

В. А. Иванников

**КУЛЬТУРНО-
ИСТОРИЧЕСКАЯ
ПСИХОЛОГИЯ
ВОЛЕВОГО ДЕЙСТВИЯ**

ОТ ПРОГНОЗА – К ПОСТУПКУ

Избранные труды

COGITO
CENTRE
NT

Вячеслав Иванников

**Культурно-историческая
психология волевого действия:
От прогноза – к поступку**

«Когито-Центр»

2021

УДК 159.9
ББК 88

Иванников В. А.

Культурно-историческая психология волевого действия: От прогноза – к поступку / В. А. Иванников — «Когито-Центр», 2021

ISBN 978-5-89353-613-3

В книге собраны труды известного отечественного психолога, действительного члена Российской академии образования Вячеслава Андреевича Иванникова (род. 1940 г.), охватывающие более чем 50-летний период его творческой деятельности. Публикуются две его монографии и подборка статей, отражающие разработку автором фундаментальных проблем психологической регуляции деятельности: преднастройки и вероятностного прогнозирования действий, механизмов произвольного контроля и волевого акта, роли мотивации и личности в осуществлении жизненно важных поступков. В формате PDF A4 сохранен издательский макет.

УДК 159.9

ББК 88

ISBN 978-5-89353-613-3

© Иванников В. А., 2021

© Когито-Центр, 2021

Содержание

От прогноза – к поступку: научная родословная Вячеслава Иванникова	6
Раздел 1	9
Предисловие[1]	9
Глава I	10
Глава II	15
Модель вероятностного прогнозирования	15
Подготовка к действию и значимость сигнала	23
Заключение	26
Глава III	27
Избирательность подготовки к действиям и неопределенность прогноза	27
Индивидуальные особенности вероятностного прогнозирования	35
Кожно-гальваническая реакция как отражение преднастройки к движениям	38
Конец ознакомительного фрагмента.	40

Вячеслав Иванников
Культурно-историческая психология
волевого действия: От прогноза
– к поступку. Избранные труды



© Когито-Центр, 2021

От прогноза – к поступку: научная родословная Вячеслава Иванникова

Один из наших с Вячеславом Иванниковым учителей нередко в беседах и лекциях ронял точную формулу смысловой рефлексии: «Остановиться – оглянуться». Эта формула помогает человеку окинуть взглядом свой жизненный путь и подсказать ответы на вечные вопросы: «Кто я? Зачем пришел в этот мир? Что же я натворил в этом полном противоречий мире людей и идей?».

И ответ на эти вечные вопросы, в том числе вопрос, с удивлением заданный самому себе по отношению к своим продуктам творчества, метко передает такую сущностную характеристику человека, как *непредсказуемость* перед самим собой. Позволю в этом плане вернуться к еще одной мысли Алексея Николаевича Леонтьева. Он замечал, что со-деянное, на-творенное нередко шире породившего его сознания. Этот феномен удивления перед самим собой весьма емко передается известным восклицанием Пушкина: «Ай да Пушкин! Ай да сукин сын!».

Так что на-творил Вячеслав Иванников? Для того чтобы подступиться к поискам ответа на этот вопрос, замечу, что в жизненном пути нашего героя поразительным образом переплелись идеи его учителей – Алексея Леонтьева, Александра Лурии и Иосифа Фейгенберга. В связи с этим в творчестве Вячеслава Иванникова рельефно проступили такие смешанные линии эволюции, как линии научной неклассической школы культурно-исторической психологии Льва Выготского и школы неклассической биологии целенаправленной активности Николая Бернштейна, продолжателем которой является Иосиф Фейгенберг.

О родстве этих школ написано немало работ. Нет нужды перечислять их в этом небольшом предисловии. Сошлюсь лишь на фундаментальные труды Александра Запорожца, Петра Гальперина, Даниила Эльконина, Владимира Зинченко и Василия Давыдова. Все работы этих мастеров психологии – яркое и самобытное воплощение в психологии и биологии активности общего пространства мысли двух ведущих научных школ нашего времени.

