

АКТОГЕНЕЗ И САМОВОЗРАСТАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ОБРАБОТКИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ МОЗГОМ¹

Е.И. БОЙКО



Е.И. Бойко (1909–1972)

...Появляется возможность сопоставить некоторые новые идеи в области общей психологии развития, информационной психологии и биокibernетики с отдельными результатами экспериментальной работы в области психофизиологии мышления. Такое сопоставление позволяет пересмотреть традиционную постановку проблем продуктивного мышления и психического развития чело-

века, в частности, теснее связать эти проблемы друг с другом и по-новому поставить вопрос о соотношении обучения и развития, а также сделать некоторые теоретические обобщения, касающиеся механизмов мыслительной деятельности.

Рассмотрение обширной и сложной проблемы психического развития обычно производится в двух основных планах — онтогенетическом и филогенетическом. Даже наиболее быстро сменяющиеся этапы онтогенетического развития психики человека, как правило, исчисляются месяцами и лишь в редких случаях неделями. А между тем ничто не мешает рассматривать с точки зрения развития все вообще психические процессы, протекающие на менее продолжительных или на очень малых отрезках времени. Так именно и ставит вопрос Х.Д. Шмидт — автор обобщающего труда по психологии развития (Schmidt, 1970). «В зависимости от длины рассматриваемого интервала времени, — пишет он, — предмет психологии развития расчленяется на специальные области.

Наидлиннейший временной интервал заполнен филогенезом организмов... Меньшим отрезком времени

¹ Из книги: *Бойко Е.И.* Механизмы умственной деятельности. М.: Педагогика, 1976. С. 214–237.

характеризуется антропогенез... Можно воспользоваться еще более ограниченным интервалом для изучения онтогенеза человека... Наконец, очень малые отрезки времени по сравнению с ранее названными приходятся на ту среду переживаний и поведенческих реакций, которую — расширяя первоначальное значение термина — нам хотелось бы назвать актогенезом (*aktualgenese*). Что касается этой “микро”-области процессов развития (которые в настоящее время стали общепризнанным объектом изучения и со стороны общей психологии), то внимание исследователей было направлено на то, чтобы подвергнуть анализу возникновение и генетический ход психических процессов (например, восприятия), а также более продолжительных цепных актов (например, решения мыслительных задач или хода процесса научения)» (там же, 1970, S. 16).

Первоначальное значение термина «актогенез», относящееся к развертыванию во времени зрительных и слуховых гештальтов, Х.Д. Шмидт расширяет, распространяя этот термин на построение предметных действий, сложных мыслительных актов и процессов научения. Попытку автора подойти с генетической точки зрения к психическим процессам у человека следует всемерно приветствовать. Импонирует также отчетливо выраженная тенденция к собиранию и предварительной систематизации накопившихся в этой области научных данных. Жаль только, что автор преднамеренно отвлекается от обсуждения каких бы то ни было теоретических допущений и ограничивается в своем определении

актогенеза только двумя признаками: 1) указанием на изменения психических процессов, происходящие во времени, и 2) истолкованием психических процессов как активных действий субъекта (там же, S. 159). Такой несколько суженный подход к предмету сам по себе не является достаточным для того, чтобы рассматривать сравнительно кратковременные психические процессы как процессы развития в собственном смысле слова. Ведь далеко не все наблюдаемые в явлениях изменения можно без дальнейшей конкретизации толковать как развитие. В частности, едва ли целесообразно называть развитием, например, перемещение тел в пространстве, смену дня и ночи, звуковые и световые волны, солнечные затмения и т. п., если все эти события рассматривать в отдельности, безотносительно к какому-нибудь другому, более широкому контексту. Точно так же далеко не сразу понятно, можно ли трактовать как развитие, например, игру в теннис, ссоры детей в школе, ощущение красного цвета.

С генетической точки зрения едва ли также целесообразно обозначать одним термином (без дальнейших подразделений) столь различные по структуре и сложности процессы, как единичный акт восприятия и длительный процесс формирования восприятий в индивидуальном опыте. Также нельзя ставить в один генетический ряд, например, удар по футбольному мячу и приобретение умения играть в футбол или выбор нужного шахматного хода и обучение игре в шахматы. Даже согласившись, что ко всем человеческим действиям применима

категория развития, необходимо с самого начала предпринять какой-то, пусть общий и схематичный, анализ соответствующих генетических процессов.

Следует, наконец, заметить, что Х.Д. Шмидт не опирается в своих обобщениях на новые научные идеи и факты, связанные с развитием общей теории систем, теории автоматов, кибернетики, информационной психологии. То, что мы условно обозначаем как «новый» подход к проблеме развития вообще и психического развития в частности (имеются в виду системный, информационный и кибернетический аспекты), не является столь уж новым, так как имеет почти полувековую историю. Серия работ по общей теории систем Л. Берталанфи восходит к его труду 1928 г., озаглавленному «Новейшие теории развития» (Bertalanfy, 1968). Дж. Нейман уже в 1948 г. на Хиксоновском симпозиуме, посвященном вопросу о механизмах мозга и поведения, связал проблемы роста, воспроизведения и развития с формальной теорией автоматов (1951). Предисловие к первому изданию «Кибернетики» Н. Винера было датировано 1947 г., и автор назвал этот труд «итогом более чем десятилетних исследований» (Винер, 1958, с. 12). Отношение кибернетики к современной научной теории развития очень хорошо выразил М. Аптер: «...Развивающиеся организмы — это чрезвычайно сложные системы, которые, в конечном счете, можно понять только на языке общих принципов организации и управления... Очевидно, что к этой области кибернетика должна иметь самое прямое отношение» (Аптер, 1970, с. 45).

