

22 ноября 2012 года

## ИНФОРМАЦИЯ, МОЗГ, СОЗНАНИЕ



*Александр Валентинович Варта́нов* – кандидат психологических наук, старший научный сотрудник кафедры психофизиологии факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

*E-mail:* [a\\_v\\_vartanov@mail.ru](mailto:a_v_vartanov@mail.ru)

– Здравствуйте, уважаемый Александр Валентинович, спасибо за любезное согласие дать интервью для читателей Психологического журнала университета «Дубна».

– Здравствуйте.

– Александр Валентинович, наверное, было бы правильно начать наш разговор с пояснения базовых терминов? Что такое информация? Как работает мозг и в чем специфика сознания?

– Действительно, понятие информации и все остальные понятия, с ней связанные – самое сложное и дискуссионное понятие. Как отмечает А.Я. Фридланд (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого), сложность заключается не только в том, что имеется более 400 определений этого термина, но постоянно идут споры о сущности явления, которое представляет термин «информация». Тем не менее, можно выделить два основных подхода. Первый из них полагает, что информационные процессы – фундаментальное свойство объективной действительности, физического мира, что информация присуща всем материальным объектам (такой подход часто именуется атрибутивным). В этом случае носителем информации являются объекты внешнего мира, которые ее «передают» или «посылают», а человек или другие системы лишь пассивно «получают» ее в той или иной степени, но в уже готовом виде. При таком подходе стирается специфика информационных процессов, все физические взаимодействия рассматриваются как информационные, т.е. происходит пустое, ничего не объясняющее удвоение понятий с приписыванием всем, даже неживым объектам свойств активности и пристрастности (хочу – передаю и влияю, а хочу – нет). Источником информации в этом

случае становится некая божественная вселенская сущность, наделяющая все объекты этим качеством.

Другой же подход, который я разделяю, ограничивает сферу информационных процессов и применимости понятия информации лишь к самоорганизующимся системам (этот подход именуется обычно функциональным). В этом случае понятие информация используется для внешнего описания процесса получения данных, и подразумевает взаимную организацию двух множеств. Это, с одной стороны, множество состояний субстрата самоорганизующейся системы – мозга для человека, который и является носителем информации и обладает активностью и собственными целями, а с другой – множество воспринимаемых им состояний среды, которые, в свою очередь, определяют соответствующие состояния мозга и являются источником информации.

Есть еще близкие к понятию «информация» понятия «порядок», «упорядоченность» и «степень упорядоченности». Когда мы говорим о порядке или беспорядке в комнате или на кухне, то на каком основании мы это утверждаем? Ведь наличие и взаимное расположение соответствующих предметов, которые можно объективно воспринять и описать, вовсе не определяют наличие порядка или степень беспорядка. Важны именно ожидания человека, использующего данное помещение для своих целей, определяемых по-разному в разных случаях. То, что для одного будет порядком, потому что он привык к данному расположению предметов и хорошо знает, где что находится, то для другого человека, это же самое расположение предметов может показаться полным беспорядком, поскольку для него вероятность найти нужный предмет близка к случайному угадыванию.

Возвращаясь к понятию информации и его носителю, возьмем более сложный пример – книжку: когда книжка закрыта, то информация в ней представлена только потенциально (объективным расположением черной краски на белой бумаге), но актуально ее там нет, если в данный момент ее никто не читает (это только множество состояний среды). А сама информация возникает, порождается в процессе чтения, если в мозге устанавливается определенная система состояний, которая соответствует этим состояниям источника информации, т.е. собственно носителем информации оказывается мозг (состояния системы). Разные люди или системы могут породить совершенно разную информацию по одному и тому же источнику. Так, например, можно выработать у собаки условный пищевой рефлекс на определенную страницу книги, и для нее эта книжка и конкретная страничка тоже будут иметь информационный смысл, ее появление станет означать, что сейчас она получит пищу. Но это будет совсем не та информация, которую на этой же странице сможет получить человек, умеющий ее читать. Собственно, такое понимание информации базируется на определении Норберта Винера, определившего сигнал как модель по отношению к источнику информации, как оригиналу. Отсюда следует, что без носителя нет информации. А сам носитель можно рассматривать в качестве кода этой информации.

