотермично, а обратный процесс эндотермичен. Однако процесс образования молекулы сложного вещества путем превращения молекул других веществ может быть и экзо- и эндотермичным. Например, получение аммиака сопровождается выделением энергии, а соединение углерода с серой связано с поглощением энергии. В обоих случаях происходит усложнение вещества, но процесс в одном случае экзотермичен, в другом –

---

<sup>\*</sup> Там же.



эндотермичен. Отсюда ясно, что выделение или поглощение энергии не может служить указателем направления развития, так же как и изменение энтропии.

И все же в неживой природе накопление информации довольно часто происходит в форме увеличения термодинамической негэнтропии (особенно в физическом движении). Это кристаллизация жидкостей, поляризация диэлектрика при взаимодействии с электрическим полем, образование атомов из элементарных частиц и т. д.

Изменение разнообразия в атомах можно измерять и на уровне разнообразия элементов, т. е. по степени их сложности. В атомах, т. е. химических элементах, разнообразие составляющих растет при движении от простейшего из них – водорода далее к 104-му элементу. Водород, например, состоит только из протона ( $p$ ) и электрона ( $e$ ), гелий состоит из двух протонов ( $2p$ ), двух нейтронов ( $2n$ ) и двух электронов ( $2e$ ), литий имеет состав ( $3p + 4n + 3e$ ), бериллий ( $4p + 5n + 4e$ ) и т. д. По современным представлениям, протоны в атоме не различаются между собой (считаются тождественными), то же самое относится к нейтронам. Поэтому увеличение протонов и нейтронов с точки зрения теории информации, не ведет к увеличению разнообразия, а лишь увеличивает избыточность. Однако, поскольку количество электронов в нормальном атоме равно количеству протонов, увеличение числа протонов в ядре атома ведет к увеличению числа электронов. Электроны же в атоме все различны в силу принципа Паули – каждый электрон отличается от другого хотя бы одним квантовым числом. В то же время и увеличение нейтронов в ядре ведет в общем к отличию атомов даже при одном и том же количестве протонов и электронов в них (изотопы). Следовательно, увеличение элементарных частиц в атомах обуславливает в конечном счете рост разнообразия химических элементов, которых вместе с их изотопами насчитывается около полутора тысяч.

Образовав из элементарных частиц нечто целое, качественно новую систему, отличающуюся от простой суммы элементарных частиц, атомы вступают между собой в различные комбинации. И в результате происходит увеличение разнообразия новых систем – молекул. Свойства молекул зависят не только от качественного и количественного различия атомов в молекуле, но и от порядка (последовательности) их расположения и связи.

Особенно большим количеством информации обладают так называемые полимеры (макромолекулы), имеющие цепное строение и многократно повторяющиеся звенья молекул. Разнообразие в макромолекулах создается главным образом последовательностью звеньев. Кроме того, макромолекулы образуют различные формы (конфигурации) в пространстве, что также придает им новые свойства (за счет топологического и метрического пространственного разнообразия). Наиболее сложные макромолекулы – это нуклеиновые кислоты и белки. Полимеры нуклеиновых кислот являются неоднородными, аperiodическими, что позволяет им аккумулировать большие количества информации, чем однородным полимерам. Цепь белка (полипептидная цепь) состоит из аминокислотных остатков. Полное количество информации в белке зависит от последовательности аминокислот и от конфигурации полипептидной цепи. По подсчетам, оно составляет около 4,5 бита на аминокислотный остаток\*.

Измерение информационного содержания ряда химических соединений показало, что в результате химической эволюции в общем происходило увеличение количества информации; при этом не следует думать, что увеличились одни и те же классы разнообразия. Некоторые классы разнообразия сужались, другие же, наоборот, расширялись.

Первые живые существа содержали по сравнению с молекулами колоссальные количества информации. Современные

---

\* См. *Ожестин Л.* Структура белка и количество информации // Теория информации в биологии: сб. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. С. 105–109.

оценки, еще, к сожалению, весьма грубые, указывают лишь примерный порядок информационного содержания одноклеточных организмов или яйцеклеток.

В яйце в самом начале его развития можно различить следующие основные структуры. Во-первых, ядро, в хромосомах которого содержатся гены, во-вторых, его окружение – цитоплазму с корпускулярными включениями и, наконец, тонкий поверхностный слой цитоплазмы – кортикальный слой яйца.

В соответствии с этим Х. Равен \* различает ядерную (или генотипическую), цитоплазматическую и кортикальную информацию. Генотипическая информация кодируется в последовательности нуклеотидов в цепи дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и, согласно оценкам, близка к  $10^{10}$  битам в яйцеклетке млекопитающего. Это примерно соответствует библиотеке из 2000 томов. Цитоплазматическая информация, по-видимому, лежит в пределах от  $10^4$  до  $10^{16}$  битов на молекулярном уровне. Количество кортикальной информации не больше  $10^{12} - 10^{13}$  битов. Общее количество информации в яйцеклетке достигает, следовательно, примерно  $10^{12} - 10^{13}$  битов. Необходимо учесть, что в основе этих расчетов лежит предположение, что исследуемая биологическая система (яйцо, одноклеточный организм) носит статистический характер, а в действительности она таковой не является. Кроме того, оценивается максимальное количество статистической информации, так как не учитываются многочисленные избыточные структуры.

Отметим некоторые результаты подсчета количества информации в организме человека, который выполнили американские ученые С. М. Данков и Г. Кастлер. Согласно этим оценкам, человеческий организм на атомном уровне содержит количество информации не более  $2 \times 10^8$  битов, а на молекулярном –  $5 \times 10^5$  битов \*\*. Снижение количества информации при переходе

\* См. Равен Х. Оогенез. Накопление морфогенетической информации. М.: Мир, 1964.

\*\* См. Dancoff S. M., Quastler H. The Information Content and Error Rate of Living Things // Essays on the Use of Information Theory in Biology / University of Illinois Press. Urbana, 1953.

к молекулярному уровню объясняется тем, что сами молекулы уже обладают определенным информационным содержанием на атомном уровне. На основании этих еще приближенных оценок можно сделать вывод, что информационное содержание организма взрослого человека (на атомном и молекулярном уровнях) больше информационного содержания яйцеклетки, из которой он развивается. Таким образом, в процессе исторического развития живого вещества от одноклеточных к человеку произошло колоссальное накопление информации.

Наконец, можно показать, что информация накапливается в процессе развития не только в природе, но и в обществе \* и познании \*\*.

Увеличение количества информации неразрывно связано с изменением качественной определенности систем. В связи с этим до последнего времени мы судили о степени развития лишь по изменению качественных особенностей систем. Очевидно, поэтому и само развитие до сих пор многими понимается лишь как качественное (и в ряде случаев необратимое) изменение. Однако изменение качества систем может быть лишь частным случаем информационного критерия. Другими словами, критерием развития может выступать и качественный аспект информации.

Можно предположить, что степень развития некоторых систем характеризуется, например, ценностью информации (прагматический информационный критерий). Ценность информации как критерий развития относится прежде всего к системам, созданным человеком, и, как мы отмечали, связана с категорией цели. Приведем пример. На смену очень сложным по конструкции поршневым авиационным двигателям пришли более простые – реактивные. Причем последние обеспечивают летательным аппаратам такую скорость и высоту полета, которых невозможно достичь при помощи поршневых двигателей. Очевидно, что соз-

---

\* См. Урсул А. Д. Освоение космоса. Гл. III. § 2.

\*\* См. § 16 данной книги.

дание реактивных двигателей необходимо расценивать как прогрессивное явление. Если же подойти к этому явлению с точки зрения формального (количественного) информационного критерия, то мы должны были бы прийти к противоположному заключению. Но ведь цель совершенствования двигателей – не в усложнении их конструкций, а в достижении высоких скоростей полета и т. п. Поэтому в нашем примере количественный информационный критерий неприменим. Здесь следует применять ценностный критерий. Этот критерий действует и в сфере познания, и, по-видимому, в других областях общественной формы движения.

При помощи методов теории информации становится возможным измерение и темпов развития. Вопрос о темпах – один из важнейших в диалектической теории развития. В конечном счете от темпов развития той или иной материальной системы зависит ее положение среди других систем. Только та материальная система может обогнать другие в развитии, которой присуща, при прочих равных условиях, большая скорость прогрессивного развития. В частности, большие темпы развития социалистической и коммунистической систем по сравнению с капиталистической являются одним из существенных факторов, обуславливающих переход человечества от капитализма к коммунизму. Уже этот пример показывает, что общетеоретический анализ темпов развития имеет большое практическое, мировоззренческое и методологическое значение.

Ограничимся здесь рассмотрением лишь темпов прогрессивного развития. Вопрос об ускорении темпов прогресса органической материи и человеческого общества по сравнению с неорганической природой был поставлен еще Ф. Энгельсом. Однако лишь в последнее время этот вопрос привлек внимание философов \*.

---

\* См. Мелюхин С. Т. Об особенностях развития в неорганической природе // Проблемы развития в природе и обществе: сб. АН СССР, 1958 ; Руткевич М. Н. Диалектический материализм. М.: Соцэкгиз, 1959. С. 392 и др.

Действие закона ускорения темпов прогресса рассмотрено на примере развития биологической и социальной ступени. Данных о действии этого закона в неживой природе почти нет, но можно предположить, что он действует и там. Соображения о нарастании темпов прогрессивного развития строятся на сопоставлении длительности качественных скачков в развитии космических систем, вещества земли (в основном в области живой природы) и смены общественно-экономических формаций. И хотя темпы развития – количественная характеристика, однако до сих пор мы судили об их нарастании лишь по качественным изменениям. Вполне понятно, что кроме такого анализа темпов развития в принципе возможен и количественный анализ. Это означает, что можно установить количественную зависимость одного из существенных параметров развития от времени. Таким параметром, как было выше выявлено, может быть информационное содержание, количество внутреннего разнообразия системы.

Ранее было приведено достаточно данных для того, чтобы высказать определенные суждения об ускорении прогресса на основании информационного критерия. Выберем для анализа эволюционный ряд и определим темпы прогресса структурных единиц ряда. Выбор лишь одной цепи ряда развития обусловлен тем обстоятельством, что для структурных единиц подсчитаны примерные количества информации, тогда как для ступеней развития они не подсчитаны. Относительно последних нам известно, что количество информации в них растет, но хотя бы приблизительных количественных данных еще не получено.

Можно предположить, что эволюционный ряд – это главная прогрессивная линия развития, которая характеризуется наибольшими приращениями количества информации при оптимальной избыточности. Избыточность в биологических системах, как показали С. М. Данков и Г. Кастлер, должна быть оптимальной, так как слишком высокая избыточность вызвала бы

большие усилия со стороны организма для поддержания жизнедеятельности, а слишком низкая избыточность ведет к снижению надежности систем.

Кроме главной прогрессивной линии, могут быть и другие линии прогресса и различные линии регресса. Их можно сравнивать по количеству накопленной информации, по скорости ее накопления, по относительной избыточности и скорости ее изменения.

Например, для скорости изменения количества информации можно выделить следующие положения: максимальное, нулевое, минимальное. Между этими положениями имеется ряд значений. Для скорости изменения избыточности также можно выделить минимальное, нулевое, максимальное и промежуточные значения.

Для прогрессивного развития возможно любое увеличение количества информации с любым изменением избыточности, а для регрессивного развития – любое уменьшение количества информации также с любым изменением избыточности. Можно выделить и промежуточное направление между прогрессивным и регрессивным развитием (возможно, его следует назвать одноплоскостным): нулевая скорость изменения количества информации при любых соответствующих вариациях избыточности. В частном случае, когда существует нулевая скорость изменения количества информации и нулевая скорость изменения избыточности, развития не происходит.

Выберем на главной прогрессивной линии эволюции четыре точки, характеризующие структурные элементы (и в какой-то мере ступени развития) материи в процессе развития: атомы, молекулы, одноклеточный организм и организм человека. Как полагают С. М. Данков и Г. Кастлер, при переходе от атомного уровня к молекулярному количество информации увеличивается в  $10^3$  раза. Организм человека содержит примерно в  $10^{11}$  раз больше информации, чем одноклеточный организм. Поскольку

переходы от атомного уровня к молекулярному, от молекулярного к одноклеточным и от одноклеточных к человеку занимали периоды времени одного порядка (миллиарды лет), то отмеченное увеличение количества информации характеризует относительные темпы его роста в генетически связанных материальных системах. Увеличение количества информации в развивающихся системах показывает, что темпы развития материи на главной прогрессивной линии не просто растут, а растут поразительно быстро, изменившись с  $10^{-6}$  битов до  $10^{19}$  битов (в год) за период в несколько миллиардов лет естественной эволюции.

Ускоренный характер прогрессивного развития для ряда материальных систем уже определен в виде конкретных функциональных зависимостей: экспонента, т. е. показательная функция ( $e^x$ ) для филогенетического развития, экспонента для роста научной информации и т. д. Весьма важную роль играет количество информации для темпов биологического развития. И. И. Шмальгаузен в своих работах показал, что «количество средней информации является мерой материала для естественного отбора и поэтому указывает на пределы возможной скорости естественного отбора» \*.

Сам факт ускорения темпов прогресса ставит вопрос о причинах этой закономерности. В самом общем плане можно отметить следующие причины: 1) сохранение предшествующих структурных единиц (или ступеней) в более высоких; 2) процесс дифференциации систем; 3) процесс интеграции или взаимодействия элементов систем на одном уровне и на разных уровнях разнообразия.

Ясно, что все эти процессы ведут в общем к ускоренному накоплению информации. Достаточно проанализировать формулу экспоненты, чтобы убедиться в том, что скорость накопления информации пропорциональна количеству информации в систе-

---

\* Шмальгаузен И. И. Естественный отбор и информация // Изв. АН СССР. Сер. Биологическая. 1960. № 1. С. 36–37.



ме. Значит, чем большее количество информации накопила данная система, тем более быстрыми темпами она может развиваться. Большее накопление информации в системе создает возможности для взаимодействия, интеграции ее элементов, а значит, ведет и к накоплению все большего разнообразия.

Сам факт пропорциональности (а в общем случае – зависимости) темпов и степени прогресса материальных систем говорит о том, что прогрессивное развитие – это прежде всего саморазвитие и что определяющие развитие характеристики зависят от самих этих систем.

Отметим, что процесс развития в определенном аспекте можно моделировать процессом передачи информации. Развивающийся материальный объект можно представить в качестве некоторой системы, связанной определенными информационными каналами с окружающей средой. Для прогрессивно развивающихся систем накопление информации аналогично ее передаче из внешней среды к системе и сохранению ее там. Темпы развития (прогресса) аналогичны скорости передачи информации, т. е. приросту ее количества в единицу времени в системе. Система, принимающая информацию, обладает определенной пропускной способностью, которая зависит от степени ее сложности, упорядоченности, организации, связанной, как было выяснено ранее, с количеством информации. Следовательно, чем в общем сложнее, упорядоченнее, организованнее система, тем больше ее пропускная способность\*. Но максимально достижимая скорость передачи информации в систему из внешней среды пропорциональна ее пропускной способности – это элементарное положение теории передачи информации. Следовательно,

---

\* Для кибернетических систем речь может идти не только о приеме, но и переработке информации. «При этом, – как справедливо отмечает С. Т. Мелюхин, – на более высоком уровне развития находится та система, которая воспринимает и перерабатывает в единицу времени относительно большее количество информации» (*Мелюхин С. Т. Материя в ее единстве, бесконечности и развитии. М.: Мысль, 1966. С. 260*). Воспринять и переработать большее количество информации может только более сложная, организованная система, т. е. содержащая большее количество внутреннего разнообразия.

использование информационной модели развития дает возможность прояснить механизм ускорения темпов прогресса в связи с усложнением, упорядочиванием, повышением степени организации материальных систем.

Применение теории информации к анализу развития помогает глубже разобраться в этом сложном процессе, количественно охарактеризовать его степень, направление и темпы.

### **ИНФОРМАЦИЯ, ЗАКОНЫ И КАТЕГОРИИ ДИАЛЕКТИКИ**

#### **§ 9. Основные законы диалектики и теория информации**

Законы материалистической диалектики являются наиболее общими законами природы, общества и мышления. Они проявляются и в информационных процессах. Однако вряд ли было бы полезно основное внимание сосредоточивать на примерах, подтверждающих это общее положение. Разумеется, в информационных процессах имеются «свои» противоположности, «свое» качество и количество и т. д. В какой-то мере мы уже рассматривали упомянутую специфику проявления наиболее общих законов и категорий. В этом параграфе мы остановимся в основном на методологической роли законов диалектики в раскрытии природы информации и информационных процессов. Это необходимо прежде всего для развития основной идеи этой книги – концепции разнообразия. Наконец, нас будет интересовать и возможность применения теоретико-информационных методов к анализу самих законов диалектики.

Начнем с закона единства и борьбы противоположностей.

Раскрывая содержание понятия информации, мы определяли его не только на базе более общего понятия, но и через противоположность. Например, информация рассматривалась как оп-

ределенность, т. е. как снятая неопределенность. Количество информации также устанавливалось в связи со своей противоположностью – энтропией.

Говоря о наиболее общем понимании информации как разнообразия, мы также определяем его в связи с противоположностью – однообразием, тождеством. Таким образом, и содержательный, и количественный аспекты информации выявляются только через свою противоположность.

Идея определения информации и ее количества через свою противоположность ярко выражена в так называемом негэнтропийном принципе информации, в наиболее полном виде сформулированном Л. Бриллюэном. В негэнтропийном принципе информации устанавливается, что количество информации выражается через разность энтропии. «Информация, – пишет Л. Бриллюэн, – представляет собой отрицательный вклад в энтропию. Это утверждение было представлено... как “негэнтропийный принцип информации”<sup>\*</sup>.

Нам представляется, что понятия энтропии и количества информации можно трактовать в узком и широком смысле. Как мы пытались показать, понятие энтропии в работах Шеннона более широкое, чем у Больцмана. Но и шенноновское понимание не самое широкое. В теории информации выработан ряд абстракций, отражающих количественный аспект информации. Наиболее широкая из них – понятие количества различия, разнообразия. То же самое относится и к энтропии как противоположности количества информации. Наиболее общее понятие энтропии связано с понятием тождества.

Если провести гносеологический анализ рассуждений Л. Бриллюэна о негэнтропийном принципе информации, то мы обнаружим, что он часто допускает смешение различных уровней абстракции<sup>\*\*</sup>. Количество информации он противопоставля-

---

<sup>\*</sup> Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М.: Мир, 1966. С. 34.

<sup>\*\*</sup> См. нашу рецензию на книгу Л. Бриллюэна «Научная неопределенность и ин-

ет не энтропии вообще, а конкретному виду энтропии (например, физической энтропии). Однако если принять во внимание, что вполне правомерно противопоставлять количество информации и энтропию на одном уровне, то идея негэнтропийного принципа информации заслуживает всяческой поддержки и разработки. И здесь следует заметить, что наши ученые, работающие в области физической теории информации, используют эту идею совершенно правильно. Они физической энтропии противопоставляют именно количество физической информации, а не количество информации вообще (скажем, статистическое количество информации, используемое, к примеру, для изучения литературных текстов). В каждой области действительности, в каждой науке всегда можно обнаружить «свою» информацию и «свою» энтропию, «свое» различие и «свое» тождество. Противопоставление физической энтропии и информации, взятой на ином уровне, неправомерно, ибо в этом случае они вовсе не являются действительными противоположностями, они никогда не вступят во взаимодействие.

Установление этого факта имеет важное методологическое значение для познания информационных процессов. Ведь с точки зрения взаимодействующих противоположностей количество информации одной из них выступает как энтропия по отношению к другой. Это становится ясным, если учесть предыдущие соображения о противоположности количества информации и энтропии.

Поэтому информационное содержание той или иной системы должно определяться всегда по отношению к ее противоположности. Каждую конкретную систему мы должны рассматривать во взаимодействии со своей противоположностью (например, организм по отношению к среде, общество по отношению к природе и т. д.). Без этого определять информационное содержа-

---

формация» (Вопр. философии. 1967. № 11) а также рецензию Л. В. Баженова на книгу Л. Бриллюэна «Наука и теория информации» (Вопр. философии. 1961. № 8).

ние систем не имеет смысла, так как нельзя установить, является ли это содержание количеством информации или энтропией.

Этот момент взаимодействия противоположностей схвачен и в законе необходимого разнообразия У. Р. Эшби. Ведь в процессе управления разнообразие системы противопоставляется разнообразию других систем, выступающих как ее противоположности. Действие этого закона Эшби разъясняет, в частности, на примере игры, показывая, что только разнообразие ходов одного игрока может уменьшить разнообразие ходов другого игрока. По отношению к данной кибернетической системе разнообразие другой такой же системы в определенном отношении и разнообразие внешней среды выступает как энтропия.

Особое внимание необходимо обратить на методологическую роль закона единства и борьбы противоположностей в изучении познавательных информационных процессов. Уже первые попытки применения теории информации к анализу процессов познания показали, что некоторые ученые не учитывают противоречивости этих процессов. Так, можно встретить мнение, что познание с позиций теории информации выступает лишь как снятие, уничтожение неопределенности. Это упрощение реального познавательного процесса, отвлечение от взаимодействия противоположностей – определенности и неопределенности. Опираясь, в частности, на исследования Л. Бриллюэна, мы покажем далее, что уничтожение, снятие неопределенности всегда связано с появлением неопределенности иного порядка и от этой взаимосвязи противоположностей в рассматриваемых информационных процессах невозможно избавиться.

Иногда, рассматривая процесс познания исходя из концепции разнообразия, видят лишь один его аспект – ограничение (уничтожение) разнообразия. Между тем (как это подробнее будет раскрыто далее) ограничение разнообразия всегда сопровождается расширением разнообразия в определенном отношении.

Остановимся на связи понятия информации с категориями другого закона диалектики – закона взаимного перехода количественных и качественных изменений.

Мы уже отмечали, что общее понимание информации включает в себя и качественные, и количественные различия. Математические концепции информации, о которых ранее шла речь, берут своим объектом исследование преимущественно количественных различий. Так, в комбинаторном подходе количество информации рассматривается как логарифм числа элементов множества. Здесь предполагается максимальное абстрагирование от качественных особенностей элементов множества – все они считаются качественно тождественными.

Не все математические концепции информации одинаково отвлекаются от качества. Так, топологическое количество информации уже довольно явно использует топологические (неколичественные) различия. К числу их относятся упомянутые различия вершин графов по степеням, отношения порядка и т. д.

Не рассматривая подробно другие подходы и теории информации, мы можем на основе их анализа сделать вывод, что понятие количества информации вовсе не является чисто количественной характеристикой информации. Это понятие в определенной степени учитывает и качественные особенности исследуемых объектов, хотя в разных подходах и теориях не в одинаковой степени. Все же в математических концепциях информации происходит довольно существенное отвлечение от ряда качественных различий реальных явлений. Поэтому, применяя формулы теории информации, необходимо помнить, что при этом наблюдается ограничение качественных различий. Из всего качественного разнообразия свойств выделяются лишь некоторые, поддающиеся количественному различению.

Говоря об исследовании методами теории информации качественных различий, можно отметить, что эти различия как бы кодируются при помощи количественных различий. Как извест-

но, накопление количественных различий на определенной стадии ведет к коренным качественным изменениям именно тогда, когда количественные различия переходят за пределы меры. Мера и есть тот диапазон изменения количественных различий, когда объект остается тождественным самому себе в качественном отношении. Следовательно, в пределах меры информационное содержание изменяется без изменения качества объектов. Выход информационного содержания за пределы меры связан с изменением качества объекта. Например, основываясь на данных § 8, мы могли бы утверждать, что если информационное содержание объекта составляет несколько десятков битов на молекулярном уровне, то это, наверняка, объект неживой природы. Если же в объекте содержится около  $10^{15}$  битов на том же уровне, то мы имеем дело уже с живым объектом. Это относится не только к материальным системам. В следующей главе будет показано, что каждое понятие, суждение, теория и т. д. обладает «своим» информационным содержанием. Выход за пределы диапазона информационного содержания меры ведет к другим понятиям, теориям и т. д.