В чем же по отношению ко всем этим мастерам своеобразие исследований Вячеслава Иванникова? Дело в том, что в научной родословной Иванникова идеи упомянутых выше мыслителей встретились в буквальном смысле этого слова в жизни и судьбе одного человека. Встретились и стали неоспоримым автобиографическим фактом, а не только общей методологией, сшивающей поле исследований автора книги «Культурно-историческая психология волевого действия: от прогноза – к поступку».

Поясню свою мысль, обратившись непосредственно к биографии Вячеслава Иванникова. Учителем и соавтором первого раздела данной монографии является один из самых известных последователей Николая Бернштейна, основатель теории вероятностного прогнозирования в поведении людей и животных, профессор Иосиф Фейгенберг.

Другой биографический факт состоит в том, что первым учителем Вячеслава Иванникова стал Александр Лурия. В свое время Александр Лурия с присущей ему энергией рекомендовал к публикации в журнале «Вопросы психологии» в 1963 г. широко известную, ставшую хрестоматийной статью Иосифа Фейгенберга «Вероятностное прогнозирование в деятельности мозга». И по просьбе Александра Лурии Иосиф Фейгенберг стал соруководителем теоретико-экспериментального исследования «Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движениям», впервые вышедшего в свет в 1978 г.

Таковы факты. Но, как говорится, дальше – больше. Третий учитель Вячеслава Иванникова – Алексей Леонтьев, один из основоположников культурно-деятельностного подхода в психологии. Алексей Леонтьев был и остается наставником и вдохновителем Вячеслава Иванникова. В общении с Леонтьевым родилась представленная во втором разделе данной моно-

графии авторская смысловая концепция волевого действия. И в этой концепции не на словах, а на деле мы видим созвучие идей Выготского, Бернштейна, Леонтьева, Лурии и Фейгенберга.

В широкой панораме исследований Вячеслава Иванникова в цикле различных экспериментов воплощен, на мой взгляд, новый методологический принцип, ускользнувший из поля внимания многих психологов. Этот принцип может быть назван принципом *единства вероятностного и интенционального прогноза в поведении человека*. Подобный принцип, как и известные методологические принципы «Единства сознания и деятельности» (С. Л. Рубинштейн) и «Единство аффекта и интеллекта» (Л. С. Выготский), в исследованиях Вячеслава Иванникова выступает как мост между научными школами Льва Выготского и Николая Бернштейна, еще одна связующая их нить.

Напомню, что в своих работах по построению движений и физиологии активности Николай Бернштейн доказывает, что любое целенаправленное поведение детерминировано образами «вероятного будущего» и «потребного будущего». Последняя форма детерминации часто описывается Бернштейном как «модель потребного будущего». В контексте физиологии активности Бернштейна именно «двигательная задача» и связанная с ней интенция (потребное будущее) задают перспективу построения живого движения с учетом вероятностного прогноза. При этом Бернштейн подчеркивает, что идея вероятностного прогноза предложена и разработана профессором Иосифом Фейгенбергом. Наиболее явно идея детерминации движения моделью потребного будущего звучит в представлениях Николая Бернштейна о ведущем, особо акцентирующем внимание, *смысловом уровне построения движений*. Эта мысль изложена в его классической концепции об иерархических уровнях построения движений.

В культурно-деятельностном подходе исследования, развивающие принципы единства интенционального и вероятностного прогноза, наиболее выражены в мотивационно-смысловой теории личности Леонтьева и Запорожца. Именно мотивационно-смысловая теория личности воплощается в цикле исследований Иванникова, посвященных пониманию природы смыслового волевого действия. Эти работы, описанные во втором разделе настоящей монографии, являются ценностным каркасом, объединяющим поиски разных лет и разные этапы научной биографии Вячеслава Иванникова. За каждым теоретическим и экспериментальным исследованием Вячеслава Иванникова проступает близкая мне мысль о том, что человек приходит в свое настоящее не прямо из прошлого, а конструирует свое настоящее как реализацию образа будущего.