Мы связываем понятие «актогенез», обозначающее развитие психических актов и действий, с «самовозрастанием» информации в процессе ее обработки человеческим мозгом. Это нужно понимать в том смысле, что наряду с общеизвестными процессами приема, передачи, хранения и накопления информации в памяти существует процесс спонтанного увеличения количества информации на выходе системы по сравнению с количеством информации, поданным на ее вход. Поскольку при этом имеется в виду не выборка из памяти, полученную разность приходится относить только на счет активной работы самой информационной системы. Чтобы избежать в этом вопросе недоразумений и чувства ложной мистификации, заметим, во-первых, что приведенная формула относится к продуктивному человеческому мышлению, к выводу к знанию и, во-вторых, что здесь нет никакого чуда ни с естественно-научной, ни с психологической точки зрения, если только механизм умозаключения трактовать как актогенез, как одномоментный, кратковременный акт развития познающей системы и если, в-третьих, не считать чудом процесс развития вообще.

Предмет нашего рассмотрения ограничивается онтогенезом умственного развития человека, посредством которого осуществляется связь индивидуального развития с общественным. Имеется в виду связь информационная, т. е. необходимый обмен знаниями между индивидуумами и обществом. У животных онтогенетическое развитие информационно связывается с филогенезом при посредстве мутации — очень

дробных скачкообразных изменений структуры развивающейся системы на уровне хромосом и генов. Мутации и представляют собой как бы частные вклады индивидуумов в общий поток филогенетического развития. Продуктивную умственную деятельность человеческих индивидуумов, естественно распадающуюся на дробные познавательные акты умозаключительного характера, также можно рассматривать как их частные вклады в общий поток умственного развития общества. Не будем при этом забывать, что некоторые социальные связи (например, обмен знаниями между индивидуумами и обществом), как и все вообще информационные связи, необходимо осуществляются при посредстве материальных механизмов, в интересующем нас случае — высших психофизиологических механизмов научения и выводного знания.

К. Маркс писал в 1868 г.: «...история теории, конечно, доказывает, что понимание отношения стоимости было *всегда одним и тем же*, только более ясным или более туманным, сильнее опутанным иллюзиями или более научно определенным. Так как процесс мышления сам вырастает из известных условий, сам является *естественным процессом*, то действительно постигающее мышление может быть лишь одним и тем же, отличаясь только по степени, в зависимости от зрелости развития, следовательно, также и от развития органа мышления. Все остальное — вздор» (Маркс, 1868, с. 461).

Итак, можно предполагать, что общие механизмы элементарных умственных процессов, посредством которых осуществляется активный

баланс интеллектуального развития общества, т. е. закономерный прирост получаемых извне знаний в головах индивидуумов, что эти загадочные психофизиологические механизмы всюду одни и те же.

Применимость категории развития к процессам научения и продуктивного мышления

В советской научно-философской литературе существует несколько определений понятия «развитие», имеющих много общего и различающихся между собой главным образом по тому, на какой из критериев определения делается главный акцент. Так, например, А.Д. Урсул в определении понятия «развитие» предлагает сделать акцент на изменении содержания системы. Заманчивым в его определении представляется простота. «Под развитием конкретной системы, — говорит автор, — понимается изменение ее содержания. Здесь в качестве признака, отличающего развитие от движения, считается изменение содержания системы. Ясно, что изменение вообще и изменение содержания системы — это различные понятия» (Урсул, 1971, с. 177). Нам представляется более правильным в понятии «развитие» сделать акцент на моменте его спонтанности, на самодвижении. Под развитием в дальнейшем мы будем понимать спонтанные изменения сложности, упорядоченности, организации каких-либо систем, функционирующих в условиях взаимодействия с внешней средой. В остальном наше понимание явлений развития не будет заметным образом отличаться от других принятых в советской

литературе определений (Философская энциклопедия, т. 4, с. 453–454).

Что же касается самого момента спонтанности развития, то неправомерно в методологическом отношении абсолютно противопоставлять его воздействиям внешней среды. Возьмем простейший пример — развитие цыпленка из яйца. Можно ли представить себе более выраженный спонтанный процесс? При самых разнообразных внешних воздействиях, в условиях любой биологической среды из куриного яйца не может развиваться никакой другой организм, кроме куриного. Иначе говоря, весь процесс имеет строго направленный характер. И тем не менее столь же общеизвестно, что для того чтобы этот процесс развития был возможен, необходимо сначала длительное поддержание определенной температуры и далее наличие целого комплекса воздействий внешней среды.

По-видимому, тривиальный характер указанных отношений, их самоочевидная общепризнанность и является главной причиной того, что о внешних воздействиях как необходимых условиях спонтанности развития часто не только забывают, но даже резко противопоставляют внешним воздействиям спонтанные процессы. Примером подобной неточности может служить определение, приведенное в Философской энциклопедии: «Спонтанное (от лат. *spontaneus* — произвольный, добровольный) — самопроизвольное, возникающее без внешних воздействий» (разрядка моя. — *Е.Б.*) (Философская энциклопедия, т. 5, с. 117), а также: «В отличие от явлений движения, изменения, которые могут

вызываться действием и внешних по отношению к движущемуся объекту сил, развитие представляет собой *самодвижение* объекта — имманентный процесс...» (Философская энциклопедия, т. 4, с. 453–454).

Итак, спонтанность — это, с одной стороны, то, что происходит «без внешних воздействий» (чего, кстати сказать, фактически никогда не бывает), а с другой стороны, то, что неявным образом «отличается» от изменений, которые могут вызываться внешними воздействиями. Но мы уже видели, что и явления развития обязательно требуют определенных условий и внешних воздействий, так что простое противопоставление спонтанного внешне обусловленному в сущности ничего еще не дает для искомого определения.