Увеличение информационного содержания материальных и идеальных систем ведет к изменению качества самой информации. Все более высокие виды информации обладают новыми свойствами. Так, информация в неживой природе не обладает такими свойствами, как ценность, смысл. С точки зрения высших видов информации, более низшие выступают как предпосылки, элементы, которые включаются в них в снятом виде.

Обратимся теперь к взаимосвязи категории информации и закона отрицания отрицания. Этот закон действует лишь в сфере восходящего развития. Другими словами, он связан лишь с той линией развития, на которой происходит увеличение информационного содержания систем, возникают все более высокие ступени развития материи. Смысл закона отрицания отрицания в том, что на более высокой ступени развития повторяются черты,



свойственные исходной ступени. Однако здесь не может быть речи о простом повторении исходной ступени, о полном тождестве. Как было выявлено, в процессе восходящего развития происходит накопление различий (информации), следовательно, возможно лишь частичное тождество информационных содержаний ступеней развития.

Закон отрицания отрицания проявляется и в развитии самой теории информации и ее приложений. Иногда истоки теории информации видят в статистических представлениях. Однако задолго до Шеннона и раньше Больцмана идеи, близкие к идеям теории информации, высказал Лаплас, знаменитый «демон» которого мог предсказать будущее лишь на основе динамических закономерностей. Нестатистические (динамические), невероятностные идеи передачи информации (или того, что мы сейчас называем сообщением) в какой-то мере предшествовали статистическим идеям. Это имело место и в более конкретных приложениях теории информации (например, в области биологии). Отрицая нестатистические, невероятностные представления, статистическая теория информации существенно продвинула вперед учение об информации. С нее и началась подлинная история информационных идей.

Однако мы видели, что дальнейшее развитие вероятностных подходов в теории информации и ее приложениях привело к их отрицанию и к возрождению, но уже на более высоком уровне, нестатистических представлений. Более высокий уровень заключается, в частности, в развитии математизированных вариантов количественных и качественных теорий информации и в более широких идеях нестатистических подходов (когда, например, алгоритмический подход к определению понятия информации претендует на то, чтобы «поглотить» всю теорию вероятностей).

Рассматривая взаимоотношение философии и теории информации, важно подчеркнуть значение общих положений законов материалистической диалектики, как методологической ос-

новы, помогающей анализировать природу информации, проникать в сущность информационных процессов.

Но что может дать теория информации для развития материалистической диалектики? Возможно ли, скажем, использование теоретико-информационных методов для анализа содержания основных законов диалектики, других философских положений? В принципе, такое использование, конечно, возможно. Но, как вытекает из предыдущего изложения, это приводит к тому, что мы будем исследовать лишь один аспект этих законов – информационный. Применение теоретико-информационных методов влечет за собой определенное снижение отражаемого качественного содержания. Последние не могут претендовать на столь же всеобщую применимость, как материалистическая диалектика, которая отражает качественно-содержательную сторону действительности, человеческой деятельности, глубинные, сущностные процессы, свойственные вещам и явлениям. Поэтому, как отмечает С. Т. Мелюхин, придание диалектическим законам «конкретной количественной формы, ограничение определенными константами и условиями действия означало бы превращение их в частные законы природы, имеющие локальный характер»<sup>\*</sup>.

Итак, применение теоретико-информационных методов к анализу законов диалектики, по существу, лишает их черт всеобщности, конкретизирует их. Вследствие этого наиболее перспективным приложением теории информации являются все же отдельные конкретные науки.

Вместе с тем не исключена возможность плодотворного применения теории информации в гносеологии (логике). Как мы покажем в следующей главе, теоретико-информационный анализ специфических процессов познания позволяет выделить в них новые стороны, дает толчок для более точного и детального их исследования<sup>\*\*</sup>.

---

<sup>\*</sup> Мелюхин С. Т. Материя в ее единстве, бесконечности и развитии. С. 120.

<sup>\*\*</sup> Выступая на симпозиуме «Диалектика и современное естествознание»

## § 10. Закон, причинность и информация

Понятие *закона* отражает общие, устойчивые связи и отношения между явлениями (или его частями). Закон в определенном отношении есть структура данного явления (его частей или класса явлений), тогда как явление есть то, что мы называли системой.

Поскольку закон – это структура, а последняя есть нечто неизменное, остающееся в системе при всех ее изменениях, то любой закон является ограничением разнообразия. Проблема связи закона как инварианта с ограничением разнообразия была рассмотрена Эшби. Он отмечает, что наличие инварианта в некотором множестве явлений свидетельствует о том, что осуществляется не вся область разнообразия, а лишь его часть.

Можно привести множество примеров, подтверждающих мысль Эшби. Законы классической механики являются ограничением разнообразия, ибо устанавливают определенную связь между механическими характеристиками тел (между ускорениями, скоростями, массами, силами и т. д.), но исключают другие, мыслимо возможные.

Любой закон есть ограничение разнообразия в том смысле, что явление не может полностью определяться законом. Оно подчиняется не одному какому-либо закону, а совокупности (причем бесконечной) законов. В силу этого закон содержит меньшее количество разнообразия, чем явление.

В то же время известно, что абстракция закона природы отражает природу глубже, вернее, полнее. Это положение диалектики с теоретико-информационной точки зрения, в частности, означает, что закон в определенном аспекте имеет большее информационное содержание, чем явление, отражаемое нашими ощущениями, восприятиями, представлениями.

---

в октябре 1966 г., В. С. Тюхтин также высказал мнение о наибольшей перспективности математизации теории познания по сравнению с другими философскими науками.

формационное содержание, чем явление, отражаемое нашими ощущениями, восприятиями, представлениями.

В процессе отражения явлений органами чувств последние существенно огрубляют, ограничивают разнообразие объективно существующих систем. Бесконечное разнообразие явлений нашими органами чувств отражается в виде конечного разнообразия. Например, рассматривая невооруженным глазом стол, мы заметим только его макроскопическое строение, но не увидим микроструктуру. Следовательно, часть информации теряется при чувственном отражении. Однако мысленно, используя знание законов строения вещества, мы совершенно точно можем сказать, что стол состоит из молекул, атомов, элементарных частиц. Эта информация непосредственно не заключена в чувственном образе, она появилась в результате абстрактного мышления, в теориях строения вещества. Поэтому абстракция закона – это не простое ограничение эмпирического разнообразия. Смысл абстракции закона заключается в основном в том, что на уровне теоретического мышления происходит отвлечение от некоторых сторон чувственного разнообразия явлений, для того чтобы расширить разнообразие, которое непосредственно недоступно чувственному познанию. Поэтому информационное содержание абстракций законов, как правило, больше, чем в чувственных образах.

Можно ли измерить количество информации, заключенное в законе науки? Эта проблема решается пока что в рамках идей статистической теории информации. Специально исследованием информационных количественных характеристик законов занимался Л. Бриллюэн, который наметил схему определения информационного содержания в эмпирических и теоретических законах. По Бриллюэну, количество информации, которое содержится в том или ином эмпирическом количественном законе, является функцией отношения числа возможных исходов (или высказанных на основе этого закона числа гипотез)

тез о тех или иных наблюдаемых явлениях) до эксперимента ( $p_0$ ) и после него ( $p_1$ )<sup>\*</sup>.

Весьма интересной проблемой является сравнение различных законов по их информационным характеристикам: количеству информации, ее ценности и т. д. Рассмотрим, например, как различаются по количественным информационным характеристикам законы физики, подчиняющиеся так называемому принципу соответствия. Такими законами, как известно, являются законы классической, релятивистской механики и теории гравитации А. Эйнштейна (общей теории относительности), с одной стороны, или же законы классической и квантовой механики, с другой стороны.

Законы общей теории относительности переходят в законы специальной теории относительности при отсутствии тяготеющих масс. Законы релятивистской механики переходят в законы классической механики при малых по сравнению со скоростью света скоростях движения. Квантовая механика отражает движение микрообъектов с очень малой (по сравнению с макрообъектами) массой и при относительно больших скоростях движения – в этих условиях необходимо учитывать постоянную Планка. Однако если эту постоянную приравнять к нулю (то есть перейти к большим массам), то законы квантовой механики перейдут в законы классической механики.

Если переходят от законов более общей теории к законам менее общей (частной) теории, то отвлекаются от некоторых различий (тяготения, постоянной Планка и т. д.). Правда, при этом может происходить не только ограничение разнообразия, но и увеличение некоторых классов разнообразия (вводимых понятий, методов и т. д.).

---

<sup>\*</sup> Упомянутое отношение имеет вид  $I = k \frac{p_0}{p_1}$ , где  $k$  – постоянный коэффициент. При этом  $p_0$  может обозначать точность измерения какой-либо величины до эксперимента, а  $p_1$  – эту же точность после эксперимента.

Информационное содержание законов физики, подчиняющихся принципу соответствия, можно определить, если учесть, что начальная степень неопределенности (и соответственно степень предсказываемой точности величин) каждой последующей теории совпадает с конечной степенью неопределенности (и степенью предсказываемой точности величин) каждой предшествующей теории. Но конечная степень неопределенности последующей теории всегда меньше степени начальной ее неопределенности.

Предположим, что специальную теорию относительности (релятивистскую механику) мы рассматриваем в качестве некоторого сообщения. До получения этого сообщения, т. е. до создания теории относительности

А. Эйнштейном, существовала некоторая степень неопределенности точности предсказываемых механикой Ньютона величин –  $H$  кл. м. После получения сообщения эта неопределенность уменьшилась до  $H$  сто, так как специальная теория относительности более точно определяет соответствующие механические параметры. Количество информации, получаемое в результате создания специальной теории относительности, равно  $I = H$  кл. м. –  $H$  сто. Если в качестве получаемого сообщения рассматривать квантовую механику, то количество информации, приобретаемое человечеством в результате ее создания, равно  $I = H$  кл. м. –  $H$  кв. м.

Нам могут заметить, что почти все ранее высказанные соображения вполне очевидны и без идей теории информации. Разумеется, это так. Мы уже отмечали, в чем польза теории информации – именно в возможности выражения количественного аспекта всего того, что дается в описательной, качественной форме. Благодаря теории информации мы сможем точно определить, какое количество информации содержится в законах специальной теории относительности, общей теории относительности, в квантовой теории и т. д.

А это необходимо, например, для развития теории и техники научной информации. Ведь законы представляют часть научной информации, которую нужно хранить, передавать, перерабатывать. А для этого важно знать, какое количество информации они содержат. Можно представить еще более далекое будущее, когда человечество станет передавать свои научные знания другой, внеземной цивилизации. Естественно, что межзвездные информационные связи уместны лишь в том случае, если удастся передавать научную информацию. Возможно, именно тогда станет очевидным, что современные попытки определения информационного содержания законов науки – это начало очень важных исследований.

К ранее рассмотренным информационным характеристикам не сводятся все информационные характеристики законов. Ведь законы могут отражать различные явления, различные стороны явлений и т. д. Поэтому проблема сопоставления информационных количественных характеристик законов пока решается лишь в самом первом приближении.

Особый интерес представляет информационное соотношение законов диалектического материализма и законов частных наук. Материалистическая диалектика дает частным наукам общие методы познания и преобразования действительности. Методологическая роль философских положений состоит в том, что они, с одной стороны, ограничивают область научного поиска (отвергая, например, гипотезы о сверхъестественных силах), показывают, где не следует искать ответа на поставленные вопросы. С другой стороны, положения материалистической диалектики дают ученому общие правильные пути исследования, предостерегая от односторонности при изучении явлений, от субъективизма и произвола. Они снабжают ученого необходимой начальной информацией, благодаря которой становится возможным наиболее эффективно проникать в тайны природы.

Из весьма общих соображений о том, что правильный общий метод уже ограничивает возможное разнообразие путей исследования, вытекает, что общие, универсальные принципы, законы и категории содержат для исследователя определенное количество информации.

Дело, однако, не только в количестве информации, содержащейся в общих законах. Ясно, что, например, биологу мало что может дать, скажем, знание общей теории относительности, хотя в ней содержится значительное количество информации. Для биолога в этом смысле информация, содержащаяся в общей теории относительности, не является ценной. В принципе ценность информации различна для различных ученых, их коллективов, научных учреждений и т. д. Ведь ценность научной информации зависит не только от самой информации, но и от целей, которые стоят перед ее приемником. Поэтому количество научной информации отнюдь не является важнейшей информационной характеристикой законов науки. Общие законы, если они даже содержат небольшое количество информации для решения данной конкретной задачи по сравнению с частными законами, оказываются более ценными для того или иного ученого, чем законы частной науки, которые лежат далеко за пределами его интересов. Возникает проблема исследования не только количественных информационных характеристик законов науки, но и качественных, в частности семантических и прагматических, поскольку они играют важную роль в развитии науки.

Остановимся далее на анализе двух важнейших типов законов (закономерностей) – динамических и статистических. Эти законы различаются по типам причинных связей. Поэтому нам предстоит выявить также связь категорий причинности и информации. Отметим, что изучение связи информации и причинности уже начато в философской литературе. Ряд интересных мыслей по этому вопросу был высказан И. Н. Бродским,



Н. Мусабаевой, А. А. Марковым, В. Краевским, Б. С. Украинцевым \* и др.

А. А. Макаров предложил определять кибернетику как науку о причинных сетях, полагая при этом, что понятие информации можно сформулировать исходя из концепции причинной связи.

Событие *A* содержит информацию о событии *B* в силу совокупности законов природы *M*, если наличие *B* может быть выведено из наличия *A* с помощью *M*. Исходя из такого определения, – пишет А. А. Марков, мы можем сказать, что расположение Солнца, Земли и Луны в настоящий момент содержит информацию о будущем солнечном затмении согласно законам механики, оптики и закону всемирного тяготения. Событие *A* содержит информацию о событии *B* в силу совокупности законов *M*, если *A* есть причина *B*. «... Причина, – заключает А. А. Марков, – содержит информацию о следствии» \*\*.

Наиболее простое причинное отношение – это когда между причиной и следствием существует взаимоднозначная связь.

При однозначной причинной связи речь может идти о полной передаче информации от причины к следствию. В философской литературе в этом случае чаще принято говорить о передаче структуры причины к следствию. Несомненно, воспроизведение структуры причины в структуре следствия – важный, но все же, частный случай полной передачи информации от причины к следствию. Этот процесс, например, имеет место в механических цепях причинности.

---

\* См. Бродский И. Н. Причинность и информация // Вестн. ЛГУ. Сер.: Экономика, философия, право. 1963. № 17. Вып. 3 ; Мусабаева Н. Кибернетика и категория причинности (Некоторые понятия кибернетики и категория причинности). Алма-Ата, 1965 ; Марков А. А. Что такое кибернетика? // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. М.: Мысль, 1964 ; Краевский В. Пять понятий причинной связи // Вопр. философии. 1966. № 7 ; Украинцев В. С. Категории «активность» и «цель» в свете основных понятий кибернетики // Вопр. философии. 1967. № 5.

\*\* Марков А. А. Что такое кибернетика? // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. С. 52.

Именно из законов механики Ньютона следует, что за явлением  $A$  всегда следует явление  $B$ . Поэтому предполагается, что знание законов и условий явления  $A$  приводит к знанию законов и условий явления  $B$ . Другими словами, в случае классической механики при переходе от явления  $A$  к явлению  $B$  не происходит потери или увеличения количества информации – в информационном отношении явления  $A$  и  $B$  симметричны. Это можно выразить как равенство информационных содержаний причины и следствия:  $I_{пр} = I_{сл}$ , или  $I_A = I_B$ . Подобный информационный смысл в механическую причинность вкладывал еще Лаплас, когда предложил идею своего «демона», который, зная все причины, мог бы предугадать все следствия. Поскольку причинные цепи бесконечны, воображаемый демон Лапласа мог предугадать бесконечное будущее. Действительно, по одному звену однозначной причинной связи можно определить все остальные звенья, ибо в них содержится одинаковое количество информации.

Дальнейшее развитие науки выявило недостаточность представлений о причинной связи как взаимоднозначном соответствии причины и следствия. Появилась концепция многозначной причинности, основанной на статистических закономерностях. Примером последних являются законы статистической физики, квантовой механики. В упомянутых науках используются теоретико-вероятностные методы.

В первой главе мы говорили о возможности определения понятия вероятности на основе понятия информации. Имеет ли эта первичность информации по отношению к вероятности только логико-гносеологический смысл, или же эта первичность объективно реальна? Можем ли мы, например, сказать, что элементарные частицы именно потому ведут себя согласно статистическим законам, что они недостаточно «информированы» друг о друге, об окружающей среде? На первый взгляд кажется, что это довольно экстравагантная постановка вопроса. Однако мы поясним, что в данном случае не имеется в виду использование ин-

формации микрообъектами. Предполагается лишь, что существуют различные способы передачи информации от одного объекта к другому (а передача информации присуща и системам неживой природы). В одном случае считается, что информация передается от одного объекта ко второму полностью, в другом случае (как это имеет место в микромире) – не полностью.

Можно, по-видимому, предположить, что информационные свойства материальных систем являются более общими свойствами, чем те, которые характеризуются или только динамическими, или же статистическими закономерностями. Ранее было показано, что и динамические и статистические системы в математическом отношении являются частными случаями более общих – информационных систем.

Динамическими закономерностями имеет смысл называть такие информационные закономерности, когда причина полностью содержит информацию о следствии, и наоборот. Статистическими закономерностями будем называть такие информационные закономерности, когда причина не содержит всю информацию о следствии, и наоборот.

Важно отметить, что в случаях многозначной причинной связи существует еще одна асимметрия причины и следствия, вытекающая из различия их информационных содержаний (временная же асимметрия причины и следствия существует во всех видах причинной связи). Следовательно, в случаях многозначной причинной связи невозможно точное воспроизведение структуры причины в структуре следствия.

Поэтому, если нам известна некоторая система законов  $M$  и далее известно, что событие  $A$  есть причина события  $B$ , то из этого еще не следует, что событие  $A$  содержит всю информацию о событии  $B$ . В случае многозначной причинной связи мы можем говорить о том, что событие  $A$  (причина) содержит лишь часть информации о событии  $B$  (следствии). Отсюда вытекает вывод о том, что лапласовский «демон», который, зная все в данный мо-

мент, мог бы предугадать состояние мира на сколь угодно далекое будущее, невозможен.

Теоретико-информационные методы существенно развились на базе вероятностных представлений. На основе этих же представлений были развиты и идеи статистической причинности, которая в определенном аспекте обобщила механическое понимание причинности. Как было показано ранее, информационные идеи оказываются более общими, чем вероятностно-статистические. Поэтому надо думать, что статистическая форма причинности – не самая общая. Мы можем строить модели причинности на базе понятия информации и распространить их на более широкий круг явлений, чем статистические и динамические. Вполне возможно существование такой формы причинной связи, как топологическая<sup>\*</sup>, которая может оказаться весьма полезной в развитии современной теории элементарных частиц.

Исходя из связи понятий информации и причинности, можно также предположить, что появление концепции многозначной причинно-следственной связи вызывается не только потребностями обобщения вероятностно-статистических представлений, но и необходимостью описания (объяснения, предвидения) процессов развития и поведения весьма сложных систем (не обязательно вероятностных). Ведь классическая механика, на базе которой оформилось понятие однозначной причинной связи, описывала лишь движение систем без изменения их внутреннего разнообразия. Поскольку в следствии воспроизводится вся информация, заключенная в причине, то такие причинно-следственные связи не изучались с точки зрения информационных характеристик, ибо количество информации оставалось неизменным.

---

\* Причинно-следственные цепи могут быть представлены в этом случае в виде пространственно-временных (четырёхмерных) топологических комплексов-графов. Их характерной чертой является незамкнутость (конечная точка – вершина – не совпадает с начальной). В противном случае получалось бы, что следствие предшествует или совпадает по времени с причиной. Незамкнутые причинные графы всегда обладают некоторым количеством топологической информации, отличным от нуля.

С переходом к изучению процессов развития необходимо было изменить сложившиеся представления о причинности. Это изменение совпало как по времени, так и по содержанию с внедрением вероятностных методов. Вместе с тем нам думается, что исследование процессов развития не только статистическими методами, но и любыми другими также неизбежно потребовало бы изменения наших представлений о причинности и привело бы к пониманию того, что причина не всегда может полностью содержать информацию о следствии, что между причиной и следствием не обязательно должно быть взаимооднозначное соответствие. Такое многозначное соответствие между причиной и следствием всегда сопровождает процессы развития, так и поведение сложных самоуправляемых систем\*.

Например, в процессах прогрессивного развития нас интересует, как из относительно простого появляется более сложное. И здесь уже объективно неприменима концепция лапласовского, механического детерминизма. Ведь в таком случае невозможно было ответить на вопрос, как из простого возникает нечто сложное. Невозможность причинного объяснения процессов развития с позиций механистического понимания причинности вызвала к жизни виталистические концепции, стремящиеся объяснить процессы развития в мире живой природы с позиций мистической *жизненной силы*. Расширение же понятия причинности, понимание того, что причина не может содержать в себе всю информацию о следствии, помогло распространить принцип детерминизма и на процессы развития.

Изучение процессов развития сопряжено с изучением все более сложных систем. Для этого необходимо отвлечься от индивидуальных причинно-следственных связей, ибо их изучение мало что дает для познания целого как системы сложных и переплетающихся причинно-следственных связей. Так возник стати-

---

\* См. Украинцев Б. С. Категории «активность» и «цель» в свете основных понятий кибернетики // *Вопр. философии*. 1967. № 5. С. 62–65.

стический метод, который хотя и упрощал картину переплетения причинно-следственных связей, но в то же время давал адекватный математический аппарат для отражения количественных характеристик, например, термодинамических и других случайных физических процессов.

Понятие причины, которое рассматривалось выше, является упрощенным, ибо обращается внимание лишь на одностороннее воздействие одного объекта на другой, производящее изменение последнего. Такое понимание причины широко используется во многих конкретных науках и исторически оправданно. Однако это не самое общее понимание причины.

Понятие причины, как и другие понятия, также развивается. И это развитие понятия причины связано не только с изучением статистических закономерностей или процессов развития. Как показано в литературе<sup>\*</sup>, в современном понимании причина выступает не как одностороннее воздействие одного предмета на другой, а как взаимодействие материальных систем (или же их элементов, частей), следствие же понимается как изменение, наступающее в упомянутых системах (или же их элементах, частях) в результате взаимодействия. Разумеется, и к исследованию такого более адекватного понимания причины и следствия можно применить теоретико-информационные методы, используя, в частности, понятие информации как некоторой характеристики отношения, связи двух (или нескольких) объектов.

## § 11. Связь пространства и времени с информацией

Хорошо известно положение о том, что сущностью пространства и времени является движение. Но движение есть изменение, а изменение, как это отмечалось выше, есть вид разли-

---

<sup>\*</sup> См. Свечников Г. А. Категория причинности в физике. М.: Соцэкгиз, 1961 ; Его же. Диалектика причинной связи. М.: Знание, 1967. Шептулин А. П. Система категорий диалектики. М.: Наука. 1967. С. 221–242.

чия. На основе приведенных общих суждений можно сделать вывод о тесной связи сущности пространства и времени с различием, а значит и с информацией.

Мы отмечали уже, что любые классы различий являются объективной основой информации; наличие тех или иных различий может послужить базой применения теоретико-информационных методов. Одними из самых общих различий, свойственных объектам действительности, являются пространственные и временные различия \*. Фундаментальный характер этих различий выражается в положении диалектического материализма о пространстве и времени как всеобщих формах существования материи.

Когда мы говорим о различных явлениях и объектах, то, прежде всего, имеем в виду пространственные различия. В самом деле, наличие пространственной разделенности вполне достаточно для того, чтобы отличить любые явления и объекты. Во всякой системе координат каждому объекту будут соответствовать свои индивидуальные координаты, отличные от координат другого объекта. Явления принципиально не могут быть полностью тождественными хотя бы из-за различий пространственного типа \*\*. Явления же, которые не имеют различий простран-

---

\* О различиях пространственного и временного типа см. также в монографии: *Овчинникова Н. Ф. Принципы сохранения. С. 154–157.*

\*\* Характерно, что во всех уравнениях физики, включающих в себя пространственные параметры, в качестве начальных (и иных) условий выступают координаты, пространственные положения объемов. Но начальные условия всегда есть инвариантная, нетождественная часть любой физической теории. Неинвариантность, различие граничных и других условий следует из их физического содержания и, в частности, для пространственных координат из объективного существования различий пространственного типа, различий, которые, в принципе, неустранимы. Можно показать, что из различия явлений в пространственном отношении вытекает принципиально их нетождественность. Поэтому инвариантность, тождественность, которая широко используется в физике, не есть инвариантность явлений, а всего лишь инвариантность законов (см. об этом подробнее в статье: *Урсул А. Д. Теоретико-познавательное значение принципа инвариантности // Симметрия, инвариантность, структура. М.: Высш. шк., 1967*). Поэтому, когда некоторые авторы говорят, что принцип относительности (принцип инвариантности) относится к явлениям природы, то они допускают, мягко говоря, неточность.