Концепция волевого смыслового действия, обобщенная во втором и третьем разделах монографии, в гегелевском смысле слова снимает концепцию вероятностного прогнозирования, изложенную в первом разделе книги.

Если доведенную до крайности квинтэссенцию концепции вероятностного прогнозирования можно выразить сравнением «человек как счетчик вероятностей», то идея «волевого человека» у Вячеслава Иванникова прямо связана с кредо психологии личности Алексея Леонтьева: «Поступок – начало личности». «Человек поступка» одерживает победу над человеком-«счетчиком вероятностей». «Человек поступка» преодолевает вероятностный прогноз, вооружаясь культурными орудиями, позволяющим в ситуации выбора совершить волевое действие.

Еще раз подчеркну, что «волевой человек», поднявшийся над ситуацией, одолевает «вероятностного человека». Тем самым Вячеслав Иванников в своих исследованиях экспериментально подтверждает гипотезу Льва Выготского о том, что в социогенезе, в истории развития высших психических функций бросание жребия выступает как снятая форма воли. Вероятностный прогноз в поступках личности оказывается на службе у интенционального прогноза. Он становится одним из ресурсов фонового уровня (термин Бернштейна), обеспечивающим ведущий уровень смыслового волевого действия.

Вряд ли будет преувеличением, если я скажу, что биография Вячеслава Иванникова – это биография счастливого человека, в которого верили и которого любили его учителя; человека, которого любят и в которого верят его соратники, ученики и студенты.

Алексей Николаевич Леонтьев не раз говорил мне, что Вячеслав Иванников, будучи самым знаковым заместителем декана факультета психологии МГУ, в бурные 1970-е гг. (напомню, А. Н. Леонтьев был основателем и деканом факультета с 1966 по 1979 гг.) предоставил ему возможность, неся вместе с ним бремя ежедневного управления факультетом психологии, дописать свой фундаментальный труд «Деятельность. Сознание. Личность» (1975).

В заключение этого предисловия я признаюсь в любви к своему другу, профессору кафедры психологии личности МГУ Вячеславу Иванникову.

Когда вам кто-нибудь скажет, что «почемучки исчезают в детстве», не верьте ему. И тому явное доказательство – книга неутомимого почемучки Вячеслава Иванникова «Культурно-историческая психология волевого действия: от прогноза – к поступку»... Это книга человека – исследователя и педагога, который своими «почему», обращенными к учителям, друзьям и ученикам, никому не давал и, надеюсь, еще долгие годы не даст покоя.

Заведующий кафедрой психологии личности МГУ

Александр Асмолов

11.02.2021

Раздел 1

Прогноз

Предисловие¹

Деятельность человека всегда целенаправленна. Это значит, что уже в начале деятельности в сознании человека имеется представление о ее ожидаемых результатах – о предстоящих изменениях окружающей обстановки и о положении человека в окружающей среде, о результатах собственных действий. Все эти образы будущего основываются на прошлом опыте и носят вероятностный характер. Абсолютно достоверных предсказаний в нашем вероятностном мире быть не может. Эволюция в вероятностном мире нашей планеты привела к формированию памяти, в которой сохраняются не только следы событий прошлого опыта, но и какие-то данные о вероятной последовательности событий. Таким образом организованная память дает возможность осуществлять вероятностное прогнозирование. В соответствии с последним реализуется адекватная предварительная подготовка к действиям, с наибольшей вероятностью способствующая достижению цели в наиболее вероятных предвидимых условиях. Следует согласиться с Л. Фогелем, А. Оуэнсом и М. Уолшем (Фогель, Оуэнс, Уолш, 1969), что разумное поведение можно рассматривать как сочетание способности предсказывать состояние внешней среды со способностью преобразовывать каждое предсказание в подходящую реакцию применительно к заданной цели.