Процесс самовозрастания информации в развивающихся познавательных системах невозможно ни правильно описать, ни отличить от простого суммирования информации в различного рода накопителях, не подчеркивая момента спонтанности в явлениях развития, обусловленных и внешними воздействиями. На основании изложенного выше спонтанными следует называть не все внешне обусловленные структурные и функциональные изменения систем, а только те из них, которые имеют свои внутренние движущие силы, закономерно возникающие в сложных системах через взаимодействие их компонентов, и которые закономерно опосредствуются заключающейся в них программной информацией. Под последней разумеется связанная (структурная) информация, точнее, только некоторые ее компоненты,

т. е. те структурные особенности системы, обычно скрытые и тончайшие (в живых системах это генетические микроструктуры), от которых зависит упорядоченный, направленный характер изменений, происходящих в системе под влиянием внешних условий. Спонтанные изменения натуральных систем или их развитие в общем случае происходят через борьбу противоположных тенденций: к возникновению и возрастающему доминированию одних компонентов, сторон, свойств и к уменьшению, редукции, уничтожению других. Отсюда поэтапный, фазовый, стадийный характер спонтанных процессов во всех развивающихся системах.

Моменту спонтанности большое значение придает современная биокибернетика. В качестве иллюстрации можно привести выдержку из книги М. Аптера «Кибернетика и развитие»: «Организм развивается благодаря самовоспроизведению... клеток... Организм сам регулирует важные стороны своего развития. Иначе говоря, развитие управляется изнутри, а не извне» (Аптер, 1970, с. 60–61).

Перед нами, естественно, возникает вопрос о применимости категории развития к процессам научения и мышления (у человека), без чего было бы невозможно научное обоснование понятия актогенеза, предложенное Х.Д. Шмидтом (1970). Следует отметить, что такая постановка вопроса приходит в противоречие с традиционной трактовкой проблемы взаимоотношения обучения и развития. Ведь с точки зрения Х.Д. Шмидта, самый процесс научения это и есть развитие.

Актогенетический подход к процессам научения Х.Д. Шмидт иллюстрирует анализом двух примеров — выработки лабиринтного навыка у животных и образования классического условного рефлекса.

В обоих случаях процесс научения имеет двоякое выражение: внутреннее (мотивационное) и внешнее в форме двигательного поведения и секреторных компонентов реакций. Исходным моментом развития является тот или иной мотив как внутренняя движущая сила процесса формирования новых форм поведения.

В отношении человека возможность трактовать научение как развитие в большинстве случаев становится совершенно очевидной. Процесс научения у человека чаще всего выражается в активном приобретении новых знаний, умений, навыков, т. е. в изменении поведения под влиянием повторения тех или иных ситуаций и действий при условии наличия соответствующей внутренней мотивации. Эти изменения, как правило, состоят в возрастающем усложнении и упорядочивании компонентов как внешней стороны поведения, так и внутреннего богатства образов окружающей действительности (понятие «образ» трактуется Х.Д. Шмидтом широко — как совокупность восприятий, представлений, мыслей). Под влиянием повторного опыта научения вся вообще психическая деятельность человека, как известно, направленным образом (спонтанно) преобразуется, а ее функциональные единицы — действия и познавательные акты — становятся все более сложными, упорядоченными, организованными. Короче говоря, это и есть процесс развития.

Характерной чертой актогенеза при научении является поэтапное

упорядочивание элементов развивающейся функциональной системы при повторении одних и тех же ситуаций и действий, когда каждое последовательное выполнение действия вносит все новые и новые элементы в его структуру, функционально ее обогащает и совершенствует, делает это действие все более гибким и адекватным по отношению к внешней среде. Актогенез научения, таким образом, есть более или менее постепенное развитие какой-либо функциональной системы в последовательном ряду ее повторных реализаций. Такой актогенез в простейших случаях может требовать лишь немногих пробных попыток, быстро приводящих к успеху, а в сложных случаях — растягиваться на многие месяцы и годы (например, изучение иностранного языка, овладение каким-либо искусством).

После того как определенная функциональная система сформировалась, ее функционирование в составе единичных реализаций действия также может рассматриваться как однократный, быстропотекающий, сокращенный актогенез в форме развертывания во времени последовательных звеньев выполняемого действия или сложного умственного акта, например восприятия или быстрого решения какой-либо привычной задачи. Между этими двумя крайними формами следует поставить продуктивное мышление человека при решении какой-нибудь сложной задачи. Поскольку это единый, целостный мыслительный акт, его можно было бы отнести к однократному актогенезу (если задача решается с первой попытки). Поскольку же решение находится не

сразу, а складывается из ряда повторных попыток, одни из которых оказываются ошибочными, тупиковыми «ходами», а другие более или менее быстро приводят к правильному решению, такой тип актогенеза приближается к научению через подкрепление и неподкрепление и, следовательно, может быть назван многократным. В качестве примеров актогенеза при решении сложных задач Х.Д. Шмидт приводит поведение обезьян в опытах В. Келера, когда для доставания банана требовалось соединить две короткие палки в одну длинную, а из опытов с человеком — описанное К. Дункером решение задачи с рентгеновским облучением раковой опухоли. Предложенный К. Дункером способ описания процесса решения в виде родословного дерева и его трактовку решения как процесса развития Х.Д. Шмидт с удовлетворением принимает (Schmidt, 1970, S. 171).

Высшую форму актогенеза представляет собой продуктивное мышление (и воображение) человека, а также сложные формы научения, в которых продуктивные интеллектуальные процессы играют важную посредствующую роль. Главным психологическим признаком продуктивных умственных актов, от которого происходит и самое их название, является возможность получения новых знаний в самом процессе, т. е. спонтанно, а не путем заимствования извне. При этом новые знания являются специфическими продуктами этих процессов. Развитие, таким образом, выражается здесь в самовозрастании знания при посредстве внутреннего взаимодействия познавательных компонентов той или

иной гностической (информационной) системы. Отношение понятий знания и информации как понятий, в существенных признаках эквивалентных, представляется самоочевидным. Всякое знание есть информация, принятая или созданная информационной системой. Если первая характеристика знания как принятой, т. е. переданной тем или иным источником и полученной каким-то приемником, информации не требует никаких дополнительных разъяснений, то вторая характеристика, точнее, форма знания, которая возникает спонтанно в ходе продуктивных интеллектуальных процессов, нуждается в специальном психологическом анализе.