Информация может быть инвариантна к физическим свойствам своего носителя, т.е. одна и та же информация может быть по-разному представлена объективно. Изоморфное соответствие состояний носителя и источника информации может достигаться различными способами. Можно, например, сконструировать физически различные устройства на базе различных элементов (автоматы или простые робототехнические системы, например, турникеты в метро), применяемые для одной и той же цели. Они будут с помощью определенных датчиков получать сигналы из внешней среды и порождать одинаковую информацию, необходимую для управления и действий (одинаковых в соответствующих ситуациях для разных устройств). При этом физические процессы в этих устройствах будут различными, но информация и их действия окажутся одинаковыми. Аналогично, и два разных человека (с разной историей формирования) в одной и той же ситуации (при чтении одного и того же текста, например). Если у них одинаковые цели и задачи, они в определенных пределах могут реконструировать одинаковую информацию (одинаково понять смысл этого текста), хотя при этом мозговая активность и соответствующие биохимические и физические процессы у них могут существенно различаться. Таким образом, разные носители информации будут разными кодовыми воплощениями одной и той же информации.

Кроме того, можно вторично «объективировать» состояние собственного носителя, т.е., например, высказать или записать мысль, которая характеризует некоторую ситуацию, так, чтобы определенные состояния бумаги, например, соответствовали этим состояниям мозга, чтобы при чтении этой записи у нас опять бы возникла та же мысль. Этим мы можем создать новый источник той же информации, т.е. теперь одна и та же информация сможет быть порождена на основе разных источников. Это очень важное свойство, характеризующее высший уровень развития и сознания человека, но об этом чуть позже.

Итак, мы можем изложить наши мысли в печатной книжке на бумаге, а можем перевести его в цифру (зашифровать или закодировать). В таком случае источники информации будут разные – в первом случае это будет бумага, а во втором случае это может быть жесткий диск, флешка, компакт-диск и т.д. Но собственно информация, т.е. исходная мысль, может быть восстановлена достаточно одинаково, хотя она будет возникать только когда в нашем мозге появится то же состояние, какое должно быть, чтобы соответствовать состояниям того или иного источника, а они ведь одинаковы в информационном смысле, хотя различаются физически. В этом случае можно говорить о вторичных носителях информации, хотя более точно было бы говорить о вторичных источниках информации, если сами эти устройства (жесткий диск, флешка и т.п.) не являются частью самоорганизующейся системы, а служат лишь посредниками для хранения данных, которые имеют смысл только для человека, работающего с ними. На бытовом уровне мы часто и отождествляем эти технические устройства как продолжение себя, приспособленные для хранения (или переноса) своих мыслей, т.е. информации. При этом ведь мы можем обмениваться ею с другими людьми, т.е. получать ее от других источников. Когда мысль одного человека первично отражала состояние среды (ситуации)

и была им записана, т.е. вторично представлена таким искусственным источником (экстериоризирована), а уже потом воспринята нами (когда мы прочитали эту запись), то это позволило и нам отразить ту первичную ситуацию (состояние среды), которую воспринял первый человек (автор данной записи). Этот процесс и именуется часто передачей информации (в узком шенноновском смысле, имея в виду передачу данных по каналу связи и классическую формулу энтропии). Тут можно говорить и о получении новой информации, но это вовсе не означает, что информация изначально существовала объективно, сама по себе. Просто теперь она порождается в нашей голове по вторичному источнику, который был создан другим человеком.

Следующий важный момент информационного подхода – это понимание информации, как фактора управления. Цель и каузальный эффект управления в самоорганизующейся системе (как хорошо показал Д.И. Дубровский) определяется именно информацией, а не самими по себе физическими свойствами ее носителя, поскольку они могут быть разными.