венного типа, не будут различными явлениями – это одно и то же явление. Отсюда следует, что многообразие явлений объективного мира в качестве необходимого условия (но, конечно, еще недостаточного) включает в себя существование различий пространственного типа. Итак, пространственные различия играют фундаментальную роль в объективном мире, и эта их роль учитывается современной наукой, что выражается, в частности, в невозможности описания, отражения любых явлений вне пространства, в осознании принципиальной неинвариантности условий, если в них входят пространственные параметры.

Аналогичные соображения можно высказать и относительно различий временного типа. Однако если пространственные различия главным образом характеризуют многообразие различных явления действительности, то временное различие – многообразие (разнообразие) одного и того же явления. «Растение, животное, каждая клетка, – пишет Ф. Энгельс, – в каждое мгновение своей жизни тождественны с собой и тем не менее отличаются от самих себя благодаря усвоению и выделению веществ, благодаря дыханию, образованию и отмиранию клеток, благодаря происходящему процессу циркуляции – словом, благодаря сумме непрерывных молекулярных изменений...». И далее он отмечает, что «постоянное изменение, т. е. снятие абстрактного тождества с самим собой, имеется также и в так называемой неорганической природе» \*.

Конечно, временное различие, так же как и пространственное, имеет всеобщий характер. Выявленная современной наукой взаимосвязь пространственных и временных различий позволяет понятия *пространства* и *времени* определять друг через друга. Так, под временем можно понимать такое различие явления, которое существует (при прочих равных условиях) при наличии пространственного тождества. Ясно, что это различие есть изменение одного и того же явления. Под пространством можно по-

---

\* Маркс К. и Энгельс Ф. Соч. Т. 20. С. 529, 530.



нимать такое различие явлений, которое существует (при прочих равных условиях) при временном тождестве.

Одним из преимуществ определения пространства и времени через соответствующие, имманентно присущие им различия является возможность как дальнейшего определения свойств пространства и времени на основе классов различия, так и теоретико-информационного подхода к их изучению.

Например, различия, присущие пространству, можно разделить на два больших класса – топологические и метрические, которые рассматривают соответственно как качественные и количественные свойства пространства\*.

Метрические (количественные) различия пространства связаны с понятиями *протяженности*, *расстояния*. В простейшем случае расстояние от начала отсчета до какого-либо предмета есть его метрическое отличие от других предметов. Выше, говоря о различии пространственного типа, мы имели в виду именно метрические различия. Однако метрическое различие пространства связано с метрическим тождеством – одно без другого не существует. Причем понятие *метрики*, которое используется в геометрии, физике и других науках, основано именно на метрическом тождестве\*\*.

Наиболее фундаментальные пространственные различия – топологические. Простейшее представление о топологических свойствах мы уже имеем: в § 2 рассматривался топологический

---

\* См. Мостепаненко А. М., Мостепаненко М. В. Четырехмерность пространства и времени. М.: Наука, 1966. С. 32.

\*\* Например, в трехмерном евклидовом пространстве те его свойства, которые остаются неизменными, инвариантными относительно так называемых преобразований группы Галилея, составляют определенное метрическое тождество, которое называют просто метрикой, или метрическим (чисто пространственным) интервалом, классической механики. Однако в теории относительности метрический интервал в том его виде, как он выражался в классической механике, уже перестает быть метрическим инвариантом – из тождества он превращается в различие. Здесь рассматривается другое метрическое тождество, которое связано со скоростью света. Дальнейшее развитие физики, в частности создание общей теории относительности (называемой более правильно теорией тяготения Эйнштейна), привело к еще более общему метрическому тождеству, связанному уже с гравитационным потенциалом.

подход к понятию количества информации, причем топологические различия ассоциировались с различием вершин графов по степеням. Реальное пространство обладает такими топологическими различиями, как различие отношений порядка (сосуществования объектов), размерности, связности и др. Каждый объект, как известно, имеет три измерения – длину, ширину и высоту; это отражает тот факт, что существуют три отличных друг от друга измерения пространства. Причина трехмерности, а значит и различия размерностей, еще не выяснена современной наукой\*. Можно также показать, что наряду с топологическими различиями существуют и топологические тождества, но рассмотрение этих вопросов выходит за рамки нашей темы, тем более что ничего принципиально нового для дальнейших рассуждений это не дает. Главное же то, что топологические тождества (инварианты) также включают в себя топологические различия, и они не существуют друг без друга.

Уже сейчас существуют работы, в которых метрические и топологические свойства пространства исследуются методами теории информации. Рассмотрим, в какой связи находятся информация и метрические свойства пространства. Начнем с простейших примеров.

Предположим, что дано одномерное пространство, т. е. просто прямая линия. Для простоты примем, что эта линия не непрерывна, а состоит из отдельных точек с промежутками между ними.

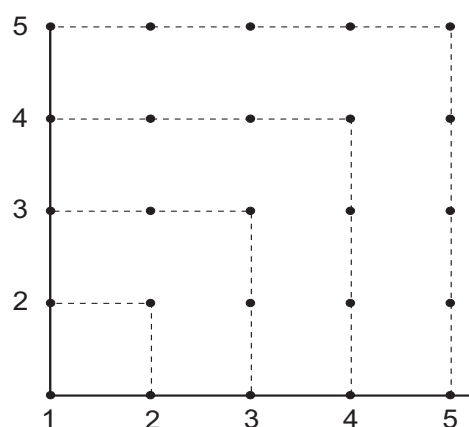
Арифметической моделью такого одномерного пространства является натуральный ряд чисел, т. е. последовательность целых положительных чисел, расположенных в порядке их возрастания: 1, 2, 3, 4, 5... Каждое число соответствует строго определенной точке нашего дискретного одномерного пространства.

---

\* Отметим, что проблема размерности может изучаться и теоретико-информационными методами (например, методами  $\varepsilon$ -энтропии; см. *Понтрягин Л.* и *Шнирельман Л.* Об одном метрическом свойстве размерности // *Гуревич В.* и *Волман Г.* Теория размерности. М., 1948).

Теперь возьмем отрезок этого пространства от 1 до  $n$ , где  $n$  – некоторое конечное число. Количество пространственных различий выделенного отрезка можно определить по количеству точек (чисел) этого отрезка или же логарифмом этого количества, то есть  $\log n$ , что соответствует ранее рассмотренному комбинаторному количеству информации. В любом отрезке количество информации (количество пространственных различий) будет изменяться пропорционально  $\log n$ , где  $n$  – число точек в пространстве.

Теперь несколько усложним наш пример и рассмотрим не одно измерение такого дискретного пространства, а два измерения. Представим это следующей фигурой:



Количество информации в таком двухмерном пространстве, как видно из рисунка, растет уже как  $2 \log n$ , где  $n$  – одинаковое число точек вдоль каждой из осей. Для трехмерного пространства это количество будет расти как  $3 \log n$ .

Рассмотрим непрерывное одномерное пространство. Нам уже известно, что для непрерывного множества (континуума) количество информации равно бесконечности. Однако можно на заданном непрерывном отрезке построить сеть конечных множеств (отрезков) диаметром не больше  $\varepsilon$ , где  $\varepsilon$  будет означать степень точности измерения данного отрезка. Для того чтобы представить изменение количества информации на отрезке, выберем отрезок действительной числовой прямой, ограниченной 0 и 1. Тогда ясно, что количество малых отрезков диаметром  $\varepsilon$  в этом отрезке равно  $\frac{1}{\varepsilon}$ , а количество информации растет на отрезках как  $\log \frac{1}{\varepsilon}$ . Аналогично для двухмерного пространства количество информации будет расти как  $2 \log \frac{1}{\varepsilon}$ , а для трехмерного – как  $3 \log \frac{1}{\varepsilon}$ .

В физике и других науках часто рассматриваются пространства, которые имеют более трех измерений. Это означает,

что к размерности реального пространства добавляется размерность и других количественных характеристик реальных процессов, например скоростей, ускорений, импульсов и т. д. Другими словами, к пространственным различиям добавляются временные и другие различия. Так возникают абстрактные четырехмерные и вообще  $n$ -мерные (или бесконечномерные) пространства. В классической механике используются  $n$ -мерные евклидовы пространства, количество информации которых растет как  $n \log \frac{1}{\varepsilon}$ .

Комбинаторное количество информации пространства обычно называется его информационной емкостью. Представляет интерес проведенный А. Н. Колмогоровым \* подсчет информационной емкости более общих пространств, чем евклидовы, поскольку такие пространства используются, в частности, современной физикой (квантовой механикой, теорией элементарных частиц) \*\*. Таким образом, понятие *информационной емкости* имеет отношение как к свойствам объективно-реального пространства, так и к свойствам объектов физики макро- и микромира. Изучение абстрактных и реальных пространств с информационной точки зрения, имеет большое теоретико-познавательное значение, ибо помогает обоснованно выбирать соответствующий аппарат научных теорий для адекватного отражения свойств объектов действительности. Аналогичное значение имеет и топологическая теория информации, развиваемая Н. Ращевским, который стремится новыми методами исследовать биологическое пространство (пространственную организацию биологических систем).

Информационный аспект времени разработан значительно меньше. Нам известна, пожалуй, лишь попытка И. Земана свя-

---

\* См. Колмогоров А. Н. О некоторых асимптотических характеристиках вполне ограниченных метрических пространств: докл. АН СССР. 1956. Т. 108. № 3.

\*\* См. Акчурина И. А. Теория элементарных частиц и теория информации // Философ. проблемы физики элементар. частиц: сб. АН СССР, 1963 ; *Его же*. Развитие понятийного аппарата физики элементар. частиц // Вопр. философии. 1966. № 10.

зять понятие информации с некоторыми метрическими свойствами времени (длительностью, темпами его изменения) \*. В этом параграфе мы рассмотрим лишь ряд вопросов, имеющих отношение к проблеме длительности времени.

Важно подчеркнуть, что свойства и пространства, и времени выводятся из самого движения материи как их сущности, из материальных взаимодействий как конечной причины вещей. Это положение для пространственной протяженности было рассмотрено С. Т. Мелюхиным \*\*. Длительность – это протяженность времени, т. е. его метрическое свойство, как бы расстояние от одного момента времени до другого. Обычно нас интересует длительность времени одного объекта (процесса) относительно других. Эту относительную длительность имеет смысл назвать *индивидуальной длительностью* \*\*\*. Можно рассматривать длительность некоторого класса объектов (явлений): более узкого – видовую и более широкого – родовую и т. д.

Индивидуальная длительность складывается из суммы длительностей различных стадий индивидуального (онтогенетического) развития объекта, процесса. Для того чтобы определить индивидуальную длительность или ее часть, мы должны уметь различать одно состояние, ступень развития от другой. Здесь мы рассмотрим длительность качественного состояния объекта, то есть время существования объекта или процесса в данном его качестве. Такое рассмотрение имеет то методологическое преимущество, что мы можем исходить из закона взаимного перехода количественных и качественных изменений, в частности из понятия меры. Поскольку качество всегда сохраняется лишь в пределах меры, то она имеет отношение к длительности сущест-

---

\* См. Зеeman И. Познание и информация. Гл. VI.

\*\* См. Мелюхин С. Т. О трактовке понятий «элементарность» и «структура» в применении к микрообъектам // Философ. вопр. соврем. физики: Киев: Наукова думка, 1964. С. 232.

\*\*\* См. Урманцев Ю. А., Трусов Ю. П. О свойствах времени // Вопр. философии. 1961. № 5.

вованя данного качества. Длительность качества с этой точки зрения есть определенная мера метрических различий времени. Переход за пределы меры этих временных различий ведет к изменению качества. В этой трактовке длительности ясно видна ее связь с информацией, определение ее через различие. Одновременно здесь проявляется связь различия с тождеством, ибо сохранение качества есть его тождество.

Рассмотрим связь информации и времени в неживой и живой природе, обществе и познании.

Существуют самые различные мнения о зависимости длительности, устойчивости существования объектов неживой природы от их информационного содержания. Разноречивость мнений обусловлена в какой-то степени слабой изученностью этой проблемы и, кроме того, особенностями самих объектов неживой природы. Например, в области микрообъектов существуют частицы, время «жизни» которых составляет  $10^{-23}$  секунд, тогда как мю-мезон существует уже  $10^{-6}$  секунд, нейтрон – более десятка минут, а электрон, фотон и нейтрино могут существовать практически очень долго – их возраст не менее возраста метagalактики. Атомы, с одной стороны, являются более устойчивыми образованиями, чем некоторые элементарные частицы, но, с другой стороны, менее устойчивыми, чем входящие в их состав электроны. Аналогичные соображения можно высказать и относительно молекул. Все же, по-видимому, следует согласиться с мнением Г. Ферстера, который полагает, что «в неживой природе увеличение сложности приводит к понижению устойчивости образования...» \* Это показано им на примере химических элементов. В более общем случае упомянутое положение следует из действия законов термодинамики открытых систем.

В течение длительного времени эволюции неживой природы в космических масштабах должно было установиться состояние, близкое к стационарному состоянию равновесия. Открытая

---

\* Ферстер Г. Био-логика // Проблемы бионики. М.: Мир, 1965. С. 8.

система достигает такого состояния, если изменение энтропии внутри ее равно изменению энтропии в окружающей систему среде, но противоположно по знаку. Для открытых систем стационарное состояние является устойчивым\*. Это означает, что открытая система, выведенная из состояния равновесия, стремится в него вернуться. При этом оказывается, что системы с меньшей энтропией (и большим информационным содержанием) менее распространены в неживой природе, чем системы с большей энтропией (меньшим количеством информации). Но более распространенными являются более устойчивые системы. Поэтому вывод Ферстера подтверждается не только примером химических элементов, но и теоретическими соображениями, следующими из термодинамики необратимых явлений, которая, в частности, охватывает информационные процессы неживой природы.

Связь информации (точнее – ее количества) с индивидуальной длительностью систем (их устойчивостью) существует и в живой природе, но она носит здесь совершенно иной характер. Для систем неживой природы, обладающих низким по сравнению с системами живой природы информационным содержанием, характерен случайный, пассивный тип замены деградировавших (разрушенных) элементов. Это обусловлено тем, что системы неживой природы лишь передают и хранят информацию, но не используют ее. Живые организмы, как первичные кибернетические системы, уже используют информацию, поэтому они активно заняты поиском во внешней среде таких элементов, которые могли бы заменить деградировавшие элементы. Новый тип сохранения живых структур связан, как уже отмечалось, с появлением самоуправления в его различных видах.

Сам процесс сохранения, устойчивости кибернетических систем имеет антиэнтропийный характер. «Одной из основных

---

\* Для закрытых систем устойчивым состоянием является такое, когда энтропия достигает максимума и *уже* не изменяется во времени.

причин изменения состояния вещества во времени, – указывает А. А. Ляпунов, – является термодинамическая деградация, сопровождающаяся ростом энтропии в изолированных системах. Повышенная устойчивость означает способность противостоять процессам термодинамической деградации. Это возможно лишь в том случае, когда рассматриваемое вещество не является термодинамически изолированным. Повышенно устойчивое вещество нуждается в постоянном притоке энергии и постоянном оттоке энтропии. Ясно, что наличие некоторого повышенно устойчивого вещества ведет к тому, что в какой-то другой части термодинамической системы рост энтропии окажется повышенным. Таким образом, живое не может представлять собой термодинамически замкнутую систему, оно находится в состоянии постоянного энергоэнтропического обмена с внешним миром. Одна из задач, решаемых управляющей системой, которая вызывает сохраняющие реакции, состоит в управлении потоком энергии, поступающей в данное тело, и потоком энтропии, выходящим из него. Информация, накопленная в этой управляющей системе, служит для регулирования этих потоков»<sup>\*</sup>.

А. А. Ляпунов показывает, что в живых системах более высокая устойчивость надорганизменных систем (популяций<sup>\*\*</sup>, видов, родов и т. д.) обусловлена появлением такого сохраняющего фактора, как размножение. Однако и на уровне популяции устойчивость зависит от состава популяции и разнообразия внешних условий. Она возрастает благодаря расширению разнообразия составляющих популяцию типов организмов и разнообразия окружающих веществ и запасов энергии. Если продолжительность жизни организма принять за единицу, то длительность существования популяции (вида) может возрасти в 10–100 раз. Еще большей продолжительностью жизни характеризуется род.

---

<sup>\*</sup> Ляпунов А. А. Об управляющих системах живой природы // О сущности жизни: сб. М.: Наука, 1964. С. 70.

<sup>\*\*</sup> Популяцию можно определить как группу организмов, относящихся к одному или сходным видам и занимающих определенную область.



При переходе от популяции (вида) к роду разнообразие типов организмов увеличивается. Одновременно это ведет и к увеличению стабильности соответствующих живых систем. Переход к биоценозу<sup>\*</sup> сопровождается еще большим ростом устойчивости. Интересно отметить, что в работах по экологии (науке, исследующей взаимоотношение живых систем и внешней среды) проблема зависимости стабильности сообщества от его разнообразия довольно подробно изучена, и эту стабильность характеризуют формулами теории информации.

Итак, если мы будем рассматривать длительность существования организмов, их популяций (видов), родов, биоценозов, то здесь намечается весьма простая зависимость, а именно: длительность существования биологической системы увеличивается с увеличением ее информационного содержания.

При переходе от биологической ступени к социальной происходит дальнейшее увеличение информационного содержания социосферы (ноосферы)<sup>\*\*</sup>, и при тенденции к бесконечному увеличению количества информации в сфере взаимодействия общества и природы наблюдается тенденция к бесконечной длительности существования человечества<sup>\*\*\*</sup>.

Здесь, естественно, возникает вопрос о причине такой зависимости между количеством информации биологических и общественных систем и длительностью их существования. Думается, что определенный ответ мы находим в законе необходимого разнообразия. Ведь увеличение разнообразия кибернетических систем сопряжено с появлением новых управляющих систем (регуляторов), цель которых – увеличить устойчивость систем по отношению ко все большему разнообразию возмущений. След-

---

\* Биоценоз – это совокупность популяций, которая включает как растения животных, населяющих определенную территорию.

\*\* Область природы, охваченная разумной человеческой деятельностью, сфера взаимодействия общества и природы.

\*\*\* Более подробно эти вопросы рассмотрены в кн.: *Урсул А. Д.* Освоение космоса. Гл. III, V.

ствием этого является увеличение индивидуальной длительности той или иной кибернетической системы.

Конечно, в живой природе и обществе рассматриваемая связь количества информации с длительностью существования систем не является единственной. Можно согласиться с мнением Я. Ф. Аскина, что «трудно уловить какую-либо закономерную связь между степенью сложности организма и длительностью его существования»<sup>\*</sup>. Действительно, длительность жизни растительных организмов, очевидно менее сложных, чем животные, обычно больше длительности существования последних. Здесь наблюдается как бы возврат к закономерностям неживой природы. Можно предположить, что определенную роль играет не только количество информации, но и такая информационная характеристика, как избыточность. Растения обладают большей избыточностью элементов (клеток, органов), чем животные. Окончательный ответ на этот вопрос следует ожидать от бионики, которая изучает, в частности, принципы обеспечения надежности в живой природе.

Наиболее полно надежность исследована в технических устройствах. В настоящее время возникла специальная наука – теория надежности<sup>\*\*</sup>, которая изучает способность технических устройств безотказно работать, т. е. выполнять все функции в течение определенного времени в заданных условиях.

В самом общем смысле под надежностью следует понимать «способность системы сохранять в процессе функционирования необходимые качества в заданных пределах»<sup>\*\*\*</sup>. Заметим, что

---

<sup>\*</sup> Аскин Я. Ф. Проблема времени. Ее философское истолкование. М.: Мысль, 1966. С. 121.

<sup>\*\*</sup> Уже началось исследование философских вопросов теории надежности, см.: Астафьев А. К. Философские и биологические аспекты проблемы надежности живых систем // Вестн. ЛГУ. Сер. 5: Экономика, философия, право, Вып. 1. 1967; Его же. Надежность живых систем // Вопр. философии. 1967. № 6; Пушкин В. Г. Философские вопросы теории надежности кибернетических систем // Ленингр. гос. пед. ин-т им. А. И. Герцена. Тр. кафедр философии и политэкономии. Т. 284. Л., 1967.

<sup>\*\*\*</sup> Ушаков И. А. Основные принципы и методы теории надежности // Вопр. философии. 1967. № 6. С. 115.

надежность тесно связана с сохранением, устойчивостью, тождеством. Именно это и обуславливает связь надежности и длительности существования систем.

В обычных технических устройствах применяется так называемое последовательное соединение элементов: при выходе из строя одного элемента отказывает все устройство. Повышение надежности (устойчивости исправной работы) систем достигается за счет применения избыточных элементов, то есть путем резервирования. Такое применение избыточных элементов можно назвать функциональным резервированием. При отказе элемента система может перестраиваться таким образом, что восстанавливает свое функционирование, т. е. происходит «саморемонт» системы. Подобное резервирование называется активным. При пассивном резервировании система конструируется таким образом, чтобы отказ одного или нескольких элементов не влиял на ее работу. В этом случае применяется так называемое параллельное соединение элементов, когда все они несут одну и ту же функцию.

Принцип резервирования в различных видах используется в живых системах. При этом, как отмечают В. И. Сифоров и Г. Б. Линковский, «жизнедеятельность организма действительно может основываться на использовании малонадежных элементов. В целом организм обладает высокой надежностью, несмотря на то что в нем огромное количество малонадежных элементов»<sup>\*</sup>.

Живые организмы используют пассивное резервирование, когда элементы (клетки, органы и др.) имеются в организме в избытке и работают параллельно, хорошо известны также случаи «саморемонта» – самовосстановления живых систем.

По-видимому, связь информации, ее количества (избыточности, а может быть, и ценности) с длительностью времени в живой природе свидетельствует в пользу гипотезы так называемого биологического времени.

---

<sup>\*</sup> Сифоров В. И., Линковский Г. Б. Надежность в живой природе // Природа. 1962. № 7. С. 30.

Одним из первых по вопросу о биологическом времени интересные соображения высказал В. И. Вернадский \*. Он полагал, что существуют коренные различия между живыми и неживыми (косными) телами, которые могут быть сведены, в частности, к различиям по энергии, по химическим проявлениям и по пространству – времени. По его мнению, геометрия пространства – времени внутри живого вещества отличается от евклидовой.

Точка зрения В. И. Вернадского о специфике времени живых существ разделялась также физиологом А. А. Ухтомским. Для него физиологическое время отличается от физического времени своим неравномерным течением, неоднородностью, некоторой степенью обратимости.

Аналогичные соображения высказывались и за рубежом. Экспериментальные данные привели, например, Л. дю Нуи \*\* к введению понятия *биологического времени*, качественно отличного от физического времени. В частности, он высказал идею, что со старением человека течение физического времени для него убыстряется.

Г. Бакман \*\*\* также считает, что биологическое время замедляется по сравнению с физическим. Это замедление времени в организмах связано с тем, что степень их организации выше, чем физических объектов.

Наряду с понятиями физического и биологического времени И. Земаном \*\*\*\* вводится, например, понятие *гносеологического времени*, которое определялось бы не физическими или биологическими процессами, а процессами познания, в частности накоплением научной информации. И. Земан проводит аналогию между замедлением времени в результате движения, скорость которого приближается к скорости света, и замедлением времени в результате накопления информации (на примере процесса по-

---

\* См. Вернадский В. И. Время // Вопр. философии. 1966. № 12. С. 109–110.

\*\* Noiÿ L. du Biological Time. L., 1936.

\*\*\* Backman G. Wachstum und organische Zeit. Leipzig, 1943.

\*\*\*\* См. Земан И. Познание и информация. Гл. VI.