Еще Б. Спиноза различал четыре способа получения знаний, или, как он выражался, «способа восприятия»: 1) «понаслышке» или вообще через расшифровку каких-либо знаков, 2) из беспорядочного (повседневного) опыта, 3) из сопоставления вещей друг с другом, «когда мы заключаем о сущности вещи по другой вещи, но неадекватно», и, наконец, 4) по «интуиции», которая состоит в том, что есть «восприятие, при котором вещь воспринимается единственно через ее сущность или через познание ее ближайшей причины» (Спиноза, 1957, с. 102–103). Спиноза иллюстрирует свою классификацию знаний примерами. «Понаслышке только я знаю свой день рождения... Из беспорядочного опыта я знаю, что умру: я утверждаю это, так как видел, что другие, подобные мне, встретили смерть... По другой же вещи мы заключаем следующим образом... после того, как я узнал природу зрения и то, что оно имеет

свойство, в силу которого мы видим одну и ту же вещь на большом расстоянии меньшей, чем если бы рассматривали ее вблизи, — мы заключаем отсюда, что солнце больше, чем кажется, и тому подобное. Наконец, по одной только сущности... мы знаем, что два да три — пять и что если даны две линии, параллельные одной и той же третьей, то они и между собой параллельны, и т. д.» (там же, с. 103–104). Психологические элементы этих рассуждений очень интересны. Следует обратить внимание на то, что первые три вида знания возникают по принципу заимствования извне, хотя и с участием тех или иных логических приемов, тогда как четвертый вид представляет собой выводное знание, т. е. получение знаний из знаний, что особенно ясно видно из примера с параллельными линиями. Поскольку всякое актуально существующее в голове человека знание есть мыслительный процесс, или важный компонент мыслительного процесса, то с психологической стороны вполне правомерно утверждать, что возникновение одних знаний из других есть психический процесс самовозрастания знания или то, что с точки зрения психологии развития можно назвать гностическим актогенезом. Итак, для психологии познавательных процессов различие между двумя формами получения знаний (в одном случае — рецептивно, извне, а в других — продуктивно, спонтанно, путем самодвижения мысли) имеет существенное значение, так как за этим различием скрываются разные по структуре психические процессы.

Необходимость такого различия отчетливо дает о себе знать и

при современном информационном подходе к анализу познавательной стороны психической деятельности человека. Особенно просто и ясно это удалось выразить Ф. Кликсу. В своем труде «Информация и поведение» (Klix, 1971) Ф. Кликс, во-первых, всемерно подчеркивает активный характер приобретения человеком новых знаний, для чего он вводит специальные термины: Informationsgewinn (добывание информации) и Informationerzeugung (производство, порождение информации). Отметим попутно, что понятия активности и спонтанности очень близки друг другу. Во-вторых, Ф. Кликс среди различных «стратегий» добывания информации справедливо выделяет характерный для человека способ получения ее в мыслительной деятельности (durch Denkprozesse). Больше того, Ф. Кликс говорит о возможности получения через мышление такой информации о вещах, которая вообще не может быть воспринята.

В предложенной им наглядной схеме добывания информации об окружающей действительности внешняя среда разделяется на три уровня: 1) раздражители, действующие на органы чувств, 2) раздражения, вызываемые активным вмешательством организма в окружающую его среду, т. е. изменения, производимые им в среде через двигательные реакции и тем самым меняющие воздействия этой среды на рецепторы, 3) «поле латентных событий», под которым Ф. Кликс понимает такие объективные свойства вещей и их изменения, которые не воспринимаемы в данное время или вообще не могут быть восприняты. При определенных условиях свойства этого рода

могут выделяться из доступного потока информации опосредствованно, точнее, путем умозаключений (там же, S. 44–45). Ф. Кликс связывает эти отношения с проблемой психического развития. Сказанное о различных компонентах «информационного поля» он объявляет «значимым для расширения жизненной сферы в развитии индивида, так же как для расширения возможностей умственного развития общества» (там же, S. 45).

Традиционная трактовка вопроса о взаимоотношениях умственного развития индивидуумов и общества в целом, как правило, ограничивается рассмотрением только одной стороны дела, а именно усвоения индивидуумами знаний, накопленных обществом, и совершенно не касается того, каким образом знания, получаемые индивидуумами от общества, обогащаются ими и вновь вливаются в общий поток умственного развития людей. Самовозрастание информации по ходу ее обработки в умах отдельных личностей, т. е. гностический актогенез в вышеуказанном значении этого термина, и составляет то необходимое посредствующее звено, благодаря которому происходит взаимный обмен информацией между индивидуумами и обществом в ходе общественного развития. При этом в понятие гностического актогенеза включается не одно продуктивное мышление человека, а все познавательные процессы, т. е. и восприятие, и научение, и память, и воображение, и мышление. В более же широком смысле (без эпитета «гностический») актогенез включает процессы формирования и осуществления всех человеческих действий. Резюмируем сказанное по этому вопросу в двух общих определениях.

Актогенез — это дробная единица онтогенетического развития психики, выражающаяся в двух главных формах: сериальной (многократной) и однократной, или динамической. Под сериальным актогенезом разумеется постепенное развитие функциональной структуры различных действий, сложных умственных актов или отдельных видов психических процессов (например, зрительного восприятия) в ходе повторного функционирования (научения, упражнения, усовершенствования). Под однократным, или динамическим, актогенезом понимается развертывание во времени последовательных звеньев какого-либо сложного психофизиологического процесса в каждом отдельном случае. Динамический актогенез, таким образом, представляет собой предельно малую дробную единицу онтогенеза. Иначе говоря, это единичная реализация той или иной складывающейся в опыте функциональной структуры психофизиологического процесса и его внешних поведенческих компонентов. Между динамическим и сериальным актогенезом имеются отношения, во многом сходные с отношениями онтогенеза и филогенеза, только складывающиеся, так сказать, в микроинтервалах времени. Если онтогенез представляет собой полную историю развития индивидуумов, то актогенез составляет его большую или меньшую дробную часть. Наконец, связи между онто- и филогенезом у животных и между актогенезом и умственным развитием человеческого общества имеют между собой некоторые общие (сходные) черты.