Это особенность информационной причинности. В действиях любой управляющей системы всегда можно выделить и описать физические причины, но смысл функционирования системы становится понятным только при информационном описании, учитывающем взаимосвязь событий (состояний) внешней среды, внутренних состояний элементов системы и действий этой системы во внешней среде (сравните с понятием рефлекса И.М. Сеченова). Это всего лишь два способа описания одного и того же процесса функционирования системы – физическое и информационное описание.

**– Я правильно понимаю, что для саморазвивающихся систем важнее информационное описание, чем физическое?**

– Да, потому что, например, когда мы имеем дело с испорченными автоматами или с психическими болезнями у людей, то понятно, что их конкретные действия вызваны какими-то определенными физическими причинами. Но смысл этих действий, квалификация их как адекватных ситуации или нет, возможна только с информационной точки зрения, что важно с практической стороны для ремонта автоматов или лечения заболевания.

**– Как же использовать информационное описание для понимания устройства нервной системы человека?**

– Я предлагаю подойти к эволюции живых организмов и устройству нервной системы с точки зрения организации этой системы, как кода определенной формы и проследить эволюцию изменения этих кодовых форм. В общем виде, по итогам многих десятилетий исследований Е.Н. Соколовым была представлена концептуальная рефлекторная дуга, основанная на принципе кодирования номером канала-детектора. С информационной точки зрения мозг можно считать параллельным «соматотопическим» процессором, в котором отдельные локальные анализаторы отображают разные стороны (системы

признаков) внешней среды. В отдельном локальном анализаторе определенному множеству событий (состояний) внешней среды ставятся в соответствии множество возбужденных нейрональных модулей (детекторов, образующих карту для локальной системы отображаемых признаков), которые упорядочены дважды – геометрически в определенной области мозга и в отношении отображаемого качества среды.

Разные локальные анализаторы одновременно отображают разные качества, и образуется своего рода лоскутное одеяло из детекторных карт. Имеются также карты командных нейронов, связанные с картами детекторов. Каждый командный нейрон определяет некоторую целостную реакцию. В математическом смысле, на всех этапах данный процесс может быть описан в векторном виде (векторная психофизиология Е.Н. Соколова). Если же перейти к вопросу о базисе этого векторного описания, то, на мой взгляд, следует считать, что размерность этого кода ограничена. Дело в том, что внешних событий и качеств (признаков) по которым можно их отображать существует бесконечно много, но для чего же мозгу (или любой самоорганизующейся системе) нужно отображать эти события (состояния) внешней среды? Только с целью управления; в сигнале реализуется единство функций отражения и управления.

Но чем же может управлять мозг, например, позвоночных животных? Только мышцами, позволяя перемещать весь организм (или его части – конечности) в пространстве. Но мы ведь физически живем всего лишь в трехмерном пространстве, перемещения возможны только в системе трех координат – вперед-назад, влево-вправо и вверх-вниз, т.е. только с тремя степенями свободы. При этом наш мышечно-суставный аппарат устроен особым образом. Ведь мышцы могут только сокращаться и тянуть, но не толкать. А жесткие кости наших конечностей не могут произвольно удлиняться или укорачиваться. Поэтому движение конечности в отдельном суставе возможно только по полуокружности. При этом для движения с одной степенью свободы (по полукругу) требуется две мышцы. Для движения с двумя степенями свободы требуется три мышцы, и движение происходит по полусфере. Для движений с тремя степенями свободы необходимы четыре мышцы. Т.е. с точки зрения мозгового кодирования, целевая точка движения в трехмерном пространстве в математическом смысле будет представлена четырехмерным сферическим вектором фиксированной длины, т.е. кодирование осуществляется в полярных координатах четырехмерной сферы фиксированного радиуса, когда три угла этой четырехмерной сферы определяют три степени свободы перемещения в трехмерном евклидовом пространстве.