знания). Эта гипотеза носит спорный характер, однако если ее принять, то представляется возможным объяснить с единой точки зрения соображения Л. дю Нуи об ускорении физического времени со старением организма (так как энтропийные процессы начинают все более активно уменьшать его информационное содержание) и гипотезу Г. Бакмана о замедлении органического времени по сравнению с физическим (так как организмы содержат большее количество информации, чем любые физические объекты).

Если бы в организме не происходил рост энтропии, то он мог бы существовать вечно. Время в такой системе замедлилось бы и имело бы бесконечную длительность. Как было показано выше, прогрессивная линия развития связана с накоплением информации. Системы с большими количествами информации и механизмами самоуправления в принципе могут существовать продолжительнее систем с малыми количествами информации и без механизмов самоуправления. Поэтому, если стать на точку зрения И. Земана, в более высокоразвитых системах, обладающих более совершенным самоуправлением, время как бы замедляется. Это замедление времени подобно релятивистскому, но здесь оно зависит не от скорости движения, не от тяготения, а от информационного содержания систем.

Чем более развита та или иная материальная система, тем «информационная» замедленность времени выступает все явственнее. За период примерно в 5 млрд лет темпы прогрессивного развития, как показывают расчеты, основанные на данных, приводимых в § 8, возросли приблизительно в  $10^{25}$  раз\*.

Все это говорит в пользу того, что увеличение количества информации ведет как бы к замедлению времени (по отношению к информационным процессам). Если бы человечество, как материальная система, увеличивало свое информационное содер-

---

\* О связи темпов и замедления времени см. в кн.: *Земан И. Познание и информация*. С. 15–17.

жание до бесконечности, то это означало бы, что время существования общества по сравнению, например, с другими, менее развитыми системами стремилось бы к бесконечности. Но с возможностью бесконечного накопления информации и связан, в частности, такой процесс, как освоение природы на Земле и за ее пределами.

## § 12. Симметрия, асимметрия и информация

В последние годы у нас значительно повысился интерес к изучению симметрии. Однако обычно понятия *симметрии* и *информации* рассматриваются в отрыве друг от друга. Здесь мы попытаемся обратить внимание на объективную основу их взаимосвязи. Представляется, что изучение этой взаимосвязи позволит глубже познать природу информации и симметрии, будет содействовать дальнейшему развитию и взаимопроникновению методов их исследования.

Правильный ответ на вопрос о том, что такое симметрия, лежит на пути анализа становления понятия симметрии в науке \*. Этот логико-гносеологический анализ позволяет выявить те общие тенденции, которые связаны с развитием данного понятия, вычленив наиболее существенные его признаки.

Развитие понятий симметрии и асимметрии неразрывно связано с понятиями однородности и неоднородности, изотропности и анизотропности, равномерности и неравномерности, однообразия и разнообразия, порядка и беспорядка, покоя и движения, сохранения и изменения, равенства и неравенства и т. д. Г. В. Вульф отмечает, что «симметрия состоит прежде всего в однообразии частей фигур и в однообразном расположении этих частей в фигуре. Это однообразие мы обнаруживаем, перемещая в простран-

---

\* Различные аспекты становления понятия симметрии см. в работах: Вейль Г. Симметрия. М.: Наука, 1968 ; Готт В. С. Симметрия и асимметрия. М.: Знание, 1965 ; Готт В. С., Перетулин А. Ф. Симметрия и асимметрия как категории познания // Симметрия, инвариантность, структура (Философ. очерки). М.: Высш. шк., 1967 и др.

стве часть симметричной фигуры и замечая, что при одинаковых перемещениях эта часть периодически совпадает с другими такими же частями фигуры»<sup>\*</sup>. О повторении однообразия, как характерной черте симметрии, говорят также К. Л. Вольф и Р. Вольф<sup>\*\*</sup>. В. С. Готт<sup>\*\*\*</sup> увязывает понятие симметрии с порядком, пропорциональностью, соразмерностью, равновесием, устойчивостью, Н. П. Депенчук<sup>\*\*\*\*</sup> – с однородностью, В. И. Свидерский<sup>\*\*\*\*\*</sup> – с равномерностью и т. д.

А. В. Шубников в ряде работ понятие симметрии развивает на основе понятия равенства<sup>\*\*\*\*\*</sup>.

Наиболее простым является равенство совместимое (конгруэнтность). Смысл совместимого равенства легко понять, если рассмотреть зеркальное отображение шара. Шар, отраженный в зеркало, не отличим от своего оригинала – отображение и оригинал можно мысленно совместить.

Однако зеркальное отображение ряда предметов можно отличить от оригинала. Например, если мы будем двигать правой рукой, то наше изображение в зеркале будет двигать левой рукой. В этом случае можно говорить о равенстве зеркальном (зеркальности).

Исторически понятие симметрии возникло на основе равенства зеркального. Затем появилось уже синтетическое, родовое понятие равенства, включающее в себя свойства зеркальности и совместимости.

В геометрии оно основано на метрическом равенстве: фигуры считаются равными, если расстояние между произвольны-

---

<sup>\*</sup> Вульф Г. В. Симметрия и ее проявление в природе. М., 1919. С. 57.

<sup>\*\*</sup> Wolf K. L. und Wolff R. Symmetry. Köln, 1956. S. 4.

<sup>\*\*\*</sup> См. Готт В. С. Симметрия и асимметрия // Некоторые категории диалектики: сб. М.: Росвузиздат, 1963. С. 51.

<sup>\*\*\*\*</sup> См. Депенчук Н. П. Симметрия и асимметрия в живой природе. Киев: АН УССР, 1963. С. 13.

<sup>\*\*\*\*\*</sup> См. Свидерский В. И. Некоторые вопросы диалектики изменения и развития. М: Мысль, 1965. С. 257–272.

<sup>\*\*\*\*\*</sup> См. Шубников А. В. Симметрия. АН СССР, 1940. С. 5.

ми точками одной фигуры равны расстояниям между соответствующими точками другой фигуры.

Синтетическое понятие равенства, являясь единством упомянутых противоположностей (совместимости и зеркальности), носит двойственный характер. И эта двойственность понятия равенства в учении о симметрии, отмечает А. В. Шубников, вполне оправдана опытом.

Дальнейшее развитие понятия симметрии связано с включением и других видов равенств. Так, А. В. Шубников и другие ученые добавляют еще два вида равенства: антиравенство совместимое и антиравенство зеркальное\*. В результате учение симметрии стало базироваться на еще более общем понятии равенства, объем которого увеличился, а содержание существенно изменилось. Представления о симметрии все больше проникают в различные науки – физику, химию, биологию, причем они не обязательно связаны с геометрическими свойствами объектов.

Современная наука имеет дело с равенством, сохранением объектов, их свойств, связей, отношений, функций, законов и т. д. И в каждом таком случае могут рассматриваться специальные случаи симметрии, соответствующие определенным равенствам.

Важно подчеркнуть, что эволюция понятий симметрии в определенном отношении основана на расширении понятия равенства как в геометрическом, так и в других аспектах. Можно поэтому предположить, что наиболее общее понятие симметрии связано и с наиболее общим, абстрактным понятием равенства, т. е. с тождеством как философской категорией.

---

\* Как отмечает А. В. Шубников, «в антисимметрии практически используется принцип единства противоположности» (Шубников А. В. Антисимметрия. М.: Наука, 1966. С. 19) В том или ином отношении фигуры считаются антисимметричными, если они имеют противоположные знаки. Скажем, правым фигурам можно приписать знак минус, а левым – знак плюс (или наоборот) Антисимметричными являются, например, элементарные частицы и соответствующие им античастицы.



Наличие некоторого тождества, инварианта есть необходимое, но еще не достаточное условие симметрии. Тождество лишь тогда выступает в роли симметрии, когда оно неотделимо от соответствующих преобразований, сохраняющих данное тождество. Например, чтобы доказать, что круг симметричен относительно линии, лежащей в плоскости круга и проходящей через его центр, необходимо мысленно совместить одну половину круга с другой. Совмещение и есть определенное изменение, в результате которого сохраняется тождество (равенство двух половинок круга). Именно тот или иной тип изменения (вращение, сдвиг и т. д.), в результате которого появляются инварианты, тождества, и определяет так называемую группу симметрии (если пользоваться принятыми теоретико-групповыми понятиями). Можно предполагать, что различным видам инвариантов, тождеств, по-видимому, взаимнооднозначно соответствуют определенные изменения, в частности группы преобразований, определяющих операцию симметрии.

Без того или иного преобразования симметрии не существует. На это вполне определенно указывали исследователи симметрии Г. В. Вульф, А. В. Шубников, Ю. А. Урманцев и др. ученые. Причем в случае наиболее общего, философского понимания симметрии преобразование можно рассматривать как изменение вообще.

Полная совокупность нетождественных между собой операций симметрии образует группу. Неэквивалентные, нетождественные операции называются элементами группы, или элементами симметрии. Нет таких объектов, которые бы не обладали ни одним элементом симметрии, так как любые объекты (или их части) всегда могут быть тождественными в отношении некоторых изменений (например, при всех своих изменениях объект генетически тождествен самому себе).

Любое конкретное тождество, связанное с симметрией, необходимо дополняется изменением, движением, а значит, и раз-

личием. Связь симметрии с различием выступает в двух аспектах: во-первых, любой инвариант (тождество) внутри себя содержит неинвариантные, различные компоненты и, во-вторых, любой инвариант (внешне) связан с соответствующим преобразованием, изменением.

Из вышеизложенного вытекает связь тождества и различия как существенных и самых общих признаков, входящих в содержание понятия симметрии. Это позволяет дать общее определение этому понятию на базе понятий тождества и различия. Симметрия – это категория, обозначающая процесс существования и становления тождественных моментов (в определенных условиях и в определенных отношениях) между различными и противоположными состояниями явлений мира \*. Понятие симметрии на основе единства тождества и различия, сохранения и изменения развивается и в монографии Н. Ф. Овчинникова «Принципы сохранения».

Однако Ю. А. Урманцев в рецензии на книгу Н. Ф. Овчинникова обратил внимание на то, что в этом случае остается невыясненным, чем же симметрия отличается от единства сохранения и изменения (тождества и различия), т. е. не указывается видовое отличие симметрии от сохранения и изменения. Ю. А. Урманцев дает иное общее определение симметрии. Симметрия – это особого рода инвариантности (виды сохранения) относительно соответствующих групп преобразований (реальных и/или мыслимых изменений, обладающих теоретико-групповыми свойствами) \*\*.

В этом определении в качестве видового признака симметрии выделяются теоретико-групповые свойства. Действительно, теоретико-групповые свойства являются, с одной стороны, весьма общими, а с другой стороны, достаточно частными, чтобы

---

\* См. Готт В. С., Перетулин А. Ф. Симметрия и асимметрия как категории познания // Симметрия, инвариантность, структура: сб. С. 40.

\*\* См. Урманцев Ю. А. Сохранение, симметрия и структура с точки зрения философии // Вопр. философии. 1968. № 1. С. 162.

выделить симметрию из всех других видов единства тождества и различия. Однако возникает вопрос: все ли свойства симметрии определяются теоретико-групповыми свойствами? И всегда ли симметрия будет использовать лишь один математический аппарат – теорию групп? \*

Нам представляется, что свойств симметрии бесконечно много: симметрия так же неисчерпаема, как и электрон, и информация, и т. п., как любой объект и как любое свойство движущейся материи. Поэтому выявленные в настоящее время теоретико-групповые свойства симметрии вряд ли являются самыми общими видовыми признаками симметрии. Эти свойства характеризуют лишь наиболее распространенное современное понимание симметрии, и, надо полагать, в дальнейшем человеческое познание обнаружит еще более общие свойства симметрии, нежели те, которые изучаются теорией групп. Поэтому, учитывая дальнейшую возможную эволюцию понятия симметрии, нужно признать, что границы между понятием симметрии и единством тождества и различия оказываются в общем не столь уж определенными. Эти границы достаточно четки, если мы имеем дело с данной математической теорией симметрии (теорией групп), а само понятие симметрии рассматриваем как «застывшее» в этой теории. Но эти границы уже неопределенны, если рассматривать возможную эволюцию понятия симметрии, если заранее не исключать того, что учение о симметрии будет использовать не только теорию групп, но и другой математический аппарат. Ситуация здесь напоминает положение с теорией информации. Подобно тому как последняя не может использовать только теорию вероятностей, так и учение о симметрии не будет ограничиваться лишь теорией групп.

---

\* Некоторое множество элементов называется группой, если оно удовлетворяет так называемым групповым аксиомам, которых всего четыре (см. Курош А. Г. Теория групп. М.: Наука, 1967).

Из сказанного вытекает, что приведенные определения В. С. Готта, А. Ф. Перетурина и близкое к нему определение Н. Ф. Овчинникова, будучи достаточно широкими, позволяют понятию симметрии выйти и за обычные, теоретико-групповые, рамки, схватывают важные свойства симметрии. Подобное широкое определение симметрии методологически эффективно, поскольку, как мы покажем дальше, в этом случае можно получить некоторые новые результаты.

Но прежде всего несколько слов о категории, которая является полярной категории симметрии, т. е. об асимметрии. Под асимметричными объектами можно было бы понимать объекты, в которых полностью отсутствовали бы элементы симметрии. Однако в действительности, как мы отмечали выше, подобных объектов не существует, так как всегда обнаруживается такой элемент симметрии, как единичный элемент группы. В наличии единичного элемента группы отражается тот простой факт, что объект как таковой существует, что он тождествен самому себе. Как бы ни были различны объекты, всегда между ними обнаружится тождество (относительное равенство).

Под полностью асимметричным можно подразумевать объект с бесконечным числом асимметризирующих признаков. Но любой конечный объект на данном уровне не является бесконечно асимметричным, а представляет собой или объект с максимальной симметрией, или объект с минимальной симметрией (или нечто промежуточное между ними). Именно минимальная симметрия и есть реально существующая асимметрия конечных объектов.

Объекты, которые не являются максимально симметричными или минимально симметричными (асимметричными), будем называть диссимметричными. Таким образом, симметрия и асимметрия есть частные случаи (абстракции) диссимметрии. В самом деле, в мире не существует отдельно ни абсолютно симметричных, ни абсолютно асимметричных объектов. Следова-

тельно, в любом объекте всегда существует единство симметрии и асимметрии, т. е. диссимметрия.

По аналогии с элементами симметрии можно говорить и об элементах диссимметрии \*.

Взаимосвязь понятий симметрии и информации становится очевидной, если сравнить их наиболее широкие определения. Предельное определение симметрии основано на связи с категориями тождества и различия, понятие информации также определялось нами именно на основе этих же категорий. В известном смысле категории симметрии и информации противоположны. Ведь увеличение в объекте симметризирующих признаков должно вести к уменьшению количества информации. И наоборот, уменьшение в объекте числа элементов симметрии всегда должно быть связано с увеличением количества структурной информации.

При этом необходимо сделать оговорку, что изменение числа элементов симметрии и количества информации должно рассматриваться в одном и том же отношении. Если этого не учитывать, то легко прийти к противоположному выводу. Как ранее было отмечено, тождество, сохранение симметрии в одном отношении связано с различием, изменением в другом отношении, поэтому увеличение тождества (в плане инвариантности) сопровождается увеличением различий (скажем, изменений, обладающих теоретико-групповыми свойствами).

Рассмотрим подробнее различные области действительности, в которых можно проследить взаимосвязь симметрии и информации.

---

\* Под элементами диссимметрии можно понимать «те из элементов симметрии высшей взятой для сравнения группы, которые выпадают из нее при переходе к данной группе, являющейся подгруппой высшей группы. Иначе говоря, элементами диссимметрии данной группы будем называть те элементы симметрии, которые нужно добавить к данной группе, чтобы она преобразовалась в высшую группу, сравниваемую с данной» (*Шубников А. В. Диссимметрия. // Вопр. минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л., 1946. С. 158*). Однако понятие элементов диссимметрии может трактоваться и в несколько ином аспекте (с использованием комбинаторики) – см. об этом в работах Ю. А. Урманцева.

Известно, что в области неживой природы происходят как процессы симметризации и асимметризации (а лучше сказать, диссимметризации), так и изменение количества связанной в структуре косных систем информации. Нами уже отмечалось, что увеличение структурной информации неживых объектов вытекает из действия термодинамических закономерностей (при этом рассматривались лишь открытые системы). Число способов, которыми можно осуществить распределение молекул по объему, связано с термодинамической вероятностью, причем наиболее вероятное распределение молекул – равномерное. Это состояние характеризуется максимальной энтропией (минимальным количеством структурной информации). Переход от неравномерного распределения к равномерному означает уменьшение различий в определенных аспектах, а значит, и увеличение симметрии именно в этих же отношениях.

Рассмотрим теперь процесс кристаллизации, происходящий под действием внесенных в жидкость кристаллов или при возникновении центров кристаллизации в соответствующих условиях. Кристаллизация характеризуется диссимметризацией жидкости, если возникающий кристалл по сравнению с жидкостью обладает меньшим количеством элементов симметрии. Сам тип диссимметризации существенно зависит от внешних условий (от температуры, давления, силы тяжести и т. д.). Например, для одного и того же вещества – углерода в зависимости от условий возможны различные типы симметрии кристаллов. Но переход от жидкости к кристаллу связан с увеличением информационного содержания системы \*. Следовательно, в данном случае процессы диссимметризации и увеличения количества информации отражают взаимосвязанные стороны процесса кристаллизации.

В живой природе прогрессивная эволюция также связана с накоплением информации, если рассматривать ее с точки зрения

---

\* Это хорошо показал М. В. Волькенштейн (см. его монографию: Молекулы и жизнь. Введение в молекулярную биофизику. М.: Наука, 1965. С. 39).

изменения внутреннего разнообразия. Этот процесс в данном отношении может быть охарактеризован и как имеющий тенденцию к асимметризации \*. И в области биологических явлений связь симметрии и информации имеет свою основу в изменении степени тождества и различия.

Взаимосвязь симметрии и информации начинает изучаться и в науках об обществе. Так, в настоящее время учение о симметрии и асимметрии используется в психологии и педагогике \*\*. Как известно, в этих науках применяются теоретико-информационные методы. Например, в психологии изучается «пропускная способность» зрения, слуха, вкуса (проводятся опыты с различением интенсивности тонов, яркости, оттенков, концентрации растворов, цветов зрительных раздражителей и т. д.), «пропускная способность» и принципы переработки информации мозгом, процессы восприятия образов, хранение информации в памяти и т. д. По-видимому, именно в психологии появились первые работы, в которых сознательно использовалась связь симметрии и информации. Упомянутая связь служила исходным пунктом для изучения памяти известным американским психологом Ф. Эттнивом (исследовались представления о предметах в различной степени симметричных). Как отмечает Ф. Эттнив, «эффекты симметрии ассоциировались с уменьшением количества информации» \*\*\*.

К сожалению, проблема симметрии в науках об обществе исследуется еще недостаточно. Однако это не может служить основанием для вывода о том, что в обществе нет явлений симметрии и асимметрии. В ряде работ по симметрии приводятся достаточно примеры использования явлений симметрии и асимметрии в технике, архитектуре, прикладном искусстве

---

\* См. Готт В. С. Симметрия и асимметрия. М.: Знание, 1965. С. 18–27.

\*\* См. Ананьев Б. Г. Важная проблема современной педагогической антропологии // Совет. педагогика. 1966. № 1.

\*\*\* Attneave F. Symmetry, Information and Memory for Patterns // The American Journal of Psychology. 1955. Vol. 68. № 2. P. 210.

(бордюры, ленты, орнаменты и т. п.) и других сферах человеческой деятельности \*\*\*\*.

Рассмотрим кратко проблему связи симметрии и информации в познании. Принцип симметрии (и его частный случай – принцип инвариантности как симметрии законов) – необходимое условие процесса познания физических явлений. Например, законы классической механики связаны с симметрией относительно преобразований Галилея, законы релятивистской механики – с симметрией относительно преобразований Лоренца и т. д. Принцип симметрии, по-видимому, является необходимым составляющим всякого познания, хотя и не во всех науках он получил математическое выражение.

В философском отношении важно выявить именно всеобщность принципа симметрии (а если говорить точнее, – принципа диссимметрии) как принципа познания и предсказать тем самым его появление в тех науках, где он в явном, осознанном виде еще не используется. В плане доказательства этого положения заметим, что в определенном отношении познание есть выявление законов исследуемых явлений. Но любой закон есть некоторое конкретное тождество в различном. Выделение законов в явлениях, тождественного в различном, общего в единичных объектах и т. п. есть в определенном аспекте также выявление симметричного в диссимметричном.

Вместе с тем этот же процесс есть процесс диссимметризации, если рассматривать отношение новых законов, более содержательных, к старым, менее содержательным. Естественно, что данное уже познанное единство тождества и различия не учитывает, не выявляет всего разнообразия, различия явлений, а потому в процессе познания заменяется более глубоким единством тождества и различия, т. е. тождеством, включающим в себе все новые и новые различия. Стремление выразить в фор-

---

\*\*\*\* См., например, *Шубников А. В.* Симметрия. АН СССР, 1940 ; *Вейль Г.* Симметрия. М.: Наука, 1968.



мах научного познания бесконечное различие явлений приводит к процессу диссимметризации, к разработке более совершенных теорий, к формулированию качественно новых законов. И хотя самое выражение законов связано с симметрией, во все более общих теориях происходит увеличение элементов диссимметрии.

Появление, например, новых типов симметрии в физике связано с выявлением диссимметрии во внутренней структуре элементарных объектов\*.

Благодаря выявлению элементов диссимметрии (и выпадению элементов симметрии) в теоретических моделях реальных объектов наше познание действительности становится глубже, полнее, адекватнее. Полностью адекватное отражение должно было бы охватить все реальное разнообразие, которое во всех отношениях бесконечно. Процесс познания связан со стремлением к этому абсолюту – бесконечному разнообразию.

Таким образом, можно сделать вывод, что в процессе познания действуют одновременно две противоположные, соотносительные тенденции – симметризация и диссимметризация.

Любой закон, выявленный в процессе познания, есть отражение разнообразия и в то же время его ограничение. Он ограничивает разнообразие в том смысле, что показывает, какие возможности разрешены, а какие запрещены. Так, из релятивистской механики известно, что возможны не все скорости, а лишь скорости, не превышающие скорость света, что существуют ограничения взаимосвязи между массой и энергией, и т. д. В гносеологическом аспекте ограничение разнообразия сказывается в выделении из бесконечного разнообразия лишь некоторого его количества. Другими словами, субъект в процессе познания воспринимает не все разнообразие, а лишь часть его, так как приходится ограничивать-

---

\* См. Сачков Ю. В. Развитие представлений физики об элементарных объектах в свете идей симметрии // Вопр. философии. 1963. № 2.

ся конечными пространственно-временными параметрами, лишь определенными связями объекта со средой и т. д.

Подобное ограничение разнообразия соответствует симметризации в процессе познания, поскольку из явления выделяется нечто относительно тождественное, т. е. закон. Вместе с тем переход в процессе познания от законов низшего порядка к все более адекватным законам (диссимметризация) означает расширение разнообразия. А это есть не что иное, как накопление (рост количества) информации.

Анализируя понятия симметрии и асимметрии, можно сделать вывод, что они отражают всеобщие свойства материи и, следовательно, постепенно становятся философскими категориями (В. С. Готт, Ю. А. Урманцев, Н. Ф. Овчинников, А. Г. Спиркин \* и др.). Наряду с этим высказываются возражения против этой точки зрения. Так, В. И. Свидерский \*\* полагает, что возведение понятий симметрии и асимметрии в ранг философских категорий неоправданно, так как не доказана их применимость, в частности, в сфере общественных явлений. Это не совсем так. Во-первых, понятия симметрии и асимметрии, как отмечалось, уже начинают использоваться и при изучении общественных явлений. Во-вторых, применимость понятий симметрии и асимметрии на общественной ступени развития следует и из весьма общих установленных выше положений. Ведь тождество и различие, на которых основано самое общее понятие симметрии, имеют место и в сфере общественных явлений. В. И. Свидерский отмечает, что свойства симметрии связаны с однородностью, одинаковостью, а асимметрии – с неоднородностью, неодинаковостью \*\*\*. Но однородность, одинаковость, как и их противоположности, также присущи общественным явлениям.