Такое новое, обогащенное понятие актогенеза представление о

психическом развитии не согласуется с традиционной концепцией о взаимоотношении обучения и индивидуального развития в советской психологии. Так, например, С.Л. Рубинштейн писал: «В процессе индивидуального развития известную роль, очевидно, играет созревание; не менее очевидно, что определенную роль в нем играет и обучение. Весь вопрос заключается в том, чтобы правильно определить их взаимоотношения» (Рубинштейн, 1946, с. 154). Но, чтобы так ставить вопрос, прежде всего, нужно опровергнуть постепенно укрепляющееся в психологии воззрение, согласно которому обучение есть не что иное, как развитие. Такое понимание наметилось еще у Спенсера, было воспринято Джемсом, а в новой психологии разделялось представителями даже враждующих направлений, например К. Коффкой среди гештальтпсихологов и Э. Торндайком среди бихевиористов. Психологические теории всех этих авторов заслуженно критиковались советскими психологами, но некоторые важные теоретические положения, например тезис К. Коффки о том, что развитие ребенка складывается из созревания и научения (в широком смысле), которые, взаимодействуя между собой, тем не менее, являются лишь компонентами единого процесса развития (Коффка, 1934, с. 29, 103), к сожалению, не были в свое время восприняты и развиты на более глубоком теоретическом фундаменте ведущими советскими психологами. В какой-то части этот пробел пытаются теперь восполнить некоторые немецкие психологи, например Х.Д. Шмидт — в области общей психологии развития и

Ф. Кликс — в области информационной психологии.

Как же все-таки отвечал на поставленный выше вопрос о взаимоотношении развития и обучения С.Л. Рубинштейн? Приведем его итоговое положение: «Единство развития и обучения, развития и воспитания означает, что эти процессы (и созревание и обучение, воспитание) включаются как взаимозависимые и взаимопроникающие друг в друга стороны, как звенья в единый процесс, в котором причина и следствие непрерывно меняются местами. Развитие не только обуславливает обучение и воспитание, но и само обусловлено ими» (Рубинштейн, 1946, с. 155). В этом «взаимопроникновении» частей и целого совершенно все-таки непонятно, чем же в конце концов является «единство развития и обучения»? Неужели оно само не является развитием? Неужели формирование психических функций в самом процессе их функционирования (там же, с. 154) не есть их развитие? А кто станет отрицать, что процесс обучения и воспитания — это и есть социально-организованное и планомерное формирование психики ребенка? Более адекватной поэтому нам представляется другая формула, имеющая к тому же достоинство простоты, что обучение и есть развитие.

Механизм самовозрастания информации: некоторые кибернетические и психофизиологические сопоставления

До сих пор тезис о самовозрастании информации рассматривался лишь в самом общем психологичес-

ком контексте, когда обсуждался вопрос о взаимоотношении процессов научения, мышления и развития. С переходом в более конкретную психофизиологическую область и обращением к вопросу о механизмах соответствующих процессов общая точка зрения, а также требования к аргументации, критерии оценки и т. д. естественным образом меняются, и тот же самый тезис может показаться не только недостаточно обоснованным, но и стоящим в противоречии с общепризнанными положениями теории информации. И надо признать, это впечатление не лишено некоторых оснований, если иметь в виду классический шенноновский вариант теории. Как известно, этот вариант был специально разработан в применении к процессам передачи информации по тому или иному каналу связи, причем подразумевалось, что физические свойства этого канала, а значит, и его технические характеристики в ходе передачи существенным образом не меняются. Если к тому же принять во внимание, что в реальных каналах связи почти всегда есть какой-то шум, который может затруднять или искажать передачу информации, то станет очевидным, что идеально совершенная передача — это передача в условиях неизменности принятого сообщения на всем протяжении канала, по которому это сообщение передается. Следовательно, с точки зрения технической и математической теории связи принятая информация должна сохраняться, а никак не уменьшаться и не увеличиваться (что совсем непонятно в данном случае) под влиянием каких-либо процессов, происходящих в канале связи.

Тем не менее, несмотря на правильность сделанных критических замечаний, тезис о происходящем при определенных условиях возрастании поступающей в мозг человека информации должен быть удержан. В пользу этого тезиса, как уже отмечалось, говорит факт существования выводных знаний, т. е. знаний, получаемых путем логических заключений, путем вывода, в противоположность сведениям, получаемым эмпирически, посредством прямого наблюдения.

Необходимо подчеркнуть, что мозг человека есть нечто гораздо большее, чем просто канал связи или даже чем сложная система таких каналов. В мозгу происходят не только процессы передачи принятой информации и не только ее кодирование и декодирование на различных неврологических уровнях, но и процессы принятия решений в сложном взаимодействии человека с окружающей его общеприродной и социальной средой. **И поскольку о специфических формах обработки информации мозгом в процессах принятия решений существующая теория информации ничего нам не говорит, а также ввиду того, что мозг не является застывшей и неизменной системой каналов передачи сообщения, все связанные с классической теорией информации ограничения, естественно, отпадают.**

При постановке вопроса о самовозрастании информации в мозгу человека совершенно необходимо сначала, хотя бы в самых грубых чертах, ответить на другой, более общий вопрос, а именно: при каких условиях может возрастать информация вообще? В неживой природе,

очевидно, прежде всего, нужно обратиться к связанной или структурной информации, которая необходимо возрастает во всех процессах развития, будет ли это формирование земных пластов, возникновение Солнечной системы, Галактики и т. п. В живых системах связанная информация должна возрастать вместе с филогенезом организмов, а через программные механизмы наследственности — экстенсивно репродуцироваться в онтогенетическом развитии индивидуумов. Важным связующим звеном между этими процессами в условиях взаимодействия организмов со средой и естественного отбора являются мутации.