Конечно, реальное движение осуществляется целой системой сочлененных рычагов, однако при этом число степеней свободы избыточно большое, и нервная система осуществляет подавление этих избыточных степеней свободы, определяя оптимальный путь движения, все равно переходя к четырехмерным полярным координатам. Возвращаясь к вопросу отражения, мы должны в связи с этим прийти к выводу, что в каждом локальном анализаторе происходит редукция многомерного входа к

четырёхмерному сферическому командному коду, определяющему действие. Но, в связи с тем, что в разных ситуациях существенны разные стороны событий (состояний среды), то должно существовать много параллельно действующих локальных анализаторов, каждый из которых имеет «общее звено» – итоговое действие, «общий результат», представляемый в системе координат одной и той же размерности. И если эти локальные анализаторы действительно независимы, то, во-первых, информационное соответствие состояний его элементов с состояниями среды и множеством действий может быть произвольным – существует бесконечное множество вариантов таких соответствий, выражаемых математически как разные (с точностью до вращения) варианты положения базисных осей. А во-вторых, должен быть механизм «переключения» с одного анализатора на другой в смысле выбора приоритета действия – организм как единая система не сможет одновременно выполнять команды, сформированные разными анализаторами, если они противоречат друг другу. Но достаточно часто информация, формируемая разными локальными анализаторами, может дополнять друг друга, т.е. возможна их согласованная работа, и это согласование осуществимо потому, что есть этот «общий результат», но тогда кодирование в этих локальных анализаторах должно протекать в единой, унифицированной системе, векторы отображаться в одной и той же системе координат.

Собственно дальнейшее развитие самоорганизующихся систем связано с интеграцией этих локальных анализаторов. При этом нужно вспомнить, что разные уровни развития определяются еще и наличием разных уровней обратных связей. Классически выделяется три уровня. Существуют системы вовсе без обратных связей, функционирующие по принципу стимул – реакция. Есть системы с обратной связью через внешнюю среду, когда на один и тот же стимул в зависимости от некоторых других условий уже могут быть разные ответы системы (автоматы первого рода). При этом уже можно различать сигналы ориентирующие и модулирующие. Есть управляющие системы с внутренней обратной связью, это так называемые автоматы второго рода или автоматы с памятью. Но дело не в самой памяти, а в том, что есть возможность строить прогноз на основе предыдущего опыта. Это такая самоорганизующаяся система (это может быть компьютер, а также большинство животных и человек), которая может предвосхитить по каким-то косвенным признакам (на основе сформированной по прошлому опыту модели) развитие ситуация чтобы предпринять опережающие действия. В этом случае, с точки зрения формы кода, возникает необходимость единого представления (в едином базисе) и отражающих (входных, афферентных), и управляющих (выходных, эфферентных) кодов. Теперь потребуется еще «внутренний экран», открывающий возможность внутренних действий, т.е. формирование субстрата для моделирования среды. Его главная функция в том, чтобы можно было «проиграть», протестировать и отобрать наиболее эффективные способы воздействия на среду, без непосредственных проб и ошибок в реальности. Теперь, кроме ориентирующих и модулирующих сигналов, появляется новый класс – сигналы внутренней обратной связи или «команды-действия» на внутреннем экране.



Но для объяснения сознания и высших психических функций человека, речи и семантики этих видов обратной связи на самом деле мало. Даже внутренняя обратная связь характеризует все еще первую (по классификации И.П. Павлова) сигнальную систему.

### **– И как быть?**

– Для объяснения специфики второй (по И.П. Павлову) сигнальной системы я предлагаю ввести еще один уровень обратной связи. Это самоуправляющаяся система с экстериоризированной (вынесенной вовне) внутренней обратной связью. Это как раз то, о чем мы говорили ранее – способность искусственно создать новый, вторичный источник информации. При этом с точки зрения механизма, внутренние коды или команды-действия внутреннего экрана теперь могут быть «материализованы» за счет специальных внешних действий, которые можно назвать информационными. Эти бывшие командные коды теперь оказываются как бы вынесенными наружу, они уже могут существовать независимо в виде колебания воздуха или в другом материальном виде. Но, другая самоорганизующаяся система, которая понимает этот язык, может воспринять эти состояния и восстановить исходные команды, чтобы использовать их для построения и функционирования своей внутренней модели. И вследствие этого воссоздавать необходимую информацию, которой ранее она не располагала непосредственно.