---

\* См. Спиркин А. Г. Курс марксистской философии. С. 188–169.

\*\* См. Свидерский В. И. Некоторые вопросы диалектики изменения и развития. С. 271–272.

\*\*\* См. Там же, с. 257.

Теория информации уже внедряется в общественные науки – психологию, лингвистику, экономику, юриспруденцию, педагогику и т. д. Следовательно, здесь может быть применено и учение о симметрии. Объективная причина слабого использования понятия симметрии (и асимметрии) и связанного с ними математического аппарата в общественных науках сопряжена, как нам думается, с еще слабым применением в них математики (поскольку общественные явления сложнее биологических, а тем более химических и физических).

Поскольку симметрия, асимметрия и информация являются определенными сторонами тождества и различия, а последние неразрывно связаны, можно говорить и о взаимосвязи, взаимопроникновении симметрии, асимметрии и информации. Представляется, что эта взаимосвязь и взаимопроникновение есть одна из сторон единства всеобщих свойств материи (атрибутов) \*.

Связь информации и симметрии (асимметрии) приводит к выводу о том, что явления симметризации, диссимметризации и процессы изменения количества информации в различных областях действительности, возможно, имеют одинаковые специфические особенности. Мы уже упоминали о предполагаемых отличиях информационных процессов в неживой и живой природе и общественных явлениях. В настоящее время исследуется, в частности, реальное отличие проявлений симметрии и асимметрии в мире элементарных частиц, кристаллов и живого вещества. Например, уже выявлена специфика типов симметрии живого вещества, что привело даже к возникновению особой науки – биосимметрии (Ю. А. Урманцев и др.). Можно ожидать, что выявление особенностей проявлений симметрии должно указывать на специфику информационных закономерностей, и наоборот. Сказанное, конечно, не означает, что не существует общих закономерностей проявления симметрии

---

\* См. Перетури́н А. Ф. Единство атрибутов материи. М.: Знание, 1966.

(асимметрии) и информационных процессов во всех областях действительности.

Взаимосвязь и взаимопроникновение симметрии (асимметрии) и информации делают возможным использование общих методов их исследования. Сейчас наиболее распространенным математическим методом исследования симметрии является теория групп. Однако уже в рамках развития теории диссимметрии был сделан вывод о том, что «теория групп... не может полностью отразить характер диссимметрии материальных объектов и особенно асимметрических»\*. Возникла проблема исследования диссимметрии более точными математическими методами. Ю. А. Урманцевым был предложен метод, основанный на использовании теории конечных множеств (комбинаторики). Это свидетельствует о возможности конкретного использования и методов теории информации, в частности комбинаторного подхода. Более общие соображения, изложенные в этом параграфе, свидетельствуют о возможности внедрения и статистической теории информации, и невероятностных подходов к изучению диссимметрии (симметрии и асимметрии). Можно также ожидать и еще более широкого использования методов теории групп в теории информации, и в особенности в теории кодирования.

В заключение остановимся на понятии симметрии в определении понятия вероятности. В первой главе уже упоминалось о классическом подходе к определению понятия вероятности. Считается, что, устанавливая число равновероятных (равновероятных) событий, исходя из соображений симметрии, скажем, симметрии двух сторон монеты, симметрии грани куба и т. д. Симметрия в этом случае выступает как нечто первичное по отношению к вероятности, как нечто вполне очевидное, интуитивно данное. Когда речь идет о симметрии

---

\* Урманцев Ю. А. О видах диссимметрии в природе // Биофизика. 1963. Т. 8. Вып. 1. С. 14

монеты, игральной кости и т. д., то можно, конечно, иметь в виду, что стороны монеты, грани кости не отличаются друг от друга и могут быть совмещены друг с другом в результате определенных преобразований. Но они тождественны лишь в некотором отношении, в других же отношениях они различны (например, всегда различно их пространственное положение). Поэтому, несмотря на конкретное тождество, мы все же можем отличить одну сторону монеты от другой, одну грань игральной кости от другой. Определяя далее вероятность выпадения определенной грани (стороны монеты) мы обращаем внимание уже на количество этих граней, сторон, то есть опять-таки на их разнообразие.

Однако это разнообразие не рассматривается как разнообразие преобразований, соответствующих данному типу симметрии. Если бы здесь были важны преобразования, то применялась бы теория групп для определения вероятности. В действительности же вероятности определяются не из теоретико-групповых соображений, а из соображений теории конечных множеств (комбинаторики). Следовательно, хотя в теории вероятностей исходят из соображений симметрии, но они не являются жестко привязанными к теории групп.

Понятие симметрии может быть использовано, конечно, для рассмотрения не только классического, но и статистического подхода к определению понятия вероятности. Подобно тому как в физике нарушение данного типа симметрии обычно ведет к поиску других, более общих групп симметрии, и в теории вероятностей нарушение условий симметрии классического подхода привело к возникновению нового – частотного (статистического) подхода. Здесь имеется в виду нарушение симметрии, выражающей равновозможность (равновероятность) событий, в результате, например, действия возмущений в процессе испытаний, неравномерного распределения материала игральной кости и т. д.

Рассмотренный пример связи симметрии и вероятности еще раз подтверждает взаимосвязь свойств симметрии и информации, вытекающую из взаимоотношения тождества и различия, и показывает возможность применения теоретико-вероятностных и теоретико-информационных методов в учении о симметрии.

### ИНФОРМАЦИЯ, ОТРАЖЕНИЕ, ПОЗНАНИЕ

#### § 13. Отражение как атрибут материи и информация

Существуют ли отражение без информации и информация без отражения? Конечно, не существуют – такой ответ на этот вопрос прочно утвердился в нашей философской литературе. И он, несомненно, правилен. Однако некоторые философы склонны в какой-то мере абсолютизировать эту связь. При чтении некоторых работ, посвященных философскому анализу понятия информации, невольно создается впечатление, что информация связана преимущественно с отражением. Связь же информации с другими всеобщими свойствами материи как-то остается в тени.

Действительно, информация не существует без отражения, но она невозможна и без других атрибутов материи – движения, пространства, времени и т. д. Поэтому, признавая неразрывную связь отражения и информации, нет необходимости представлять эту связь как единственно существующую, хотя она и изучена наиболее полно. Нельзя говорить о субординации всеобщих свойств материи, первичности одних атрибутов по сравнению с другими. Речь может идти лишь об их единстве, взаимосвязи, взаимопроникновении\*.

---

\* См. Перетулин А. Ф. Единство атрибутов материи.

Рассмотрение содержания понятия отражения представляется целесообразным начать с категории взаимодействия (причинности).

Воздействие одного тела на другое сопряжено с отражением. При этом объект, являющийся причиной, с точки зрения теории отражения называется отражаемым, а объект, являющийся следствием, отражающим. Отражение является стороной причинной связи. Из всего содержания понятия воздействия выделяется лишь определенный аспект. Под отражением в широком смысле понимается процесс и результат воздействия одной материальной системы на другую, который представляет собой воспроизведение в иной форме особенностей (черт, сторон, структуры) одной системы в особенностях (чертах, сторонах, структуре) другой\*. В процессе воздействия возможны и другие изменения, которые не соответствуют особенностям воздействующей системы. Но от этих последних изменений, составляющих содержание воздействия, отвлекаются при определении понятия отражения.

Если попытаться раскрыть, в чем же заключается соответствие между отражающим и отражаемым, то можно прийти к такому определению

Отражение – это воздействие одной материальной системы на другую, ведущее к установлению определенного (конкретного) тождества между системами, когда внутренние различия одной системы (отражающей) соответствуют внутренним различиям другой системы (отражаемой).

Как следует из приведенного определения, отражение выступает как диалектическая связь тождества и различия двух объектов, причем тождество объектов выражается через их раз-

---

\* См. Тюхтин В. С. О сущности отражения // *Вопр. философии*. 1962. № 5 ; Украинцев В. С. Информация и отражение // Там же. 1963. № 2 ; Тюхтин В. С., Пономарев Я. А. Отражение // *Филос. энциклопедия*. 1967. Т. 4 ; Тюхтин В. С. Отражение и информация // *Вопр. философии*. 1967. № 3 ; Шалютин С. М. Об отражении как общем свойстве материи // *Теория познания и современная наука*. М.: Мысль, 1967.



личие и благодаря ему. Такое определение дает возможность выразить информационный аспект отражения.

Правда, в определенном отношении оно является упрощением. Это упрощение сказывается, в частности, в том, что мы выделили лишь одну сторону реального процесса – именно воздействие одного объекта на другой. В более общем случае необходимо исходить не из воздействия, а из взаимодействия.

Отражение, основанное на взаимодействии, имеет смысл назвать взаимоотражением. В качестве отражаемой и отражающей здесь выступают обе взаимодействующие системы. Разработка теории взаимоотражения еще только начинается, но она уже остро необходима современной науке при изучении, например, свойств микрообъектов, сложных кибернетических систем. Взаимодействие можно рассматривать и как взаимодействие элементов, частей внутри объекта. Отражение, связанное с такого рода внутренними взаимодействиями, может быть охарактеризовано как самоотражение, т. е. отражение объектом (системой) самого себя.

Согласно ранее приведенному определению отражения информация выступает как содержание отражения. Содержанием отражения являются те изменения, различия, которые в отражающей системе соответствуют изменениям, различиям отражаемой системы. Информация как содержание отражения составляет лишь определенный класс различий.

Содержанием отражения являются те внутренние различия, которые присущи отражающему объекту. Но в то же время эти различия (но в иной форме) принадлежат не только отражающему объекту, но и отражаемому. Вне отношений с этим последним не имеет смысла говорить о содержании отражения.

Таким образом, информация, с позиций теории отражения, может быть представлена как отраженное разнообразие, а именно разнообразие, которое один объект содержит о другом объекте.

В большинстве случаев в реальном процессе отражения передача информации от отражаемого тела к отражающему происходит в форме сигнала. Следовательно, для того чтобы осуществился процесс отражения, кроме отражаемого и отражающего объектов необходим третий компонент – среда, передающая информацию, закодированную в форме сигнала.

В теории связи, теории информации под сигналом обычно понимается любой процесс или объект, при помощи которого можно передавать информацию, кодировать различия. Различия могут передаваться, например, величиной амплитуды тока, его частотой, длительностью импульсов и т. д. Короче говоря, те свойства сигналов (любых процессов), которые не изменяются (или от изменения которых отвлекаются), не несут информации, они тождественны для воспринимающего сигнал (отражающего) объекта. Те же свойства сигналов, которые могут передавать различия, изменяются соответственно изменению (различиям) передающего (отражаемого) объекта, являются информационными.

Сигналы (и соответствующие им типы отражения) можно разделить на четыре больших класса: сигналы в неживой, живой природе, обществе и технике. В неживой природе сигнальный характер взаимодействий не используется телами, так как там нет переработки информации.

Переработка информации связана с соотнесением информации, воспринимаемых различий с объектами, которые передают эти различия в форме сигналов. Такого соотнесения нет в неживой природе, отражение там носит пассивный характер.

Использование информационных свойств сигналов наступает лишь на уровне живых систем, в связи с появлением управления, о чем уже говорилось. Сигналы, используемые в технических (кибернетических) устройствах, формально не отличаются от взаимодействий, имеющих место в неживой природе, однако здесь происходит соотнесение информации с отображаемыми объективными различиями, что, в конечном счете, приходится на

долю человека. В настоящее время в кибернетических устройствах стремятся воспроизвести черты восприятия сигналов, свойственные живым организмам (чем занимается и бионика). Упомянутая проблема формулируется как проблема опознавания образов\*, которое связано с их отождествлением и различением. Создаются воспринимающие устройства, моделирующие органы чувств животных и человека, – так называемые перцептроны.

Сигналы, воспринимаемые каким-либо объектом, несут информацию об определенной стороне отражаемого объекта, но отнюдь не обо всем объекте полностью. Данный объект, взаимодействуя с другим объектом, может получать лишь ограниченное количество информации об отражаемом объекте. Ведь любой материальный объект бесконечно сложен, обладает бесконечным количеством информации. Но возможности отражения этого разнообразия ограничены конечными отражательными способностями конкретных материальных систем. Поэтому имеет смысл, исходя из вышесказанного, классифицировать виды отражения (как результата) в зависимости от особенностей отражающего объекта.

Вначале рассмотрим некоторые примеры. Пусть имеются две системы:  $M$  и  $N$ . Система  $M$  отражаемая, система  $N$  отражающая. Допустим, что система  $M$  состоит из некоторого конечного числа элементов (частей), каждый из которых посылает сигнал. Предположим далее, что система  $N$  включает в себя всего лишь один элемент. Может ли в этом случае она отразить внутреннее разнообразие системы  $M$ ? Может, но только в одном случае, если сама система  $M$  также состоит из одного элемента. Любое увеличение числа элементов системы  $M$  не ведет к увеличению отражаемого разнообразия, ибо в отражающей системе  $N$  всего один элемент. Какими бы особенностями, различиями ни

---

\* См. Сочинко В. П. Опознающие устройства (Обзор отечественной и зарубежной литературы). Л.: Судпромгиз, 1963 ; Бонгард М. М. Проблема узнавания. М.: Наука, 1967.

обладала отражаемая система, они никак не могут быть отражены. Думается, что в этом случае отражение не может быть выделено из взаимодействия. Легко видеть, что ни о каком содержании отражения не может быть речи, так как оно требует некоторой отраженной совокупности элементов во множестве. Итак, взаимодействие объектов возможно без передачи разнообразия, информации, тогда как отражение невозможно без этого.

Для того чтобы происходила передача информации от системы  $M$  к системе  $N$  в процессе их взаимодействия, необходимо, чтобы система  $N$  обладала минимум двумя могущими отражать элементами. Отражение на уровне элементов систем становится все более полным, или, как принято говорить, более адекватным, если все большее количество элементов системы  $N$  отражает элементы системы  $M$ . Наконец, когда каждому элементу системы  $M$  будет соответствовать только один элемент системы  $N$ , и наоборот, каждому элементу системы  $N$  будет соответствовать только один элемент системы  $M$ , между элементами систем будет установлено взаимоднозначное соответствие. Такое отражение назовем эквивалентным отражением. Степень адекватности отражения может определяться формулами теории информации.

Мы можем рассматривать степень адекватности отражения также на уровне упорядоченности, организации, структуры. Упомянутые уровни отражения необходимо четко разграничивать, но, к сожалению, это не всегда делается. Так, мы можем встретить в определениях понятия отражения утверждение, что речь обязательно должна идти о соответствии структур. Но это лишь частный случай отражения и сводить к нему общее определение отражения было бы неправомерным. Например, отражение на уровне элементов может не быть соответствием структур (если под структурой понимать инвариантные элементы). Ведь могут отражаться все элементы данного уровня, а не только инвариантные, и тогда отражение не будет связано только с соответствием структур.

В современной литературе, посвященной проблеме отражения, наметилась тенденция использовать понятия *гомоморфизма* и *изоморфизма*. Гомоморфным отражением называется такое отражение, которое выполняется при наличии трех условий. Во-первых, каждому элементу системы  $M$  соответствует один элемент системы  $N$ . Во-вторых, каждому отношению, связи элементов системы  $M$  соответствует одно отношение, связь элементов системы  $N$ . В-третьих, если для некоторых элементов  $a, b, c$  системы  $M$  выполняется некоторое отношение  $F_M$ , то для элементов  $a^1, b^1, c^1$  системы  $N$ , соответствующих элементам  $a, b, c$  системы  $M$ , выполняется отношение  $F_N$ , соответствующее  $F_M$ . При гомоморфном соответствии не должно быть взаимнооднозначного соответствия элементов систем. Другими словами, здесь наблюдается неполное, приближенное отражение одним объектом структуры другого. Степень адекватности гомоморфного отражения также можно определять методами теории информации.

Гомоморфное отражение переходит в изоморфное, если выполняется взаимнооднозначное соответствие между элементами и отношениями обеих систем ( $M$  и  $N$ ). В случае изоморфного отражения получается равенство количеств информации отражаемой и отражающих систем. В этом случае можно говорить о наиболее адекватном отражении.

Привлечение понятий гомоморфизма и изоморфизма оказывается очень полезным для теории отражения. Однако было бы неправильным понятие отражения формулировать лишь через упомянутые математические понятия. Дело в том, что гомоморфное и изоморфное отражения являются лишь частными случаями адекватного отражения. Необходимо учитывать, что применение математических понятий в философии оказывается полезным, если при этом не забывается, что они снижают уровень содержательности и выделяют лишь частные, хотя бы и очень важные, случаи.

Рассмотренные выше типы отражения показывают, что все более высокий тип отражения, или точнее: все более полное, адекватное отражение возможно лишь во все более сложных, организованных, упорядоченных системах. Рассматривая выше связь понятий информации и развития, мы сделали вывод, что увеличение разнообразия систем происходит именно на прогрессивной линии развития. Следовательно, прогрессивное развитие связано с тем, что более высокоразвитые системы обладают возможностью все более адекватного отражения. Действительно, растет сложность, упорядоченность, организация, структура отражающих объектов, у живых объектов появляются различные формы активного отражения, начиная от раздражимости (таксисы, тропизмы, настии) и кончая психическими формами отражения.

Роль увеличения внутреннего разнообразия была выявлена и в области кибернетических устройств. Кибернетические машины мы вынуждены делать все более сложными, организованными, упорядоченными (содержащими большее количество разнообразия на различных уровнях) именно для того, чтобы более точно, адекватно отражать и реагировать на разнообразие среды, в которой они должны работать. Об этом хорошо сказал Ст. Бир: «Часто можно услышать оптимистический призыв: “Создайте простую систему управления, которая не может ошибаться”. Беда заключается в том, что такие “простые” системы не обладают достаточным разнообразием, чтобы справиться с разнообразием окружающей среды. Таким образом, они не только неспособны не делать ошибок, но и вообще не могут правильно работать. Успешно справиться с разнообразием в управляемой системе может только такое управляющее устройство, которое само обладает достаточным разнообразием»<sup>\*</sup>.

Короче говоря, в силу закона необходимого разнообразия, активное отражение может быть более адекватным лишь в высокоорганизованных сложных системах.

---

<sup>\*</sup> Бир Ст. Кибернетика и управление производством. С. 74.

Усложнение аппарата отражения, которое происходило на линии прогрессивного развития, свидетельствует о том, что существует так называемое прогрессивное отражение. В чем оно заключается? Иногда высказывают точку зрения, что процессы отражения в неживой природе связаны с разрушением тел, с их регрессивными качественными изменениями\*. В принципе такие процессы действительно имеют место. Однако из этого не следует, что в результате отражения происходит только разрушение тел неживой природы. В неживой природе наблюдаются и иные процессы отражения, которые связаны не только с разрушением качества объектов, но и с его сохранением и даже с увеличением сложности, упорядоченности, организации естественных систем. Например, сохранение качества атома происходит, когда под действием фотона электрон не отрывается от атома, а лишь переходит с одного энергетического уровня на другой. Особое значение в неживых объектах приобретают такие их качества, которые допускают различные состояния. К ним относятся, в частности, состояния вырожденных уровней энергии, когда система при одной и той же величине энергии может находиться в различных состояниях. Отражение в неживой природе может происходить и без разрушения качественной определенности, за счет лишь количественных изменений. Как правило, во всех системах количество состояний, которые система может принимать без разрушения своей качественной определенности, тем больше, чем больше ее внутреннее разнообразие.

Итак, под прогрессивным отражением мы будем понимать отражение, ведущее к увеличению внутреннего разнообразия системы, а под регрессивным, или деструктивным, отражением – отражение, ведущее к уменьшению внутреннего разнообразия системы. В природе существуют оба эти вида отражения.

Поскольку прогрессивное отражение связано с накоплением внутреннего разнообразия системы, то в результате этого все

---

\* См. Жуков Н. И. Информация. С. 30.

разнообразие системы делится как бы на две части. Одну часть можно условно назвать структурной информацией, а вторую – отражающей информацией. Структурная информация – это элементы разнообразия, которые составляют структуру данного объекта, нечто устойчивое, постоянное в самом объекте. Если изменяется структурная информация, то система теряет свою качественную определенность. Таким образом, структурная информация – это часть внутреннего разнообразия системы, которое остается тождественным самому себе при любых (допустимых) изменениях.

Другая же часть внутреннего разнообразия системы может изменяться под воздействием других систем и несет функцию отражения. Мы уже отмечали, что увеличение внутреннего разнообразия высокоразвитых систем связано с увеличением перерабатываемой информации.

Неверно было бы представлять, что структурная и отражательная информация не связаны и не взаимодействуют между собой. В действительности существование отражательного разнообразия обусловлено существованием структурной информации (и наоборот). Это становится очевидным, если рассматривать любые системы, в которых имеется отражательный аппарат, в определенной степени дифференцированный от других структур (как, например, у высших животных, человека).

Характерной чертой отражательного аппарата живых организмов является его «специализация» преимущественно на информационном свойстве материи. Для того чтобы иметь возможность отражать другие объекты, отражательный аппарат должен легко перестраивать свою структуру. Это, в частности, означает, что энергия перестройки связей не должна быть чрезмерно большой. Можно выдвинуть гипотезу, что, например, на уровне ядер вряд ли можно было ожидать появления систем, способных к высшим типам отражения. Энергия связи, например, ядра дейтрона (нейтрон плюс протон) составляет около 2,2 мэв (миллион



электронвольт), а ядра урана – 1780 мэв. По сравнению с ядерной энергия связи электрона в атоме или молекуле в миллионы раз меньше и составляет, скажем, для атома водорода около 13,6 эв, а для молекулы водорода – около 15,4 эв.

Однако если информационные взаимодействия отражательного аппарата не должны сопровождаться слишком большими энергетическими затратами, то и слишком слабая энергия перестройки может привести к неустойчивости, к разрушению связей под действием внутренних и внешних возмущений, к ненадежности. Поэтому устойчивое отражение требует и не слишком низких энергетических затрат. Из четырех видов физических взаимодействий наиболее подходящими являются электромагнитные взаимодействия. Ядерные взаимодействия оказываются слишком сильными, гравитационные и так называемые «слабые» обладают недостаточной энергией для развития отражательных свойств. Выявление взаимосвязи между энергией и информацией – весьма важная проблема конкретно-научных исследований свойства отражения. Ведь информация, в частности, может выражать неоднородность энергии, поэтому необходимо выявить энергетические затраты на создание одного бита информации (единицу различий) материальных образований. Однако специальные работы в этой области только начинают появляться\*.

До сих пор мы рассматривали количественные информационные характеристики отражения, которые связывали в основном со степенью адекватности отражения на том или ином уровне. Между тем представляют интерес и другие информационные характеристики отражения, скажем семантические, прагматические аспекты. При этом речь будет идти лишь о сравнительно высоких уровнях отражения, начиная с отражения в живой природе.

---

\* См., например, *Лебедев Д. С., Левитин Л. В.* Перенос информации электромагнитным полем // Проблемы передачи информации: сб. Вып. 16: Теория передачи информации. М.: Наука, 1964.

Наличие смысла, понятности отражения – необходимое условие для выработки адекватных реакций живого существа на полученный сигнал. Так, олень, впервые увидевший работающий в лесу экскаватор, не может на него адекватно реагировать, ибо воспринятый образ ни о чем не говорит, он не соотносится с прошлым опытом животного, непонятен ему. Увиденный экскаватор может вызвать определенные реакции – любопытство, страх и т. п. Но часто наблюдая за работой экскаватора, животное со временем поймет, что он не причинит ему вреда, что он не опасен.

Лишь понятые сигналы могут быть использованы для адекватного поведения животного, лишь осмысленные сигналы являются основой целесообразного его поведения. Ясно, что травоядное, увидев хищника или другое травоядное, будет реагировать на них по-разному. Образ хищника и образ травоядного имеют разную ценность, характеризую их поведение. Следовательно, семантические и особенно прагматические характеристики информации очень важны при анализе отражения.

В заключение остановимся на некоторых особенностях отражения как процесса. До сих пор отражение рассматривалось в основном как результат. Но результат есть следствие процесса, поэтому характеристики отражения результата определяются свойствами отражения-процесса. Отражение можно рассматривать как некоторый аспект взаимодействия, как определенный вид причинной связи, сопряженный с передачей разнообразия от причины к следствию. Мы знаем, что информация может передаваться от причины (отражаемого) к следствию (отражающему) полностью или частично. Первый случай соответствует процессам, подчиняющимся динамическим закономерностям, второй – процессам, подчиняющимся статистическим закономерностям.