Другая сфера возрастания информации в живых системах — это ее накопление (запасание) при посредстве тех или иных механизмов памяти, что в достаточной мере общеизвестно. Наконец, обмен свободной информацией между индивидуумами, накопление ее в памяти и необходимая микроструктурная реорганизация мозговых систем в онтогенезе создают все предпосылки для интенсивного актогенетического самовозрастания информации как в связанной, так и в свободной форме. Таковы самые общие предпосылки и условия возрастания информации в неживых и живых системах. Коротко говоря, это означает, что информация может возрастать и необходимо возрастает всюду, где имеет место прогрессивная форма развития. Если та или иная система как источник передачи возможных сообщений развивается, т. е. растет, дифференцируется и усложняется структурно и функционально, то не может быть никаких сомнений и в том, что запасаемая и

передаваемая этой системой информация также должна возрастать. Поставленная наукой захватывающая проблема «кибернетика и развитие», в частности вопросы, связанные с анализом проблемы биологического развития и теории информации, уже начинает интенсивно обсуждаться в специальной литературе.

Не подлежит, далее, никакому сомнению и то, что мозг человека может рассматриваться не только как источник передачи информации, но и как приемник, который в отличие от известных технических устройств все время видоизменяется, усложняется, развивается под влиянием и в процессе обработки поступающей в него информации. Во всяком случае можно с полной уверенностью утверждать, что в процессе онтогенетического развития способность мозга человека извлекать из окружающего мира информацию должна возрастать, а это с необходимостью должно приводить к возрастанию запасаемой информации в самом мозгу по ходу его развития. Итак, в общей форме можно считать, что при наличии процессов развития информация должна возрастать как в передающих системах (источниках), так и в принимающих, а мозг человека, несомненно, является и тем и другим.

Возвратимся еще раз к вопросу о связи механизмов продуктивного мышления человека с проблемой психического развития. Некоторые указания на признание важности такой связи уже имеются в кибернетической литературе. Так, Р. Гольдекр в докладе на 2-м Международном конгрессе по кибернетике в Намюре, обсуждая вопрос, может ли машина создавать произведения

искусства, говорил, что «те же самые основные приспособления, которые мы создаем для моделирования роста, морфогенеза и воспроизведения, оказываются способными (с небольшими изменениями) работать как “творческая машина”» (art-machine) (Goldacre, 1960). Более определенно высказался позднее М. Маруяма. С точки зрения этого автора, продуктивное мышление и развитие формально похожи, особенно если иметь в виду участие в этих процессах положительной и отрицательной обратной связи (Maruyama, 1962). Наконец, уже цитированный ранее М. Аптер утверждает, что тема о связи между творческой деятельностью человека и творчеством природы в процессе биологического развития особенно интересна в плане возможных направлений дальнейших исследований (Аптер, 1970, с. 195).

Онтогенетическое развитие характеризуется двумя главными формами изменений — ростом тканей и их морфологической дифференцировкой. Как отмечает Аптер, «короче всего разницу между ростом и дифференцировкой сформулировал Вейс: «рост» означает увеличение числа элементов одного сорта, “дифференцировка” означает увеличение числа сортов» (там же, с. 50). Это одинаково относится ко всем макро- и микроструктурным образованиям развивающихся живых систем, вплоть до высших анатомо-физиологических механизмов поведения. По отношению к механизмам продуктивного мышления человека можно говорить о росте и дифференциации различных систем временных связей как о физиологической основе развития знаний.

Истолкование продуктивного мышления как особой формы или особого аспекта онтогенетического развития имеет прямую связь с проблемой психофизиологических механизмов учения. Приближаясь к постановке этого вопроса, Аптер писал: «И развитие, и обучение иногда включают очень общее понятие “роста”, и в известном отношении они, несомненно, схожи: про то и другое можно сказать, что происходит объединение большого числа элементов друг с другом. В одном случае эти элементы — либо конкретные стимулы или входы, которые объединяются с конкретными ответами или выходами, либо какое-то число входов, объединяемых (классифицируемых) тем, что они вызывают один и тот же ответ; в другом случае элементы — это растущее число клеток организма.

И можно пойти даже еще дальше: в обоих случаях наряду с ростом в размерах может происходить и усиление “специализации”... Но это похоже на дифференцировочное торможение в мозгу, благодаря которому совокупность условий, при которых возникает ответная реакция, постепенно сужается» (там же, с. 86–87).

Едва ли не самым главным объектом изучения при постановке проблемы онтогенетического развития психики в кибернетическом плане должно остаться павловское понятие временной связи. И значение этого понятия должно еще более возрасти при переходе от анализа условных рефлексов у животных к второсигнальным интеллектуальным реакциям человека. Физиологический механизм продуктивного умствен-

ного акта у человека в отличие от общеизвестных замыкательных связей условных рефлексов по И.П. Павлову назван нами динамической временной связью. Суть этого механизма состоит в особом рода физиологическом взаимодействии сложных нейронных ансамблей в высших отделах мозга: при быстром следовании друг за другом двух или нескольких отдельных психофизиологических реакций, опосредствованных второсигнальными временными связями, в общих (конвергирующих) нейронных элементах возбуждаемых центрально-мозговых структур закономерно возникает усиление возбудительного процесса по механизму суммирования, в то время как во внеположных, несовпадающих нейронных структурах происходит угнетение или задерживание развития возбудительного процесса по механизму второсигнального «блокировочного» торможения. В результате по ходу взаимодействия реакций в центральных нервных путях происходят сложные функциональные перегруппировки связанных между собой элементов (нейронов) и экстренно возникают новые временные связи без предварительного сочетания во времени тех специализированных афферентных и эфферентных структур, которые ими связываются. Возникающие таким путем нервные связи образуются лишь через внутреннюю нейродинамику, без предварительного подкрепления (в павловском смысле этого слова), а между тем опосредствованные этими связями сенсомоторные или вербальные реакции оказываются строго адекватными по отношению к вызвавшей их объективной ситуации.