Для наглядности можно привести такую компьютерную метафору – Интернет. Допустим, что нужно передать нечто от одного компьютера к другому, например, картинку экрана. Это можно сделать разными способами, в частности просто передавать ее пиксель за пикселем по каналу связи с одного на другой компьютер, чтобы получающий компьютер затем выводил бы их в той же последовательности на свой экран, и в результате возникала бы точная копия экрана передающего компьютера. Но можно сделать так, как это уже обычно делается сейчас при передаче, например, в html стандарте интернет-браузерами. Если посмотреть в текстовом редакторе html-файл (какого-нибудь сайта), то станет видно, что кроме собственно передаваемого текста в нем очень много служебной информации, которая определяет, например, в каком месте экрана, каким цветом и шрифтом отображать текст. Компьютер, получающий такой код, теперь воссоздает изображение самостоятельно в соответствии с указанными служебными командами. При этом, конечно, важно, чтобы передающая и получающая программы работали бы согласованно, имели бы «общий язык». Т.е. теперь кроме сигналов-данных передаются сигналы-команды или управляющие коды, указывающие, что нужно сделать с этими принимаемыми данным. Эти командные коды исполняются на принимающем компьютере как программа. В этом и заключается специфика таких особых сигналов.

Для самоорганизующейся системы возникновение такого способа есть принципиально важный момент, открывающий новые возможности дальнейшей эволюции за счет образования обратной связи нового уровня. Ведь можно таким способом «передавать данные» самому себе, порождать и использовать эти вторичные командные коды для

самоуправления (сопоставьте это с функцией знака как внутреннего орудия или средства высшей психической деятельности в теории деятельности Л.С. Выготского, А.Н. Леонтьева, С.Л. Рубинштейна). В итоге получается удвоение кодового представления для одной и той же информации. Это и есть та самая «вторая сигнальная» или знаковая система, т.е. язык человека. Объект, порожденный как вторичный источник информации, и есть знак, сигнал, который воспринимается как управляющий код, а не как «данные» (первичные ориентирующие сигналы). Значение знака – выполняемое системой действие (заданное командой – знаком) на внутреннем экране, моделирующее (заменяющее) внешнее предметное действие действием на внутреннем «экране». Сами знаки теперь являются вторичными ориентирующими сигналами, поскольку они характеризуют уже другую реальность, относятся к первичному источнику информации.

Как выразились Акофф и Эмели в своей книжке «О целеустремленных системах» (1974): «Знак – это все, что является потенциальным продуцентом отклика на нечто, отличное от него самого». А сама информация теперь как бы представлена дважды – во-первых, возникает соответствие состояний одной области мозга с состояниями первичного источника информации, а во-вторых – соответствие состояний другой области мозга с состояниями вторичного источника информации. Но информация-то ведь та же самая! В итоге получается удвоенное соответствие: и (1) внутри мозга между разными его областями (с возможностью перевода информации из одного вида, например, из зрительного образа восприятия некоторого объекта, в другой – слухоречевую форму обозначающего этот объект слова), и (2) во внешней среде (когда одним объектам начинают соответствовать другие объекты-знаки). Но информационный смысл знака в отличие от дополнительного ярлыка-признака вовсе не в дублировании объектов обозначения, а в том, чтобы иметь возможность полностью реконструировать объекты (в отношении их наиболее важных для деятельности свойств) и заменить их во внутреннем плане, действовать со знаками так же как с объектами, но в отсутствии самих объектов. Язык человека как знаковая система предназначен скорее для описания (воссоздания) или комментирования ситуации (как это показано С.А. Бурлак), чем для коммуникации.