Конечно, тот факт, что не вся информация от отражаемого может передаваться к отражающему, может быть обусловлен и отражательными способностями этого последнего. Из этого еще

не следует делать вывода, что подобные процессы отражения всегда являются статистическими. Статистическими процессами отражения являются лишь такие, которые связаны со статистическим, вероятностным характером взаимодействия отражаемого и отражающего. Именно на том уровне, на каком взаимодействие подчиняется статистическим закономерностям, отражение также является статистическим (на ином уровне оно может быть и динамическим).

Наличие статистических моментов в процессе отражения свидетельствует о том, что ему свойственна неопределенность. С подобной ситуацией научное познание встретилось, например, при изучении микромира. Отражение в мире элементарных частиц характеризуется неполной передачей информации от одной взаимодействующей частицы к другой. Это связано с их природой, статистическим характером взаимодействий. Статистические закономерности, которым подчиняются микрочастицы, накладывают определенные ограничения на передачу информации между ними, они ограничивают количество различных квантовых состояний микрообъекта. Получается, что микрочастицы как бы недостаточно «информированы» друг о друге.

Когда мы говорим о неполной передаче информации на уровне квантово-механических взаимодействий, то мы имеем в виду, что в процессе взаимодействия и, следовательно, отражения, носящих статистический характер, существует неопределенность, т. е. ограничение разнообразия, свойственное микрочастицам. Эта неопределенность существует объективно, независимо от познающего субъекта, от точности его приборов.

Неопределенность, или неполная передача информации сопровождает, обычно любой реальный процесс отражения. Всестороннее и полное отражение объектами друг друга возможно лишь как бесконечный процесс, имеющий определенную направленность от менее адекватного отражения к более адекватному.

Признание кроме динамического статистического типа отражения нацелено против метафизического понимания процесса отражения, признающего лишь динамическую детерминированность отражающего отражаемым и отрицающего объективное существование неопределенности, ограничения разнообразия при отражении. Вместе с тем несостоятельна и субъективно-идеалистическая интерпретация неопределенности в процессе отражения. Эта неопределенность не зависит исключительно от субъекта, а обусловлена объективно действующими закономерностями ограничения разнообразия.

## § 14. Научное познание и теория информации

Развитие теоретико-информационных методов привело к попыткам построения информационных моделей процесса познания. Исторически наиболее ранними и известными являются статистические модели. Их можно найти в работах многих специалистов в области статистической теории информации – Е. С. Вентцель, Ф. М. Вудворда, Л. Бриллюзна, С. Голдмана, Ж. Ф. Схоутена и др.

Допустим, что перед нами некоторая система, называемая обычно физической системой. Большей частью понятие «физическая система» означает просто то, что система существует независимо от познающего субъекта и может отображаться им. Предполагается, что до получения сведений об изучаемой системе существует некоторая неопределенность наших знаний о системе. Эта неопределенность может быть измерена количественно посредством формулы энтропии. Как отмечает Ф. М. Вудворд<sup>\*</sup>, энтропия в данном случае есть мера «априорного незнания», выраженная в терминах «априорных вероятностей». Употребление понятия «незнание» в данном случае неточно выражает

---

<sup>\*</sup> См. Вудворд Ф. М. Теория вероятностей и теория информации с применениями в радиолокации. М.: Совет. радио, 1955. С. 54.

суть вопроса. Поскольку «априорное незнание», т. е. начальная неопределенность, выражается через некоторые вероятности, то в каком-то отношении это знание. Это значит, что нам известно количество вероятностей, входящих в формулу Шеннона, а в ряде случаев и сами вероятности. Мы можем сказать, какое ожидается количество равновероятных событий, исходов опыта, характеризующих состояние исследуемой системы. Но мы не можем сказать, какой точно исход осуществится. Поэтому «априорное незнание» есть, в сущности, начальное знание, степень адекватности которого еще слишком низка. Статистическая информационная модель процесса познания обращает внимание на количественный аспект перехода от менее адекватного статистического отражения к более адекватному.

Когда субъект приступает к изучению системы (объекта), то с позиций статистической теории информации он обязан выдвинуть минимум два вероятностных положения, две гипотезы, которые не были бы тождественны между собой. Практически достаточно одной гипотезы о возможном состоянии системы, которую нужно подтверждать последующим экспериментом, ибо отрицание этой гипотезы и есть ее дополнение, вторая гипотеза. Итак, если у субъекта имеется минимум две гипотезы, вероятности которых одинаковы, то в результате эксперимента по проверке гипотез он может получить один бит информации.

Если же никаких гипотез не будет построено, то изучение объекта с точки зрения статистической теории информации бессмысленно. Это означало бы, что субъект или ничего не знает об объекте исследования (в том числе и о его существовании), или субъект решительно «все» знает об объекте и ему просто незачем строить гипотезы и проводить эксперименты. Если же оказывается, что в процессе познания мы получили результат, который не связан с заранее сделанными предположениями, то есть не подтверждаются и не отрицаются гипотезы, то здесь методы статистической теории информации оказываются неэффективными.

Эта теория информации не в состоянии просто описывать изучаемое явление без «изобретения» гипотез.

Итак, если гипотезы подтверждаются или отрицаются, то «априорное незнание» превращается в знание. Вероятность превращается в достоверность, а энтропия (степень неопределенности) – в количество информации (степень определенности), причем количество информации увеличивается на величину снятой энтропии.

В данном случае энтропию не следует понимать в физическом смысле. Правда, Л. Бриллюэн и некоторые другие ученые полагают, что количество информации, приобретаемое при выяснении состояния некоторой физической системы, может стать равным изменению энтропии этой системы (по абсолютной величине). Однако в действительности количество информации, получаемое субъектом, измеряется не через энтропию самой физической системы, а через «энтропию» знаний об этой системе. Энтропия физической системы определяется объективно существующими вероятностями состояний ее элементов, а «энтропия» наших знаний выражается через вероятности подтверждения выдвинутых нами гипотез. Количество вероятностей гипотез и сама их величина не относятся непосредственно к характеристике микросостояний физической системы. Поэтому возникает проблема выделения из всей полученной информации того количества, которое соответствует физической системе. Если бы наши знания точно копировали действительность, то такое выделение было бы излишним. Реальный же процесс познания, как особый вид отражения, не является столь простым, пусть даже в информационном аспекте. Изменение энтропии физической системы, как правило, не всегда соответствует увеличению количества информации наших знаний о системе.

С позиций статистической теории информации получается, что чем больше первоначальное незнание, тем большее количество информации приобретается в результате проверки гипотез.

При этом если вероятности гипотез оказываются равными, то получается наибольшее количество информации. Это количество также тем больше, чем больше гипотез строится в результате познания. Уменьшение числа гипотез или же появление неравенства вероятностей гипотез приводит к снижению получаемого в процессе познания количества информации. Но количество информации может уменьшаться и в результате появления статистической связи между событиями (гипотезами) – ведь это тоже ведет к перераспределению вероятностей, к увеличению степени тождества гипотез. Эта связь может оказаться настолько сильной, что, например, две гипотезы могут стать полностью тождественными, и тогда одна из них окажется излишней. Значит, из всего количества гипотез необходимо исключить избыточную гипотезу и тем самым количество информации, которое может быть получено в результате познания, уменьшается. В более общем случае одна гипотеза лишь в какой-то мере пересекается с другой гипотезой, т. е. гипотезы будут в некоторой степени зависеть друг от друга. В этом случае гипотезы содержат информацию друг о друге, и следовательно, количество информации, получаемое в результате познания, уменьшается по сравнению с количеством информации, которое можно было бы получить, если бы гипотезы были независимы друг от друга.

Как было показано Ю. А. Шрейдером<sup>\*</sup>, предположение статистической теории информации о том, что чем меньше начальный уровень знания субъекта, тем большее количество информации он получит от сообщения, не адекватно реальным свойствам научного знания. При достаточно низком уровне начальных знаний субъект не сможет «понимать» сообщение и не извлечет из него достаточно большого количества информации. Об этом мы уже говорили в § 3, когда рассматривали семантические свойства информации. Семантический аспект знания оказывается более

---

<sup>\*</sup> См. Шрейдер Ю. А. Некоторые проблемы теории научной информации // Науч.-технич. информация. 1966. № 6. С. 17.

важным, чем статистический, поэтому методы вероятностной теории информации здесь в определенном отношении являются неадекватными.

В рамках статистической теории информации удастся в какой-то степени конкретизировать положение диалектического материализма о неисчерпаемости, бесконечности процесса познания. Поскольку любой объект неисчерпаем, связан с бесконечным множеством других объектов, он содержит бесконечное количество информации. Естественно, что в результате проверки любого конечного числа гипотез нельзя познать бесконечное разнообразие объекта. Бесконечное количество информации невозможно получить ни за какой конечный промежуток времени. Количество информации в любой относительной истине всегда конечно. Это, в частности, может выражаться в том, что оно пропорционально логарифму отношения числа гипотез или соответствующей степени точности измерения величин до эксперимента и после эксперимента ( $p_0$  к  $p_1$ ) (см. § 10). Поскольку  $p_0$ , т. е., скажем, количество гипотез до эксперимента всегда конечно и должно быть не равно нулю, то  $p_1$  также не может быть равным нулю. Ведь, как подчеркивает Л. Бриллюэн, «экспериментальные ошибки нельзя сделать сколь угодно малыми, так как они принадлежат к действительным фактам... и должны учитываться в теории»\*. Здесь речь, в частности, идет о факте существования неопределенности в процессе познания.

Многие свои работы Л. Бриллюэн посвятил доказательству упомянутого положения. Так, в книге «Научная неопределенность и информация», в которой рассматриваются физические теории, в основном квантовая и классическая механика, Л. Бриллюэн подробнейшим образом анализирует причины неопределенности знания, невозможность получения абсолютно точного знания о физических процессах, т. е. бесконечного количества

---

\* Бриллюэн Л. Теория информации и ее приложение к фундаментальным проблемам физики // Развитие современной физики: сб. М.: Наука, 1964. С. 329.



информации. Поскольку квантовая механика применяет аппарат теории вероятностей, и пользуется соотношением неопределенностей, из которого вытекает невозможность одновременного измерения координаты и импульса микрочастицы со сколь угодно высокой точностью, то Л. Бриллюэну сравнительно легко удастся показать читателю, что «в квантовой механике нельзя избавиться от неопределенности и что эта неопределенность самым непосредственным образом подтверждается прямым экспериментальным доказательством» \* Соотношение неопределенностей отражает объективные свойства микрочастиц (в частности, связь корпускулярных и волновых их свойств, связь пространственно-временной локализации и динамических состояний и т. д.). Неточность измерения вторична, она есть следствие существования объективной неопределенности. Но Л. Бриллюэн иногда объясняет появление неточности в теории лишь взаимодействием познающего субъекта и объекта и подчас пытается подвести «научную базу» под субъективно-идеалистические положения. Эти неверные гносеологические выводы подхвачены современными позитивистами \*\*.

Итак, в квантовой механике невозможно избавиться от неопределенности и, следовательно, неточности. А в классической механике? Долгое время считалось, что ошибки измерения здесь «принципиального значения не имеют и их можно сделать сколь угодно малыми, изготовив точные приборы» \*\*\*. Однако это представление не отражало реального положения вещей, оно идеализировало поведение механических объектов и возможности познающего субъекта.

Объективной основой существования неопределенности в механике Ньютона является неисчерпаемость механических объектов, их связи друг с другом и т. п. Л. Бриллюэн приводит при-

---

\* Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. С. 117.

\*\* Wilkinson J. The Concept of Information and the Unity of Science // Philosophy of Science. 1961. Vol. 28. № 4.

\*\*\* Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. С. 137.

мер, показывающий, что даже внутренние перемещения вещества в далеких звездах вызывают неточность в измерении гравитационного поля Земли. Итак, механические объекты не изолированы, они воздействуют друг на друга, и от этих взаимодействий невозможно избавиться.

Таким образом, и классическая механика внутренне обладает неопределенностью, а значит, неточностью. Поэтому в дальнейшем возникли специальная, общая теории относительности, которые уточняют классическую механику. Но и эти теории также обладают «своими» неопределенностями.

Если неопределенность существует объективно и обусловлена самой природой объектов, то следует ожидать, что познание также должно отражать эту неопределенность. Источником неопределенности в научном познании является также взаимодействие субъекта и объекта.

Для обоснования существования научной неопределенности Л. Бриллюэн применяет теоретико-информационные методы, в частности, негэнтропийный принцип информации. К сожалению, этот принцип им существенно ограничивается. В частности, он дает ему статистическо-вероятностную трактовку. Негэнтропийный принцип информации в приложении к научному познанию может быть сформулирован примерно так: получение информации всегда сопровождается противоположным процессом увеличения энтропии, другими словами, получение определенности в одном отношении неизбежно связано с неопределенностью в другом отношении.

Действительно, знание об объекте, которое мы получаем в том или ином акте познания, беднее, чем сам объект, оно содержит меньше информации. Исходя из концепции разнообразия, можно рассматривать негэнтропийный принцип информации как частный случай, как проявление той закономерности, что получение информации, определенности, разнообразия связано с однообразием, неопределенностью.

Уже отмечалось, что любой процесс познания означает ограничение разнообразия, например выделение определенного класса изучаемых объектов. При таком ограничении разнообразия данные явления становятся определенными, в то время как все остальные явления – неопределенными, тождественными. Для выявления того или иного разнообразия, различия в выделенном классе явлений приходится отвлекаться, абстрагироваться от других сторон, свойств, связей явлений. Процесс абстракции является хорошей иллюстрацией действия негэнтропийного принципа информации применительно к теоретическому познанию.

Из негэнтропийного принципа информации также следует невозможность своего рода теоретико-информационных перпетуум-мобиле (например, «демона» Лапласа). Нельзя одновременно знать все обо всем. Ведь, как подчеркивает Л. Бриллюэн, за полученную информацию приходится расплачиваться энтропией, знание в определенном отношении ведет к незнанию в другом отношении. Можно сказать, что человечество ни в какое конечное время не превратится в воображаемого лапласовского «демона», знающего все о вселенной без всяких неопределенностей. Одновременно невозможен и так называемый «демон» Максвелла<sup>\*</sup>, ибо согласно негэнтропийному принципу получение информации связано с затратой энергии.

Формулируя негэнтропийный принцип информации как принцип научного познания, важно подчеркнуть, что наличие неопределенности в некотором отношении не должно означать ограниченности познания.

Л. Бриллюэн стремится доказать, что увеличение информации в процессе познания принципиально не может превысить рост энтропии. Получается, что познание подчиняется термодинамическим закономерностям, что здесь действует второе начало термодинамики.

---

<sup>\*</sup> О «демоне» Максвелла см. *Шамбадаль П.* Развитие и приложения понятия энтропии. С. 203–211.

Применимость второго начала термодинамики оспаривается уже в отношении некоторых процессов живой природы\*. А что касается познания, то в литературе высказываются мнения, прямо противоположные выводу Л. Бриллюэна.

Так, И. Земан пишет: «Субъект, способный создавать новую информацию, способен использовать ее и для производства упорядоченности во внешнем мире в целях активного преобразования его... 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»\*\*.

Признавая наличие неопределенности в процессе познания, мы не должны ее абсолютизировать. Сам процесс познания направлен на устранение, снятие неопределенности. Движение познания можно представить как борьбу неопределенности и определенности, причем ведущей противоположностью оказывается последняя.

Абсолютизация той или иной конкретной неопределенности может легко привести к ограничению возможностей человеческого познания, к одной из форм агностицизма. Л. Бриллюэн высказывает, например, следующее предположение: мы никогда не сможем измерить длину порядка  $10^{-50}$  см, ибо для этого необходимо затратить такую величину энергии, что повлекло бы катастрофу не только для лаборатории, но и всей Земли.

Однако Л. Бриллюэн здесь неправ\*\*\*. Он исходит лишь из определенной, именно квантовой теории и игнорирует логику

---

\* См. *Тринчер К. С.* Биология и информация. Элемент биологической термодинамики. М.: Наука, 1965.

\*\* *Земан И.* Познание и информация. С. 222.

\*\*\* См. *Омельяновский М. Э.* Проблема измерения в квантовой теории // *Вопр. философии.* 1967. № 6.

развития современной физики. М. Э. Омеляновский отмечает, что вряд ли мы вправе в мире взаимодействующих, превращающихся друг в друга элементарных частиц высоких энергий применять пространственные и временные (а также связанные с ними) представления, характерные для макроскопических и атомных масштабов. В ультрамалых масштабах, по-видимому, возможен пересмотр идеи метрического пространства-времени. Следовательно, абсолютизация неопределенности квантовой механики, как и вообще любой конкретной неопределенности в науке, противоречит логике развития научного познания, ведет к агностицизму. Из существования неопределенности в процессе познания не следует, что эта неопределенность ограничивает познание, препятствует стремлению к абсолютной истине.

Недостаток различных вариантов статистических информационных моделей состоит в том, что они односторонне изображают характер познания как отражения. Можно привести немало примеров, когда процесс познания, являясь процессом отражения, не сводится ни к выдвиганию и проверке гипотез, ни к иным вероятностным формам научного познания. Как отмечалось выше, даже простое описание поведения какой-либо материальной системы, результатов наблюдения, опыта не обязательно связано с процессом случайного выбора, с устранением статистической неопределенности.

Все это свидетельствует о необходимости подхода к построению информационных моделей процесса познания с более общей точки зрения. Исходя из принятого здесь определения информации на основе понятия различия, можно предложить некоторый вариант общей информационной модели познания. Модель будет основываться не только на понятии информации, но и на понятии отражения, которое рассматривалось в предыдущем параграфе.

В статистической модели познания на первый план выдвигаются вероятностные процессы отражения и вероятностные формы научного познания. В более общем случае речь должна

идти не только о соответствии вероятностных форм познания отражаемым объектам, но и о соответствии всех форм (в том числе и невероятностных) этим объектам. Соответствует ли полученный образ (чувственный или логический) отражаемому объекту или нет? Как видим, ответы «да» или «нет» (подтверждение или отрицание гипотезы) можно перевести на язык концепции разнообразия и тем самым наметить путь к созданию более общей информационной модели процессов познания. В результате становится более очевидной имманентная связь информации и познания как отражения. Отражение есть определенное тождество образа и объекта, и это тождество образа содержит информацию об объекте. Оно выражается через различия.

Соответствие образа и объекта достигается в результате перехода от их различия к тождеству. Это означает, что в процессе познания вначале, как правило, создаются образы, которые отличаются от объекта, и в процессе устранения отличий образа от объекта достигается их определенное тождество. Получается, что устранение различий образа и объекта ведет к накоплению разнообразия образа, которое все более соответствует разнообразию объекта.

Таким образом, ответы «да» в сущности соответствуют отождествлению разнообразия образа и объекта, ответы «нет» – их различению в процессе отражения. Это позволяет рассматривать процесс познания в определенном аспекте как информационное моделирование<sup>\*</sup>. Здесь имеется в виду, что получающиеся в результате познания формы научного познания являются как бы информационными моделями отражаемых объектов. Согласно определению В. М. Глушкова, информационное моделирование – это фиксация того или иного уровня познания объекта, позволяющая не только описывать его поведение, но и предсказывать его с той или иной точностью.

---

<sup>\*</sup> См. Глушков В. М. Гносеологическая природа информационного моделирования // *Вопр. философии*. 1963. № 10.

С позиций кибернетики познание можно представить в виде управления и регулирования по принципу обратной связи. Управление, регулирование связано, как известно, с разрешением противоречия между действительным и заданным состоянием кибернетической системы. В процессе познания заданным состоянием (т. е. состоянием, к которому стремится познание) является более адекватное (или просто адекватное) отображение объекта, а имеющимся (действительным) в данный момент – менее адекватное или же вообще неадекватное отображение. Сущность познания как управления в информационном аспекте сводится к уменьшению различия между имеющимся и заданным состоянием отображения. Весьма важным случаем познания является управление ошибками \*, ибо ошибки есть не что иное, как определенное различие, несовпадение отображения и объекта.

Итак, в общей информационной модели процесса познания, мышления основное внимание следует обращать на диалектику тождества и различия отображения и оригинала (объекта). Двоичному выбору в статистической модели (подтверждение или отрицание гипотезы) здесь соответствует тождество или различие объекта и отображения (ответы «да» или «нет»). Процесс отождествления отображения и объекта осуществляется через их несовпадение, различие.

Может сложиться впечатление, что если процесс познания направлен на исключение различий, то это противоречит пониманию информации как разнообразия. Однако можно показать, что ограничение разнообразия в процессе познания всегда связано с его увеличением, расширением в другом отношении, так как всякое получение информации сопровождается увеличением энтропии.

Для адекватного отражения необходимо, чтобы разнообразие отражения было бы равно разнообразию объекта (на определенном уровне, в данном отношении и т. д.). Если же окажется, что

---

\* Об управлении ошибками см. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. Гл. 12.

разнообразие отражения меньше (или не соответствует разнообразию объекта в каком-либо отношении), то это приводит в действие механизм управления с обратной связью, и познание осуществляется до тех пор, пока не достигается адекватное отображение. Если же иметь в виду, что количество информации объекта бесконечно, то получается информационный перепад разнообразия отражения и разнообразия объекта, который движет вперед наше познание (что обусловлено активностью субъекта). Это хорошо показано в книге И. Земана «Познание и информация».

Всякое познание всегда связано с ограничением разнообразия, поскольку мы берем в качестве предмета исследования определенные явления или их стороны. По отношению к познанию упомянутое ограничение разнообразия есть одновременно его увеличение, поскольку это приносит нам новые знания – возможность, например, отличить данное явление от других явлений действительности.

Процесс познания в информационном аспекте представляется процессом передачи объективно существующего разнообразия к познающему субъекту. Информация, заключенная в объектах, является как бы информацией «в себе» и в результате познания превращается в информацию образов – информацию «для нас». Первую часто называют потенциальной информацией, вторую актуальной. Это значит, что в объективном мире и в сознании существуют различные виды информации. Первая в результате отражения, познания перекодируется во вторую, один тип информации переходит в другой.

Этот процесс, как правило, осложнен шумами, помехами, изменяющими передаваемую информацию. Поэтому субъект практически никогда не получает информацию, которая в «чистом» виде выступает как содержание отражения. Содержание отражения всегда «осложнено», «затемнено» некоторым привходящим разнообразием помех, которое по отношению к нему выступает как энтропия, неопределенность.



В связи с этим возникает проблема выделения из общего объема информации того ее количества, которое соответствует объекту познания. Принципы такого выделения необходимо конкретизировать в рамках общей проблемы воспроизведения объекта в научном знании \*.

Указанная проблема весьма важна и потому, что количество информации, получаемое в процессе познания, зависит и от метода познания. Оно может оказаться характеристикой эффективности применяемого метода познания \*\*. Информация, зависящая от метода познания, является неизбежным, но не всегда искомым компонентом процесса и результата познания.

Поясним это на следующем примере. Допустим, что в процессе познания (мы рассматриваем здесь статистическую модель) было построено некоторое большое, но конечное число гипотез. Необходимо подтвердить или опровергнуть эти гипотезы. Будем предполагать для простоты, что все гипотезы независимы друг от друга. Требование независимости гипотез равносильно их максимальному отличию друг от друга, максимальному отсутствию повторяющихся, тождественных положений. Однако полностью тождество гипотез невозможно исключить. Две гипотезы всегда оказываются в чем-то тождественными, и этим можно воспользоваться для построения наиболее эффективного (оптимального или почти оптимального) метода познания.

Ведь можно гипотезы проверять одну за другой, произвольно выбирая их из первоначальной совокупности. Выбрали гипотезу – ставим эксперимент, который может ее или опровергнуть или подтвердить. Легко увидеть, что этот статистический метод «проб и ошибок» далеко не всегда является оптимальным. Ведь не исключено, что подтвердившаяся гипотеза окажется именно последней. В этом случае количество информации, по-

---

\* См. *Лекторский В. А.* Принципы воспроизведения объекта в знании // *Вопр. философии.* 1967. № 4.