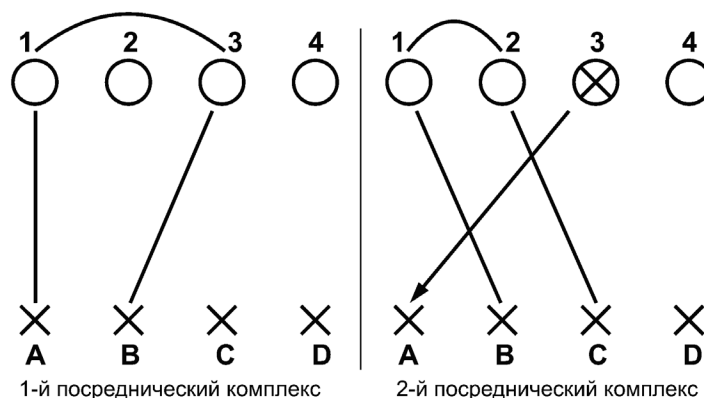
Ввиду этих главных особенностей динамических временных связей (экстренность возникновения по ходу сложной реакции без предварительного подкрепления) мы весьма отрицательно относимся к критике некоторыми последователями И.П. Павлова введенного гештальтпсихологами понятия «инсайт», хотя и не разделяем взглядов гештальтпсихологов на механизм этого важного психологического звена продуктивного интеллектуального акта. Разумеется, мы имеем здесь в виду только специально человеческие формы, не касаясь интеллектуальных реакций животных.

Чтобы сделать более понятной психологическую сторону проблемы и продемонстрировать на вполне конкретном примере то, что мы называем самовозрастанием информации в ходе ее обработки, необходимо еще раз вернуться к ситуации нашего основного эксперимента, в котором изучаются динамические временные связи. Обратимся к анализу конкретного примера.

Испытуемый помещается перед пультом с четырьмя лампами и четырьмя зажигающими их ключами, как показано на рисунке 1, и получает задание зажечь по очереди первую, вторую, третью и четвертую лампы. Обращаем внимание на то несомненное обстоятельство, что с физиологической точки зрения для того, чтобы зажечь какую-нибудь заданную экспериментатором лампу, совершенно необходимо, чтобы зрительное раздражение от этой лампы по определенным межцентральным путям передалось сначала к другим клеткам зрительного анализатора (нужно найти взором соответствующий ключ), а затем перебросилось к клеткам двигательной области коры и подкорки. Соответствующие межцентральные нервные пути в согласии с терминологией, принятой в школе И.П. Павлова, мы и называем временными связями. Очевидно, что для зажигания по сигналам экспериментатора четырех последовательно задаваемых ламп необходимо, чтобы у испытуемых так или иначе

Рисунок 1

Экспериментальная установка



сформировались четыре различные временные связи.

Как это уже аргументировалось выше, интересующие нас временные связи можно сформировать двумя совершенно различными способами, а именно по принципу ассоциативных (условнорефлекторных) связей и по отличному от него принципу связей динамических. В первом случае мы многократно, притом в меняющейся последовательности, показываем испытуемым на отдельные лампы и соответствующие им ключи, всякий раз прося нажимать на них и смотреть, какая лампа в действительности зажигается. После повторения этой процедуры во второй, третий и т. д. раз испытуемые твердо запоминают, на какие ключи нужно нажимать, чтобы безошибочно зажечь любую из четырех заданных ламп. Это связи ассоциативные, замыкательные.

Во втором случае испытуемым не требуется заучивать соответственные пары ламп и ключей. Для решения задачи им последовательно демонстрируются два так называемых посреднических ассоциативных комплекса, например таких, как показано на рисунке 1. Каждый участвующий в опытах испытуемый и каждый читатель нашей книги после небольшого умственного усилия наверняка сможет указать, каким именно ключом зажигается каждая из зажигаемых ламп. В данном случае для реального осуществления задания также потребуется актуализировать четыре временные связи, но уже совершенно иного типа — динамического. Связи эти образуются «в уме» по ходу «умственного сопоставления» (И.М. Сеченов) посред-

нических комплексов и задаваемых одиночных ламп. Они не привносятся друг за другом извне через восприятие и заучивание, т. е. через попарное сочетание во времени и пространстве («подкрепление») связываемых элементов, а являются экстренными продуктами текущей нейродинамики в каждом отдельном задании.

Динамические временные связи развиваются как бы путем скрещивания и деления (дифференцировки) более генерализованных замыкательных связей, возникающих между лампами и ключами при подаче посреднических комплексов и при сигнализации каждой очередной лампы, которую требуется зажечь. Таким образом, мы имеем перед собой динамику скачкообразного развития из «родительских» замыкательных связей более специализированных «дочерних» связей, названных для краткости динамическими.

Первая из «дочерних» связей (между заданной и первой лампой и зажигающим ее вторым ключом) образуется путем «умственного сопоставления» заданной лампы сначала с первым посредническим комплексом, а затем со вторым. Вторая заданная лампа объединяется с третьим ключом путем логического исключения из второго посреднического комплекса ключа, зажигающего первую лампу. Третья «дочерняя» связь получается путем логического исключения из первого комплекса того же ключа, зажигающего первую лампу, и объединения третьей лампы с зажигающим ее вторым ключом. Наконец, четвертая динамическая связь возникает из экстренного объединения четвертой лампы и четвертого ключа как не входящих ни в

первый, ни во второй посреднических комплексы. Логика в данном случае представляет собой лишь упрощенное абстрактное описание центральной нейродинамики, отражающей внешние объекты. Логическое исключение и отбрасывание тех или иных ключей как не относящихся к делу осуществляется, согласно нашей гипотезе, посредством второсигнального блокировочного торможения.

Описанный путь возникновения динамических временных связей путем их скачкообразного развития (дифференцировки) из других, более генерализованных нервных связей по ходу реакции межрефлекторного взаимодействия позволяет до некоторой степени понять и представить себе механизм самовозрастания информации в процессе ее обработки человеческим мозгом. Вообще говоря, мозг работает по двум главным принципам. Отвечая на внешние раздражения, он работает по принципу рефлекса; спонтанно, самоорганизуясь в своей микроструктуре через внутреннее взаимодействие центральных компонентов этих рефлексов, он развивается по принципу межрефлекторного взаимодействия как частного случая более широкого биологического принципа функционального совмещения.