Коммуникация животных осуществляется на основе первой сигнальной системы, побуждающих коммуникативных сигналов. Человек вовсе не отказался от нее до сих пор – эмоциональный уровень регуляции и коммуникации исправно служит как в невербальной форме, так и в вербальной; интегрирован в язык и речь. Но новые возможности вторичного (знакового) кодирования были использованы и в целях коммуникации, развития вторичной коммуникативной системы с особыми свойствами. Качественный скачок в возможностях «комментирования» ситуации и передачи сигналов для построения ее «образа» появился на основе количественных изменений (эволюции) мозговых кодов в процессе интеграции (согласования) анализаторов (и продолжается при усвоении речи ребенком). Внешнее существование (вне данного индивида) кодов (знак – как «превращенная форма мозгового кода»), образующих систему коммуникации, сделало



возможным эволюцию и отбор этих кодов без непосредственной биологической эволюции носителей этой информации (человека).

Естественный отбор в эволюционной нише человека шел на усиление способности понимать причинно-следственные связи. Знаковая система за счет опыта практической деятельности все более совершенствуется с точки зрения общности и правильности отражения в понятиях законов природы и свойств среды. Это происходит и за счет «горизонтального» обмена – отбора системы наиболее важных для всего вида ориентировочных признаков (качеств), отражаемых отдельными индивидами. И «вертикальное» накопление запасов опыта и знаний предыдущих поколений, которые фиксируются в языке и понятиях. В этом развитие культуры и науки.

С другой стороны, удвоенное кодирование информации определяет и новое качество отражения – сознание. Сознание как рефлексия предполагает двойное кодирование (сравните с необходимостью вторичного входа для осознания события по А.М. Иваницкому и Д. Эдельману) и может рассматриваться как особое качество (уровень) протекания всех психических процессов. Так, В.Ф. Петренко подчеркивал, что «эксперименты иллюстрируют представление о сознании как удвоенном отражении, вторичном отражении с помощью знаковых средств». Но удвоение соответствия определяет дополнительные ограничения на форму самого мозгового кода, она должна быть дополнительно согласована с условиями своего внешнего существования в форме объектов-знаков. Необходим общий базис для отображения векторов сразу в системе как минимум двух локальных анализаторов – анализатора свойств исходных объектов и свойств соответствующих объектов-знаков. Такое соответствие возникает при овладении языком и порождает новое качество отражения. При этом мозговой субстрат может остаться тем же самым, что и без формирования такого двойного соответствия, как это имеет место у животных с первой сигнальной системой, формируемой исключительно на индивидуальном опыте. Формирование двойного соответствия при усвоении языка, а вместе с ним учет и всего коллективного опыта людей, приводит лишь к изменению кода или отображения векторов в определенной (другой) системе координат (ориентировочных признаков), происходит специфическая подстройка всех систем отражения и управления к той, что определяет отображение знаковой системы.

Таким образом, противопоставление «сознательного» – «досознательного» можно провести по форме кода, а не по мозговому субстрату: если во внутренней репрезентации управляющей системы для перекодирования поступающей информации используются унифицированные с внешне существующей кодовой (знаковой) системой управляющие коды, позволяющие осуществлять перекодирование из одной формы в другую, то имеет место сознательное представление. С точки зрения предложенной концепции общий экран локальных анализаторов является материальной основой как рассудочной деятельности животных (поэтому его можно назвать когнитивным экраном), так и сознания и всех высших психических функций человека, опосредованных языком (поэтому, в зависимости

от «кодировки», его можно называть экраном сознания). Хотя локализованы эти экраны могут быть в одной и той же мозговой структуре. При использовании знаковой системы и соответствующего ей кода все вышеописанные преимущества развития и функционирования достигаются без особых дополнительных требований к ресурсам «субстрата», только за счет определенных изменений кодовой формы внутреннего представления информации. Возвращаясь к компьютерной метафоре – не за счет наращивания мощности процессора, объема памяти и прочего «харда» (материальной базы), а только за счет изменения программного обеспечения («софта»).

**– Спасибо за интервью!**

**Интервью взял Кузнецов Алексей Сергеевич**