\*\* См. *Схоутен Ж. Ф.* Незнание, знание и информация // *Теория передачи сообщений:* сб. М.: Изд-во иностр. лит., 1957.

лученное в результате проверки гипотез, оказывается равным логарифму числа проверенных гипотез.

Воспользовавшись не только различием гипотез, которое абсолютизирует статистический метод, но и их тождеством, мы можем построить существенно более эффективный метод познания, характеризующийся значительно меньшим количеством информации. Для этого, если возможно, разобьем все гипотезы на равные или почти равные части по каким-либо общим признакам. Далее можно поставить эксперимент, который подтверждал бы не одну какую-либо гипотезу, а ту или иную часть гипотез. Если эксперимент подтвердил какую-либо часть гипотез (а другую соответственно опроверг), то ясно, что искомая гипотеза может быть заключена именно среди них. Для того чтобы прийти к такому же результату методом произвольного выбора гипотез, нам пришлось бы затратить значительно большее количество информации.

Приведем численный пример. Возьмем начальное количество гипотез, равное 32. Для того чтобы опровергнуть половину из них методом произвольного выбора, мы можем получить четыре бита информации. Если же разделить гипотезы на две равные части и поставить эксперимент, позволяющий выбрать одну из этих частей, то мы получим лишь один бит информации. Итак, в одном случае четыре бита, а в другом – оптимальном – один бит. Значит, в первом случае мы получаем лишних три бита практически бесполезной информации. Но за этими тремя битами могут скрываться колоссальные ассигнования, масса усилий ученых, напрасно потраченное время.

Очевидно, что полученные биты информации характеризуют не содержание отражения (мы ведь так и не знаем, какая гипотеза верна), а лишь метод познания. При этом более эффективному методу соответствует меньшее количество информации, характеризующее сам метод познания. Естественно, что для выявления искомой гипотезы необходимо произвести следующее

разделение гипотез и т. д. Приведенный пример весьма тривиален и может быть решен без применения теоретико-информационных методов. Но в более сложных случаях в ответе на вопрос, каким должен быть оптимальный метод познания, может существенную помощь оказать теория информации (в частности, теория оптимальных или почти оптимальных методов кодирования и декодирования информации).

К какому соотношению количеств информации как содержания отражения и как характеристики метода отражения следует стремиться в процессе познания? По-видимому, необходимо, чтобы на единицу количества информации как содержания отражения приходилось бы минимальное количество информации, характеризующей метод познания. В этом случае процесс познания оказался бы наиболее эффективным. Очевидно, упомянутое отношение количеств информации могло бы служить одной из важных информационных характеристик сравнения эффективности различных процессов познания. Важно также отметить, что эффективность познания можно измерять и при помощи ценности получаемой научной информации. Ведь наиболее ценную информацию мы получаем получается лишь в том случае, если максимально приближаемся к цели – адекватному отражению исследуемого объекта.

## **§ 15. Информация и мышление**

Когда речь заходит об информации и мышлении, то часто проблему сводят к сравнению информационных возможностей человеческого мозга и кибернетических устройств. Разумеется, выявление их различия и тождества может помочь как познанию мышления человека, так и построению более совершенных машин, перерабатывающих информацию. Однако мы сознательно обойдем здесь эти вопросы и обратим внимание на те возможности, которые открывают теоретико-информационные

методы для изучения некоторых сторон мыслительной деятельности человека.

Проблема мышления носит комплексный, многоплановый характер. Ею занимаются различные науки: физиология высшей нервной деятельности, психология, логика и теория познания. В этом параграфе мы остановимся на логическом аспекте мышления.

Мышление – это процесс отражения действительности, высшая форма человеческого познания. Существенная особенность мышления – его понятийный (категориальный) характер. Понятия, по-видимому, не являются наиболее элементарной логической формой, эта роль в современной логике отводится суждениям. Интересно, что впервые теория информации была применена Р. Карнапом и Й. Бар-Хиллелом именно к анализу суждений.

Понятие – форма мышления, отражающая общие и существенные признаки и отношения объектов и явлений действительности. Оно относится к определенной совокупности объектов действительности. Эти последние бесконечно сложны и разнообразны, но наши понятия отражают в них нечто тождественное, инвариантное. Если предположить, что ни одно явление не имеет никаких общих черт, свойств, признаков с другими явлениями, то для отражения бесконечного разнообразия явлений понадобилась бы отражающая система также с бесконечным разнообразием. Однако отражательные возможности человечества не безграничны. Противоречие между бесконечностью, неограниченностью самого предмета познания и конечностью, исторически обусловленной ограниченностью средств его отражения мышлением, разрешается в поступательном движении познания к абсолютной истине.

Мышление является высшим типом отражения, а всякое отражение, как мы знаем, всегда содержит информацию. В разнообразии понятий отражается разнообразие действительности. Соответствие понятий и объектов действительности можно охарактеризовать как гомоморфное. Это достигается различного ро-

да процессами абстрагирования. Изоморфный понятийный образ действительности соответствует полностью адекватному отражению, т. е. идеалу, к которому в бесконечно поступательном движении стремится человеческое познание.

В основе образования понятий лежат отношения тождества и различия<sup>\*</sup>. Наиболее простой и распространенный прием образования понятий, употребляемый в формальной логике, – абстракция отождествления. В процессе абстракции отождествления с увеличением множества объектов, отражаемых понятием, растет степень их тождественности, ибо убывает количество различий каждого объекта. Другими словами, чем больше объектов отражает понятие, тем меньше разнообразия оно содержит об отдельном объекте из всего множества объединяемых. В этом процессе происходит сужение содержания понятия, ибо содержание понятия – это то разнообразие признаков, которое позволяет отождествить объект с данным классом или же отличить его от других классов объектов. Увеличение степени тождества отображаемых объектов можно измерять объемом понятия, так как под последним имеется в виду все множество обобщаемых в понятии объектов.

В формальной логике известен закон обратного отношения объема и содержания понятия. Если объем понятия выражается тождеством (степенью тождества), то содержание понятия характеризуется различиями, а значит, количеством информации. Поскольку тождество и различие противоположны друг другу, то объем и содержание понятия можно измерять друг через друга. Так, увеличение содержания понятия есть уменьшение степени тождества (объема), и наоборот – увеличение объема есть уменьшение различий.

Объем и содержание понятий можно рассматривать и с точки зрения статистической теории информации (статистическая

---

<sup>\*</sup> См. Горский Д. П. Вопросы абстракции и образование понятий. М.: Изд-во АН. СССР, 1961; *Его же*. Проблемы общей методологии наук и диалектической логики. М.: Мысль, 1966.

модель понятия) \* . В этом случае объем понятия можно измерять как энтропию множества объектов. Рост объема понятия связан с увеличением неопределенности выбора данного объекта из множества объектов, отражаемых данным понятием. Любой конкретный объект становится неопределеннее, однообразнее, как бы растворяется среди других объединенных понятием объектов из множества. Когда, например, мы от понятия «олень» переходим к понятию «животное», то тем самым мысленно конкретный вид животного «растворяем» среди других видов животных. Поэтому рост объема понятий ассоциируется с ростом неопределенности, т. е. с ростом энтропии.

Уменьшение энтропии понятия (его объема) соответствует увеличению его содержания (росту разнообразия, определенности). При увеличении содержания понятия предметы, охватываемые понятием, выделяются, различаются из множества других объектов. Так, когда мы из царства животных типа хордовых выделяем млекопитающих, то мы обязаны указать их признаки: наличие молочных и потовых желез, дифференциация зубов на резцы, клыки и коренные зубы, волосяной покров. Если объем понятия уменьшается от  $V_0$  до  $V_1$  то увеличение содержания этого понятия можно методами теории информации определить как  $\log V_0/V_1$ . И наоборот, определив отношение содержаний понятий, можно определить и отношение объемов понятий.

Е. К. Войшвилло \*\* отмечает, что содержание понятий интересует нас как та информация о мыслимых в понятии объек-

---

\* По-видимому, первым, кто обратил внимание на возможность применения статистической теории информации к анализу объема и содержания понятий, был Г. Рейхенбах. Он говорит, например, об интенциональной и экстенциональной информации, которые находятся между собой в том же отношении, что содержание и объем понятия. «Когда мы определяем информацию как отрицательную энтропию, – пишет Г. Рейхенбах, – мы просто следуем закону взаимно обратного соотношения между объемом и содержанием, известному из традиционной логики» (Рейхенбах Г. Направление времени. С. 237). Важно еще раз подчеркнуть, что в этом параграфе речь идет не о развивающихся понятиях, а о готовых, сформировавшихся понятиях (т. е. рассматривается лишь формально-логический подход к анализу понятия).

\*\* Войшвилло Е. К. Понятие. Изд-во МГУ, 1967. С. 202 и далее.

тах, на основе которой эти предметы выделяются и которая необходима и достаточна, чтобы решать вопросы о принадлежности каких-либо предметов данному классу. Понятия являются составной частью некоторой системы знаний, например теории. Они взаимосвязаны при помощи истинных высказываний, образующих некоторое конечное множество в данной теории. Логические отношения между высказываниями дают возможность определить и отношения между содержаниями понятий. Если одно высказывание является логическим следствием другого высказывания, то информация, содержащаяся в первом, составляет часть информации, содержащейся во втором высказывании. Отсюда вытекает возможность оценки относительного количества информации (содержания) понятий на основе логического следования.

Таким образом, методы теории информации оказывают существенную помощь в определении отношений объемов и содержаний понятий, устраняют ту путаницу и ошибочные суждения об их соотношении, которые еще и сейчас имеют место. Поэтому теоретико-информационный подход в формальной логике вполне оправдан.

В настоящее время существуют приложения теории информации и к анализу такой логической формы, как суждение.

Известно, что семантическая теория пытается представить информацию и ее количество как характеристику знания, выраженного в основном в форме суждений. Между семантической и статистической теориями информации есть существенное различие. Статистическая теория информации (как, впрочем, и другие математические подходы, не использующие понятие вероятности) отвлекается от смысла сообщений (что уже отмечалось выше). Семантическая же теория информации призвана анализировать именно содержательную, смысловую сторону сообщений, выраженных в форме суждений. Интересную попытку объединения статистических и семантических представлений предпри-

нял Е. К. Войшвилло<sup>\*</sup>. Понятие количества информации расширяется им таким образом, что в результате понятия семантической теории оказались частными случаями статистической теории. Энтропия трактуется как некоторая характеристика вопроса или проблемы, выраженных в форме суждений. В этой связи отмечается, что в статистическом случае количество информации может характеризовать исход опыта, но исход опыта представляет интерес не сам по себе, а как поиск ответа на некоторые вопросы (каждый вопрос связан с выбором). Количество информации, которое содержит суждение по отношению к некоторой проблеме (вопросу), определяется тем, насколько доказательство или допущение истинности этого суждения уменьшает энтропию проблемы. Е. К. Войшвилло устанавливает также связь информации с отношением логического следования, с логической эквивалентностью высказываний, ставит проблему содержания информации в логических тавтологиях<sup>\*\*</sup> и т. д.

Опираясь на центральное понятие логики – понятие логического следования, можно попытаться сформулировать информационный критерий деления логики на дедуктивную и индуктивную. Выше упоминалось, что информация следствий составляет часть информации, содержащейся в совокупности посылок. Следовательно, информация, содержащаяся в посылках, выступает по отношению к информации следствий как нечто целое. Здесь понятия «целое» и «часть» употребляются в классическом смысле, в частности, считается, что целое полностью включает в себя часть. Подобная ситуация характеризует лишь дедуктивную логику, но уже неприменима к логике индуктивной.

Конечно, можно и в индуктивной логике считать, что информация посылок выступает по отношению к информации следствий как целое по отношению к части. Но это отношение

---

<sup>\*</sup> См. *Войшвилло Е. К.* Попытка семантической интерпретации статистических понятий информации и энтропии // *Кибернетика – на службу коммунизму*. Т. 3.

<sup>\*\*</sup> См. об этом также статью А. И. Умова и С. А. Молокова «Проблема информационной значимости тавтологии» (*Философские науки*. 1966. № 3).



целого и части не следует понимать в классическом смысле, ибо часть не полностью содержится в целом. Часть может оказаться больше целого (как это предполагается в мире элементарных частиц). Например, в таком важном виде индуктивных умозаключений, какими являются выводы неполной (расширяющей) \* индукции, информация следствий всегда больше информации посылок. Вообще, в индуктивном выводе информация, заключенная в следствии, хотя и содержит часть информации посылок, но не сводится только к ней.

Таким образом, индуктивной можно назвать такую логику, в которой информация следствий не содержится полностью в совокупности посылок, а дедуктивной – логику, в которой информация следствия полностью содержится в совокупности посылок. С точки зрения теории информации в результате дедуктивного вывода не получается информации, отличной от той, которая заключена в посылках. Однако можно говорить об информации новой, в частности, в том смысле, что ее не было в каждой посылке в отдельности. Предположим, имеются два суждения: «Все металлы теплопроводны» и «Алюминий есть металл». На основании этих суждений можно сделать вывод, что «алюминий теплопроводен». Ни в большой посылке, ни в малой посылке не дано знания о том, что «алюминий теплопроводен». Новое знание (по отношению к каждой из истинных посылок) получено с помощью силлогизма, и это новое знание выражает ранее неявную связь терминов «алюминий» и «теплопроводность».

В связи с этим ясно, что понятие «новое знание» («новая информация») имеет смысл по отношению к чему-то вполне определенному. В индуктивной логике речь может идти о новой информации в следствии по отношению к совокупности посылок. В дедуктивной логике речь идет, например, о новой инфор-

---

\* Неполной индукцией называется такое индуктивное умозаключение, в котором вывод о свойствах того или иного класса предметов делается на основании знания о некоторых представителях этого класса.

мации в следствии по отношению к каждой из посылок в отдельности.

Все это позволяет обойтись без понятия вероятности и достоверности, которыми обычно характеризуются принципы деления логики на два вида. Критерий этого разделения может быть информационный, причем, более того, предполагается, что само понятие логической вероятности можно вывести из понятия информации. Подобный вывод кажется нам более естественным, чем построение индуктивной логики на базе частотного или аксиоматического определения вероятности, когда логика практически заимствует понятие вероятности из математики.

Правда, здесь возникает новый вопрос: что же понимать в логике под информацией и ее количеством? В качественном отношении ответ на этот вопрос не представляет трудности. Если мы строим семантическую теорию информации, то под информацией понимается содержание высказывания, т. е. смысловое разнообразие. Что же касается количества информации, то его можно определить, выбрав единицу семантической информации. Как следует из концепции разнообразия, единицей информации является различие двух объектов (элементов) или их связей, отношений (смотря по тому, какой класс разнообразия рассматривается – разнообразие элементов, связей или отношений).

В семантической теории информации Карнапа-Бар-Хиллела под единицей информации понимается дизъюнкция \* атомарных (простейших) предложений. Мысль об использовании дизъюнкции в качестве единицы измерения информации в логике (хотя и нуждается в подробном обосновании) полностью соответствует концепции разнообразия и не зависит от того, какая рассматривается логика – индуктивная или дедуктивная. Более специальное рассмотрение этих проблем представляет уже чисто логический интерес и выходит за рамки методологического анализа.

---

\* Дизъюнкция от лат. *disjunctio* – ‘разделение, разобщение, различение’. В логике под дизъюнкцией понимается соединение высказываний при помощи союза «или».

Кроме отхода от чисто вероятностных идей, в работах по применению теории информации в логике наблюдается тенденция использования не только семантических, но и других аспектов семиотики. Так, в упомянутой ранее статье Е. К. Войшвилло содержится одна из первых попыток построения более широкой семиотической теории информации, ибо понятия статистической теории расширяются таким образом, что включают понятия семантической теории в качестве частных случаев. Традиционная статистическая теория информации с семиотической точки зрения может рассматриваться как некоторая синтаксическая теория, поскольку понятия энтропии и информации относятся в ней к знаковой структуре сообщений (суждений), отвлекающейся от таких качественных характеристик, как смысл и ценность информации. Семантическая теория информации выясняет и измеряет смысл сообщений, выраженных в форме суждений, а прагматическая теория призвана изучать отношение получателя к суждениям, высказываниям (в связи с определенными целями). Конечно, еще рано говорить о создании общей, семиотической теории информации. Однако первые шаги, которые делаются в этом направлении сейчас, заслуживают внимания. Интересно, что даже сам предмет семиотики предлагается определить на базе понятий информации\*. Можно ожидать, что наряду с синтезом семантической, прагматической и синтаксической теорий информации будет развиваться и противоположная тенденция – дифференциация этих направлений. Например, семантическая теория информации может дифференцироваться на индуктивную и дедуктивную (то же самое, по-видимому, произойдет и с прагматической теорией информации).

Использование в логике кроме семантических еще и других понятий семиотики расширяет ее понятийный аппарат и воз-

---

\* См. Шрейдер Ю. А. К вопросу об определении основных понятий семиотики // Кибернетику – на службу коммунизму. Т. 3. С. 262 ; Клаус Г. Сила слова Гносеологический и прагматический анализ языка. М.: Прогресс, 1967. С. 19–20 ; Бочаров М. К. О понятиях «информация» и «знак» // Науч.-технич. информация. 1967. № 2.

возможности применения в ней теории информации. Фактически могут возникнуть новые, нетрадиционные области логики.

Выше говорилось об использовании теории информации для анализа установившихся логических отношений, скажем, между объемом и содержанием понятия. В настоящее время начинает использоваться и понятие информационной емкости, о котором мы упоминали в § 11, рассматривая различные абстрактные математические пространства.

Можно рассматривать не только информационную емкость понятий, но и информационную емкость логик по тому или иному классу логического разнообразия. Логическим разнообразием могут быть значения истинности, модальности и т. д.

Традиционная логика допускает всего лишь два возможных исхода любого высказывания – либо истинно, либо ложно. Поэтому с точки зрения теории информации любое суждение формальной логики обладает логической информационной емкостью в один бит.

В отличие от традиционной логики, трехзначная логика допускает кроме значения «истинно» и «ложно» еще и третье значение (например, неопределенности в трехзначной логике, построенной Г. Рейхенбахом). Трехзначная логика может быть, в частности, применена для адекватного отражения закономерностей квантовой механики

Известно, что существуют и другие многозначные логики вплоть до бесконечнозначной Информационные емкости многозначных логик с конечным числом значений истинности можно определять, в частности, по комбинаторной формуле количества информации, а с бесконечным числом значений истинности – методами  $\varepsilon$ -емкости. С точки зрения теории информации увеличение значений истинности ведет к увеличению информационной емкости соответствующей логики. Если исходить из весьма общих соображений о связи физических теорий с соответствующими логиками, то можно предположить, что теория информа-

ции позволит более глубоко познать эту связь и будет содействовать созданию, например, логики для будущей теории элементарных частиц.

Использование прагматических категорий в логике открывает возможности изучения ценности понятий (как и других форм мышления). В любом понятии отвлекаются от одних признаков, связей, отношений и выделяют другие, которые считаются существенными. Зачастую невозможно установить, почему в том или ином понятии отвлекаются от одних признаков и выделяют другие, если не обратиться к понятию полезности или ценности. Вычленение существенных признаков понятия и отвлечение от других, несущественных, признаков происходит, в конечном счете, на основе и в интересах человеческой практики. Выделение в том или ином абстрактном понятии наиболее ценной информации при отражении объекта преследует вполне определенные цели. Если имеется в виду практическая ценность понятий, то отвлечение в процессе абстрагирования от второстепенного разнообразия, которое свойственно явлению, диктуется прежде всего необходимостью более целенаправленного воздействия на данное явление или же его искусственного воспроизведения. В силу этого при анализе информационных характеристик понятий и других форм научного познания следует исходить из единства всех семиотических отношений, в том числе семантических и прагматических.

В предыдущем параграфе мы останавливались на роли статистической теории информации в анализе такой формы научного познания, как гипотеза. Гипотетичность процесса познания свидетельствует о его активном характере. Даже в упрощенных статистических моделях познание выступает не только как восприятие и хранение информации, но и как ее переработка, что связано с активным поиском недостающей информации. Природа передает информацию субъекту, но эта передача обусловлена активностью субъекта, творческим характером мышления.

Наконец, существуют и попытки приложения концепции информации к анализу наиболее зрелой формы научного познания – теории. Каким же образом определяются информационные характеристики теорий и в чем они заключаются? Частично ответ на этот вопрос содержится в книге Л. Бриллюэна «Научная неопределенность и информация». Поскольку теории строятся на основании эмпирических данных и законов, Л. Бриллюэн прежде всего показывает способ определения количества информации в эмпирическом количественном законе (см. § 10).

«Теория, – отмечает он, – по-видимому, играет роль тогда, когда мы хотим сравнить разные экспериментальные законы, чтобы вскрыть какие-то внутренние связи между ними. Теория важна потому, что она помогает формулировать корреляции»<sup>\*</sup>. Л. Бриллюэн рисует схему, в соответствии с которой можно определить содержание информации в теории, устанавливающей связи между эмпирическими законами. Предположим, что у нас три таких закона (назовем их  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). Так как они открыты независимо друг от друга, то общее количество информации этой совокупности законов равно:  $I_{\text{общ.}} = I_{\alpha} + I_{\beta} + I_{\gamma}$ . Допустим, что создана теория, устанавливающая взаимосвязь между этими тремя эмпирическими законами. При наличии теории каждый закон содержит, как говорит Л. Бриллюэн, некоторые намеки относительно другого закона, что выражается в сокращении предполагаемого разнообразия возможностей, в снижении количества информации, содержащегося в законе  $\beta$ , от  $I_{\beta}$  до  $I'_{\beta}$  и в законе  $\gamma$  от  $I_{\gamma}$  до  $I'_{\gamma}$ . Следовательно, предыдущее равенство можно записать в виде:  $I_{\text{общ.}} = I_{\alpha} + I'_{\beta} + I'_{\gamma} + R$ . Таким образом, теория, коррелируя, взаимосвязывая эмпирические законы, выделяет в них нечто тождественное.

При этом происходит устранение избыточности, содержащейся в эмпирических законах. Чем больше избыточности из информационного содержания этих законов устраняет теория, тем более информационноемкой она является

---

<sup>\*</sup> Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. С. 50–51.

Как теоретические законы относятся к эмпирическим, так последние в информационном аспекте относятся к фактам. Критерием, позволяющим отличить закон от простой регистрации некоторой совокупности установленных опытным путем фактов, является сокращение, сжатие содержащейся в них информации «Если данную совокупность описываемых фактов, т. е. некоторую информацию, не удастся сократить, представив ее в форме, содержащей существенно меньшее число параметров, то мы имеем дело со случайной (во всяком случае, не закономерной) совокупностью событий. Если же такое «сокращение» удастся осуществить и оно оказывается полезным в своих применениях, то это означает, что в этих событиях, их связях и соотношениях содержится нечто закономерное»<sup>\*</sup>.

Поскольку закон выделяет в фактах нечто тождественное, то это позволяет отвлечься от несущественного разнообразия отдельных фактов, устранив их избыточность (по отношению к закону). Эмпирический закон выступает по отношению к фактам как нечто более информационное. Теория, коррелирующая эмпирические законы, оказывается еще более информационно-емкой (ибо вновь устраняется избыточность по отношению уже к теоретическим законам).

Итак, в результате мыслительной деятельности потенциальная информация, свойственная объектам действительности, превращается в актуальную, которой обладают различные логические формы как сравнительно элементарные – суждения, понятия, умозаключения, так и более зрелые – гипотезы и теории.

Иногда можно встретить мнение, что роль мышления сводится к простой перекодировке информации, полученной в результате эмпирического познания, что мышление в лучшем случае сохраняет воспринятую информацию, а вообще же она теряется в результате мыслительной деятельности. Таким образом, делается попытка распространить второй закон термодинамики и на мыслитель-

---

<sup>\*</sup> Горский Д. П. Проблемы общей методологии наук и диалектической логики. С. 197.

ные процессы. Такая точка зрения представляет собой в сущности теоретико-информационный вариант возрождения взглядов эмпириков. Их взгляды достаточно полно были подвергнуты критике, и здесь нет смысла на этом останавливаться. Упомянутое преобразование информации, происходящее в результате отражения мозгом человека, не следует представлять себе лишь как простую перекодировку информации. Это одновременно и создание новой информации \*. Даже Л. Бриллюэн, который признает применимость второго закона термодинамики к процессу познания, полагает, что «мысль создает отрицательную энтропию».