Всякое расширение человеческих знаний должно в большей или меньшей степени увеличивать способность человека к усвоению информации из внешнего мира. Процесс динамического «расщепления» и дифференцирования временных связей в ходе взаимодействия других, более генерализованных «родительских» связей является, как мы утверждаем,

типичным случаем такого рода. Вторая типичная форма динамических временных связей — так называемые связи конструктивного типа — противоположна дифференцировке и представляет собой вид функционального роста. Она имеет место тогда, когда сложные ансамбли центральных возбуждений, соединяясь друг с другом по ходу реакции через общие (конвергирующие) нейронные компоненты, дают начало еще более сложным функциональным ансамблям, определяющим новые психические образы в умственном творчестве человека.

Попытки ввести в психофизиологический эксперимент с измерением времени сенсомоторных реакций меру «информации стимула» (Хик, Хаймен и др.), как известно, не были удачными. Найденное этими авторами отношение зависимости ВР от информации стимула при несколько измененных условиях не было подтверждено другими исследователями (Моубрей и Роадс, Леонард, Бриккер, Кроссман, Е.И. Бойко и др.). Главная причина неудачи, по нашим данным, заключается в том, что исследователи пытались измерить величину информации стимула и непосредственно соотнести ее с длительностью скрытого периода реакции, полностью отвлекаясь от механизма временных связей, посредством которого осуществляется исследуемая реакция и который не может не влиять на ВР. Мы не сомневаемся, что если бы названные авторы попытались соотносить скрытый период с величиной информации, относящейся не к одним только стимулам, а к связям между стимулами и ответными реакциями,

то получились бы более регулярные результаты. Разумеется, для этого исследователям пришлось бы так или иначе анализировать число и структуру вырабатываемых в опыте временных связей.

Когда испытуемому, который не знаком с взаимоотношениями ламп и ключей, сигнализируется какая-нибудь единичная связь лампа — ключ, то величина усваиваемой информации при запоминании этой связи равна 4 двоичным единицам. Предполагается, что каждая из четырех ламп с одинаковой вероятностью в $1/16$ может быть сигнализирована в паре с любым из четырех ключей. При каком-нибудь одном заранее фиксированном соединении ламп и ключей (если это обстоятельство известно испытуемому) величина информации, приходящаяся на каждую пару лампа — ключ, снижается на 2 бита (вероятность выбора $1/4$). Если же принять, что во втором варианте опыта с динамическими временными связями соответственные пары ламп и ключей не заучиваются, то совокупность информации, извлекаемая испытуемым из источника сигналов, должна равняться 8 двоичным единицам (2×4).

Однако если вычислить информацию, получаемую испытуемым при предъявлении заданной лампы и двух посреднических комплексов, то она оказывается значительно меньшей. В самом деле, когда та или иная лампа задана, то вероятность выбора требуемого ключа равна $1/4$. Это дает величину информации для соответствующей генерализованной связи (лампа — четыре возможных клю-

ча) в 2 бита. Прибавим к этому еще 2 бита по одному для каждого посреднического комплекса, поскольку неопределенность выбора снижается каждым из них до $1/2$. Таким образом, общая величина полученной от источника сигнальной информации (заданная первая лампа плюс два посреднических комплекса) равна всего 4 двоичным единицам, а извлеченная мозгом испытуемого совокупная информация для четырех связей равна 8 битам, т. е. спонтанно возрастает в ходе развития последовательных звеньев процесса решения задачи. Величина прироста оказывается, следовательно, равной 4 двоичным единицам. Приведенные расчеты, разумеется, несколько упрощены, так как основываются на схематизированных общих данных. Тем не менее основная тенденция процесса, выражающаяся в закономерном самовозрастании информации, извлекаемой из источника сообщений по мере дифференцирования в мозгу испытуемых все новых и новых динамических связей, несомненно, является правильной.

Все сказанное относится только к непосредственной или «первосигнальной» информации, так как измерить величину информации, содержащейся в предварительной словесной инструкции и в возможных вербальных ответах испытуемых после решения основной задачи, на современном этапе развития науки не представляется возможным. Самая первоначальная постановка этого вопроса намечается в трудах У.Р. Эшби (Эшби, 1959, 1964).

Литература

- Антер М.* Кибернетика и развитие. М.: Мир, 1970.
- Винер Н.* Кибернетика. М.: Советское радио, 1958.
- Выготский Л.С.* Избранные психологические исследования. М, Изд-во АПН РСФСР, 1956.
- Коффка К.* Основы психического развития. М.—Л.: Медгиз, 1934.
- Маркс К.* Письмо к Л. Кугельману 11 июля 1868 г. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч., изд. 2-е. Т. 32.
- Рубинштейн С.Л.* Основы общей психологии. М.: Учпедгиз, 1946.
- Спиноза Б.* Этика. Избр. произв. М.: Политиздат, 1957. Т. 1.
- Урсул А.Д.* Информация. М.: Наука, 1971.
- Философская энциклопедия. М.: 1967. Т. 4.; 1970. Т. 5.
- Эшби У. Р.* Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностр. лит., 1959.
- Эшби У.Р.* Конструкция мозга. М.: Мир, 1964.
- Bertalanfy L. von.* General System Theory. Foundation, Development, Application. N.Y.: Braziller, 1968.
- Goldacre R.J.* Can a machine create a work of art? Actes du 2 Congrès International de Cybernetiques, 1960.
- Klix F.* Information und Ferhaltung. Leipzig, 1971.
- Maruyama M.* The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes // Typescript. September 1962.
- Nemann J. von.* The general and logical theory of automata, the Hixon Symposium, John Wiley. N.Y., 1951.
- Schmidt H.D.* Psychologie. Allgemine Entwicklungspsychologie. Berlin, 1970.