Если трактовать мыслительные процессы как передачу, переработку и прием информации, то на «выходе» могут получаться и понятия, которые являются новой информацией, но не соответствуют действительности, то есть фантастические образы. Эти неверные понятия с теоретико-информационной точки зрения представляют собой результат действия различного рода помех. Последние могут носить субъективный характер и представлять результат воздействия объективных условий.

Поэтому новая информация, получившаяся в результате мышления, обязательно должна в дальнейшем пройти практическую проверку. Практика, опредмечивая понятия, подтверждает, опровергает или уточняет ту или иную информационную модель действительности, созданную в голове человека.

Взаимодействие человека и природы приводит к тому, что последняя, преобразуясь в искусственную среду, увеличивает свое информационное содержание, т. е. степень разнообразия объектов, их связей (организованности) и отношений порядка (упорядоченности). Причем это увеличение информационного содержания природы в результате «материализации», опредмечивания информационной модели (идеального) еще раз свиде-

---

\* Когда говорится о новой информации, то имеется в виду новая информация относительно определенной системы. Говорить же о новой информации вне упомянутого отношения бессмысленно.



тельствует о создании новой информации, нового знания на уровне теоретического мышления.

Итак, природа мышления и его связь с информацией может быть раскрыта не только в отражении природы в мышлении, но и в обратном влиянии мышления на природу, в преобразовании идеального в материальное на основе предметно-практической деятельности. Если этот процесс рассматривать с точки зрения преобразования информации, то он будет выглядеть следующим образом: разнообразие объектов действительности – его отражение – разнообразие форм научного знания (переработка этого разнообразия и создание нового) – обратное отражение (опредмечивание) – разнообразие объектов действительности. Однако, в отличие от начального разнообразия, конечное разнообразие объектов действительности в этом цикле увеличено, обогащено посредством практики в результате продуктивной информационной деятельности мышления.

Мы рассмотрели здесь лишь некоторые приложения современных теоретико-информационных методов к анализу основных форм научного знания (понятий, суждений, выводов, гипотез, теорий). Теоретико-информационные исследования только начинают внедряться в гносеологию и логику, и в этом направлении сделаны лишь самые первые шаги. Тот синтез теории информации, логики и гносеологии, который сейчас намечается, может привести к совершенствованию всех упомянутых теорий, причем теории о научном познании получают новый количественный метод – теоретико-информационный, содействующий в какой-то степени их математизации.

## **§ 16. Прогресс науки и научная информация**

Наука обычно определяется как сфера деятельности людей по производству знаний, т. е. как некоторый процесс отражения, и как определенная система знаний. Рассмотрение науки как

важного вида процесса отражения ведет к выводу о возможности анализа развития науки с позиций теории информации. Научное знание – это определенный вид информации. В последнее время наряду с понятием «научное знание» употребительным становится понятие «научная информация». Рождение последнего связано с появлением новой научной дисциплины – теории научной информации (информатики).

Научная информация – это получаемая в процессе познания информация (фиксируемая в системе точных понятий, суждений, умозаключений, теорий, гипотез), которая адекватно отображает явления и законы внешнего мира или духовной деятельности людей и дает возможность предвидения и преобразования действительности в интересах общества.

Конечно, было бы неверно все содержание науки сводить лишь к научной информации. Эта последняя является лишь частью содержания науки, хоть и весьма важной. Развитие науки характеризуется и численностью занятых в ней людей, и объемом вложенных в нее материально-финансовых средств, и рядом других показателей. Почти все упоминаемые в литературе показатели развития науки обнаруживают тенденцию роста. При этом прогресс науки происходит настолько быстро, что его сравнивают со взрывом или с протеканием разветвленной цепной реакции.

Как показывают исследования<sup>\*</sup>, число научных публикаций, число научных работников удваивается каждые десять–пятнадцать лет. Этот рост математически выражается кривой, близкой к экспоненте. Экспоненциально увеличивается не только число публикаций, научных работников, но и расходы на научно-исследовательские работы.

---

<sup>\*</sup> См. Михайлов А. И., Черный А. И., Гиляревский Р. С. Основы научной информации. М.: Наука, 1965 ; Добров Г. М. Наука о науке. Введение в общее наукознание. Киев: Наукова думка, 1966 ; Прайс Д. Малая наука, большая наука // Наука о науке. М.: Прогресс, 1966 ; Налимов, В. В. Количественные методы исследования процесса развития науки // Вопр. философии. 1966. № 12.

К чему же приведет подобный рост количественных показателей развития науки? Такие прогнозы одним из первых сделал американский исследователь науки Д. Прайс. Он считает, что если сохранятся такие же темпы роста ассигнований на исследовательские работы, то к 2000 г. они в два с лишним раза будут превышать стоимость валового национального продукта (что, естественно, невозможно). Равным образом, если бы рост научных работников шел и далее такими же темпами, то уже в ближайшие 150–250 лет все человечество должно было бы заняться наукой.

Как видим, некоторые количественные показатели развития науки свидетельствуют о том, что их экспоненциальный рост в будущем может прекратиться. Приведет ли предполагаемое будущее замедление роста научных работников и ассигнований на научно-исследовательские работы к общему замедлению темпов развития науки?

Д. Прайс утвердительно отвечает на этот вопрос. Он считает, что в будущем следует ожидать не только общего замедления темпов развития науки, но, возможно, и прекращения ее прогресса. Такая точка зрения распространена в основном в зарубежной литературе (П. Оже, В. Буш и др.).

Согласно другой точке зрения, хотя и признается возможность замедления ряда количественных показателей развития науки, но из этого не делается вывода об общем замедлении в будущем темпов развития науки. Предполагается, что все же останутся такие наиболее важные показатели развития науки, которые будут продолжать расти по экспоненте. Такой точки зрения придерживаются советские исследователи науки (А. И. Михайлов, А. И. Черный, Р. С. Гиляревский, Ю. А. Шрейдер, М. М. Карпов, В. В. Налимов и др.).

Как справедливо отмечает М. М. Карпов, «замедление темпов развития науки неизбежно вызвало бы замедление развития экономики и снижение материального уровня жизни»<sup>\*</sup>. В самом деле,

---

<sup>\*</sup> Карпов М. М. Основные закономерности развития естествознания. Ростов, 1963. С. 196.

развитие науки, несмотря на определенную самостоятельность, отнюдь не является самоцелью. Исходная причина, первоначальный стимул этого процесса – производство материальных благ. Цель науки – удовлетворение материальных и духовных запросов общества. Поэтому снижение темпов развития науки неизбежно отразится и на производстве. Очевидно, что всестороннее развитие материального производства возможно лишь в том случае, если темпы развития техники превосходят темпы развития производства, а наука развивается быстрее, чем развивается техника.

Но в каких единицах следует измерять и сравнивать темпы развития науки, техники и производства? Вполне очевидно, что это должны быть какие-то общие характеристики. Мы считаем, что такой универсальной характеристикой является информация. Темпы развития науки, техники и производства можно измерять посредством изменения количества информации, заключенной в соответствующей системе, в единицу времени.

На возможность измерения производственного и технического потенциала методами теории информации указывали А. А. Харкевич<sup>\*</sup> и другие ученые. Применение информационного критерия развития к производительным силам открывает новые возможности количественного исследования развития общества как некоторой весьма сложной кибернетической системы. Накопление информации в производительных силах находится в тесной связи с развитием производственных отношений (системами управления) человеческого общества. В этом параграфе мы не будем рассматривать проблему информационных содержаний техники и производства<sup>\*\*</sup>, а обратим внимание на возможность применения информационного критерия к такой системе знаний, как наука.

Концепция разнообразия позволяет выработать количественный критерий оценки объема научного знания как количества разнообразия его форм. Этот показатель, в отличие от других по-

---

<sup>\*</sup> См. Харкевич А. Информация и техника // Коммунист. 1962. № 17.

<sup>\*\*</sup> Эта проблема затрагивалась в нашей работе «Освоение космоса». Гл. III. § 2.

казателей, не обнаруживает тенденцию к снижению темпов своего развития. Если массу, объем знаний измерять количеством информации, то можно довольно точно охарактеризовать тот процесс, о котором писал Ф. Энгельс: «...наука движется вперед пропорционально массе знаний, унаследованных ею от предшествующего поколения»<sup>\*</sup>, т. е. по экспоненте.

Формы научного знания фиксируются в виде знаков в некоторых объектах, которые можно назвать информационными объектами науки. Среди них – книги, журналы, патенты, авторские свидетельства, фильмы и т. п. По данным двух американских журналов – «Америкэн документейшн» и «Сайентифик америкэн», количество упомянутых информационных объектов составляет значительно более 100 млн. Эти данные приведены на 1963 г., и возможно, сейчас их количество равно около 800 млн. Полагая, что каждый такой объект содержит в среднем 100 тыс. пятибуквенных слов, Дж. Сендерс<sup>\*\*</sup> оценивает средний запас информации в нем в 6 млн битов. Отсюда следует, что если число информационных объектов составит около 800 млн, то количество информации в них достигнет порядка  $10^{15}$  битов. Подсчитано, что это количество информации возрастает примерно на 3,1 % каждый год, обнаруживая тенденцию экспоненциального роста.

Дж. Сендерс применяет статистическую теорию информации для подсчета количества научной информации. Однако статистическая теория позволяет сделать лишь первые, весьма приближенные оценки, поскольку свойства научной информации не могут быть сведены только к статистическим.

Возможно, что поиск единиц научной информации, которые отражали бы ее количественные характеристики, лежит на пути учета различных уровней научной информации. Это означает, что с развитием науки по экспоненте может расти не один и тот же класс

---

<sup>\*</sup> Маркс К. и Энгельс. Ф. Соч. Т. 1, С. 568.

<sup>\*\*</sup> См. The Information Explosion // Scientific American. 1963. Vol. 209. № 5. P. 72, 74.

научной информации, а разные классы. «В определенный момент, – полагает Ю. А. Шрейдер, – возникает новый способ фиксации научных фактов в информационных системах, следовательно, другая единица творческой активности и “другая экспонента”»<sup>\*</sup>.

В связи с этим уместно обратить внимание на то, что биологический прогресс также характеризовался экспоненциальным накоплением информации (негэнтропии), но единица информации была иной, чем в социальной ступени развития. Именно благодаря смене носителей (и соответственно единиц) информации развитие на прогрессивной линии идет все возрастающими темпами. В неживой природе информация могла измеряться на уровнях элементарных частиц, атомов, молекул, в живой природе – на уровнях макромолекул, субклеточных структур, клеток, тканей, органов, организмов, их сообществ и т. д. В обществе информацию также можно измерять на уровне производственных единиц (заводов, фабрик и т. п.), на уровне технических единиц (машин, агрегатов и т. п.), на уровне научных единиц<sup>\*\*</sup> (книги, журналы, статьи и т. д.). Положение о наличии различных уровней информации, в том числе и научной информации, имеет важное методологическое значение для развития информатики. Если исходить из идеи «разные единицы информации – разные экспоненты», то можно неизбежно прийти к выводу о появлении новых единиц научной информации и качественном изменении самого характера информационной деятельности.

Итак, возможное замедление некоторых количественных показателей развития науки не свидетельствует об общем замедлении темпов этого развития. Появляются показатели измерения научной информации, которые будут продолжать развиваться по «своей» экспоненте. Кстати, единой экспоненты вообще не было в развитии научной информации – каждая экспонента верна

---

<sup>\*</sup> Шрейдер Ю. А. Некоторые проблемы теории научной информации // Науч.-технич. информация. 1966. № 6. С. 19.

<sup>\*\*</sup> Научная информация может измеряться также и на других уровнях: на уровне фактов, законов, принципов (законов законов) и т. д.

лишь для определенных отрезков времени и для определенных единиц научной информации.

Информатика занимается анализом роста научной информации, но только в определенном, так сказать, внутреннем аспекте. Дело в том, что она интересуется лишь внутренней структурой, организацией научной информации. В частности, она призвана упорядочить, оптимально организовать научную информацию с целью более эффективного освоения уже достигнутых знаний. Однако в ней не ставится задача изыскания внешних источников информации. Неявно предполагается, что это дело самих наук. Считается, что науки по-прежнему будут извлекать научную информацию из явлений природы и общества, а дело информатики – ее упорядочивать, анализировать и т. д. Однако легко видеть, что если бы информация не поставлялась науками, то развитие информатики прекратилось бы. Поэтому встает проблема полного и всестороннего исследования процессов накопления научной информации и особенно темпов ее накопления. Этой проблемой в самом общем виде, вероятно, могут заниматься такие науки, как теория познания и науковедение.

В настоящее время разрабатываются меры для сохранения экспоненциального роста научной информации и вместе с тем для более эффективного ее использования. Выделим два основных направления увеличения научной информации, которые условно можно назвать внутренними и внешними

Под внутренними факторами увеличения научной информации понимается совершенствование внутренней структуры, упорядоченности, организации науки как прогрессирующей открытой системы.

Один из перспективных путей увеличения научной информации – уменьшение избыточности, например сокращение тиражей научных изданий. В ряде современных изданий избыточность оказывается очень большой. Если бы вместо тиража книги в 100 тыс. экземпляров выпустить 100 тыс. различных книг (тираж

1 экземпляр), то количество научной информации могло бы быть увеличено тоже примерно в 100 тыс. раз. Сокращение тиражей изданий возможно лишь при наличии соответствующих поисковых систем, с помощью которых можно было бы организованно направлять работы к потребителям (а не тиражировать их на всякий случай). В США и ряде других стран возникла, например, новая система обмена научной информацией: вместо многотиражных журналов – так называемые препринты (отчеты, выпускаемые ограниченным тиражом, часто по еще не оконченным работам).

Однако возможность увеличения научной информации за счет сокращения тиража все же ограничена. Достижение избыточности, равной нулю, т. е. издание книг в одном экземпляре, практически бессмысленно, ибо избыточность преследует вполне определенные цели. Так, в зависимости от цели, для которой предназначено издание, оно может быть научным (для научных работников), научно-популярным (для массового читателя). Прагматический аспект научной информации – существенная характеристика того или иного издания. Поэтому информационные характеристики печатных работ нельзя сводить лишь к количеству или смыслу научной информации.

Конечно, при более высоком развитии информационной службы возможно некоторое сокращение тиражей. Однако это не единственный и не главный способ достижения лучшей организации научной информации. В будущем предполагается создание эффективных систем, позволяющих существенно сократить расходы рабочего времени на информационную работу. Известно, что эти расходы занимают у ученого не менее трети его рабочего времени. В ряде случаев из-за отсутствия эффективной информационной службы оказывается более выгодным вновь делать научные открытия, чем искать их в научной литературе.

Создание эффективных информационных систем связано и с широким применением в научной работе различного рода кибернетических машин, позволяющих автоматизировать трудоем-



кие и нетворческие операции умственного труда. Речь идет также и о дальнейшей индустриализации науки (строительство ускорителей элементарных частиц, радиотелескопов, космических лабораторий и т. д.). Так, благодаря применению космической техники и электронно-счетных машин ученые за несколько лет узнали о Луне значительно больше, чем за всю предшествующую историю ее изучения.

Поддержание экспоненциального роста научной информации связано и со значительной перестройкой подготовки научных работников. Современная система их подготовки предполагает обучение в течение около 20 лет (10 лет в средней школе, 5–6 лет в высшей школе, 3–4 года в аспирантуре). Важное значение будет иметь существенное сокращение этих сроков, оптимизация и модернизация методов обучения.

Немалое значение приобретает и повышение эффективности эксперимента, совершенствование организации и методики проведения научных исследований. Экспериментом, как отмечает В. В. Налимов<sup>\*</sup>, занято 80, а может быть и 90 процентов ученых. Поэтому изучение эффективности эксперимента и оптимальное планирование научного поиска (когда с успехом могут быть применены методы теории информации) открывает новые внутренние резервы для дальнейшего ускорения развития науки.

В нашей стране уделяется большое внимание службе научно-технической информации. Так, в ноябре 1966 г. Совет Министров СССР принял постановление «Об общегосударственной системе научно-технической информации». В основу этой системы положены взаимосвязанные отраслевые информационные службы (министерств, комитетов, ведомств и т. д.). Предполагается, в частности, создание Всесоюзного научно-технического информационного центра, куда будет поступать информация о всех научных исследованиях, проводимых в нашей стране. Орга-

---

<sup>\*</sup> См. *Налимов В. В.* Количественные методы исследования процесса развития науки // *Вопр. философии.* 1966. № 12. С. 42.

низация такого единого информационного центра приведет к значительному совершенствованию межведомственного обмена научными материалами, будет содействовать дальнейшему более быстрому внедрению достижений науки в народное хозяйство. В постановлении особое внимание обращается на разработку более эффективных методов хранения, накопления, переработки, поиска и выдачи информации.

Как бы ни была совершенна система, на которую возложена организация научно-технической информации, ее эффективное функционирование возможно лишь тогда, когда информация будет поступать в систему. Поэтому наряду с совершенствованием внутренней организации информационной системы необходимо обратить внимание и на внешние источники поступления этой информации.

Существуют два пути познания разнообразия объективной реальности: это, во-первых, исследования, связанные с проникновением во все более глубокие уровни строения материи и, во-вторых, изучение ее вширь. Первый путь предполагает, в частности, выявление элементов (их связей и отношений) изучаемых систем, второй путь сопряжен с исследованием связей и отношений данной системы с другими системами. Ясно, что оба эти пути взаимосвязаны. Это особенно очевидно на примере развития современной науки, когда, например, проблемы астрономии переплетаются с проблемами физики элементарных частиц.

Дальнейшее сохранение экспоненциальных темпов прогресса науки необходимо требует развития обоих путей. Выявление роли каждого из них в накоплении научной информации позволит более правильно планировать, распределять научные исследования и тем самым достигать максимального эффекта в изучении явлений природы и общества.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой книге рассматривались вопросы, связанные с философским осмыслением понятия информации.

Мы видели, что понятие информации находится в процессе развития. Вначале это было «смутное» представление о ней как о сведениях, сообщениях, которыми обмениваются люди в процессе своего общения. Такое понимание информации просуществовало вплоть до середины XX в., когда появилась первая математическая теория информации – статистическая теория. Изучение количественного, статистического аспекта информации очень много дало и для развития самого понятия информации, которая теперь могла быть представлена как снятая, уничтоженная неопределенность. Объем понятия информации с возникновением статистического подхода расширился: были выявлены новые виды информации и информационных процессов – уже не только в самом человеческом обществе, но и в технических системах связи и управления, в коммуникациях живых существ. Новое, по сути дела, кибернетическое понимание информации привело к углублению содержания понятия, выявило связь информации с управлением и на этой основе – новые свойства информации (в частности, семантические и прагматические).

Дальнейшее развитие понятия информации привело к еще большему расширению его объема. Это было вызвано как приложением теоретико-информационных методов в науках о неживой природе, так и логическим развитием самой теории – в особенности возникновением нестатистических (невероятностных)

подходов. Объем понятия информации настолько расширился, что оно превратилось в общенаучную категорию.

Поскольку познание природы информации выявляло все новые и новые ее признаки, свойства, то, естественно, встал вопрос о наиболее общем определении этого понятия.

В основу общего определения понятия информации, которое дается в этой книге, положены два ее признака. Оказалось, что, во-первых, информация связана с разнообразием, различием, во-вторых, с отражением. В соответствии с этим ее можно определить в самом общем случае как отраженное разнообразие. Информация – это разнообразие, которое один объект содержит о другом объекте (в процессе их взаимодействия). Может показаться, что такое определение противоречит пониманию информации как разнообразия, которое материальный объект содержит в самом себе. Но информация может рассматриваться и как разнообразие, которое является как бы результатом отражения объектом самого себя, т. е. самоотражения. Равным образом, скажем, формула Шеннона (абсолютного количества информации) может быть представлена как частный случай формулы относительного (взаимного) количества информации, когда оно рассматривается как содержащееся в объекте относительно самого себя.

На основе приведенного определения можно сделать вывод, что информация выражает свойство материи, которое является всеобщим. Ведь и разнообразие, и отражение – всеобщие свойства, атрибуты материи. В силу этого существуют объективные предпосылки превращения понятия информации из общенаучного, каким оно уже сейчас стало, в философскую категорию. Некоторые ученые полагают, что информация сейчас уже является философской категорией – подобную точку зрения развивает в ряде работ И. Земан.

Мы также склонны присоединиться к этой точке зрения, но с некоторым уточнением: по нашему мнению, понятие информа-

ции еще не стало, а лишь становится философской категорией<sup>\*</sup>. Ведь доказательство атрибутивного характера информации еще не завершено, а скорее только поставлено. Понятием информации марксистская философия стала заниматься практически не более десяти лет. Думается, что требуется определенный срок для того, чтобы возможность превращения информации в философскую категорию стала действительностью.

Понятие информации отражает как объективно-реальное, не зависящее от субъекта свойство объектов неживой и живой природы, общества, так и свойства познания, мышления. Разнообразие объективной реальности отражается сознанием общественно-го человека, и в этом смысле оно становится отраженным разнообразием, свойством сознания. Информация, таким образом, присуща как материальному, так и идеальному. Она применима и к характеристике материи, и к характеристике сознания. Если объективная (и потенциальная для субъекта) информация может считаться свойством материи, то идеальная, субъективная информация есть отражение объективной, материальной информации.

Итак, общее определение понятия информации выступает как единство объективного и логико-гносеологического аспектов. Это определение отражает тенденцию синтеза различных идей, методов, теорий информации. Оно выделяет наиболее существенные признаки, которые присущи любому виду информации. Вместе с тем это определение связано с идеей о неисчерпаемости, многосторонности информации. Сейчас выявлено лишь конечное число ее свойств и видов. Углубление знаний об информации приведет к увеличению количества этих свойств, а отсюда к более глубокому синтезу теории информации. Правильное раскрытие природы информации возможно лишь на диалектико-материалистической основе. Философский анализ этого

---

<sup>\*</sup> В подобном положении находятся и такие понятия, как система, структура, симметрия, асимметрия и ряд других, которые все чаще причисляют к философским категориям.

понятия позволяет выделить наиболее существенные его признаки, дать общее определение его содержания и вместе с тем представить его не как «застывшее» в определенной математизированной, формализованной теории, а как развивающееся вглубь и вширь, как движимое противоречиями.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию	
<i>К. К. Колин. У истоков российской философии информации</i> .....	5
Введение .....	15
Глава I. К общему определению понятия «информация»	
§ 1. Вероятность, неопределенность и информация .....	21
§ 2. Информация без вероятности .....	34
§ 3. Качественный аспект информации .....	45
§ 4. Информация и разнообразие .....	57
Глава II. Системы и информация.	
§ 5. Сложность, упорядоченность, организация, информация ...	71
§ 6. Теория систем и теория информации .....	82
§ 7. Информация в неживой природе и кибернетических системах .....	91
§ 8. Информационный критерий развития систем .....	106
Глава III. Информация, законы и категории диалектики	
§ 9. Основные законы диалектики и теория информации .....	123
§ 10. Закон, причинность и информация .....	131
§ 11. Связь пространства и времени с информацией .....	142
§ 12. Симметрия, асимметрия и информация .....	158
Глава IV. Информация, отражение, познание	
§ 13. Отражение как атрибут материи и информация .....	175
§ 14. Научное познание и теория информации .....	188
§ 15. Информация и мышление .....	203
§ 16. Прогресс науки и научная информация .....	217
Заключение .....	227

Научное издание

**Аркадий Дмитриевич Урсул**

## **ПРИРОДА ИНФОРМАЦИИ**

**Философский очерк**

**2-е издание**

Технический редактор В. А. Макарычева

Корректоры Е. В. Боже, А. И. Порошина, О. И. Серебрякова

Сдано в РИО 25.04.2010  
Формат 60x84 1/16  
Заказ №

Объем 13,5 у. п. л.  
Тираж 1000 экз.  
Подписано в печать 13.10.2010

Челябинская государственная академия культуры и искусств  
454091, Челябинск, ул. Орджоникидзе, 36а

---

Отпечатано в типографии ЧГАКИ. Ризограф