Наша книга посвящена моторной преднастройке и ее связи с вероятностным прогнозированием. В ней также рассматривается структура памяти, способная обеспечить вероятностное прогнозирование, зависимость преднастройки от вероятностного прогнозирования и от значимости сигналов. Условные и ориентировочные реакции рассматриваются как крайние зоны большой группы реакций на прогнозируемую ситуацию в зависимости от степени определенности вероятностного прогноза.

Анализируются результаты экспериментальных исследований, скорости реакции человека в зависимости от мышечной преднастройки, а также данные по зависимости преднастройки от прогноза. Рассматриваются индивидуальные особенности людей, связанные с характером прогнозирования ими предстоящих событий и склонностью человека рассматривать окружающую среду как активного «партнера». Вопросы сенсорной преднастройки, характер нарушений вероятностного прогнозирования и преднастройки в патологии и ряд других вопросов остаются за пределами темы настоящей книги.

¹ *Фейгенберг И. М., Иванников В. А.* Вероятностное прогнозирование и преднастройка к движениям. М.: Изд-во МГУ, 1978.

Глава I

Активность и вероятностное прогнозирование

Принцип активности глубоко пронизывает весь комплекс наук о поведении. Именно с утверждением этого принципа связывают рождение нового этапа в науке о поведении, так как через него проходит линия «водораздела» между классической физиологией и современной «физиологией активности» Н.А. Бернштейна (1896–1966).

Классическая физиология, как отмечает Н. А. Бернштейн (1947, 1962а, б, 1966а, б), в соответствии с господствовавшим тогда стихийным механистическим атомизмом, стремилась исследовать каждый орган и каждый элементарный процесс порознь, не рассматривая их влияние друг на друга. Организм изучали в покоящемся, недеятельном состоянии. Его рассматривали как систему, всегда находящуюся в равновесном состоянии с окружающей средой. Предполагалось, что это равновесие обеспечивается реакциями организма – ответными действиями, вызванными стимулами, воздействовавшими на организм. Все поведение организма трактовалось как цепь реакций, реализуемых разомкнутыми рефлекторными дугами со строго детерминированными входно-выходными отношениями. Соответственно этому и в психологии того периода деятельность интерпретировалась «как ответ на внешнее воздействие пассивного субъекта, обусловленный его врожденной организацией и научением» (Леонтьев, 1975, с. 74). В основу такого анализа бралась двучленная схема: «воздействие на реципирующие системы субъекта ^ возникающие ответные явления – объективные и субъективные – явления, вызываемые данным воздействием» (там же, с. 75). В бихевиоризме эта двучленная схема получила выражение $S^A R$ (стимул ^ реакция).

Лишь в 30-х годах нашего века эта двучленная схема анализа поведения была подвергнута резкой критике как в физиологии, так и в психологии. В физиологии в результате этой критики родилось одно из самых оригинальных современных направлений – «физиология активности», представленная в трудах выдающегося советского ученого Н. А. Бернштейна. Вместо принципиально неверных представлений о живом организме как о пассивной реактивной системе, реакции которой жестко детерминированы воздействиями внешней среды, выдвигается представление об организме как о системе, активно воздействующей на среду, стремящейся изменить ее в нужном организму отношении. Принцип активности глубоко пронизывает всю биологию. Он проявляет себя как в процессах роста и развития живых существ, так и в их борьбе за реализацию всего, что им нужно. Применительно к организации двигательных функций животных организмов этот принцип «выглядит как моделирование потребного будущего в форме задачи действия и как реализация интерполированной программы этого действия в порядке преодоления внешних препятствий и активной битвы за результат» (Бернштейн, 1966б, с. 314).

Анализируя структуру управления двигательными актами, Н. А. Бернштейн обращает внимание на то, что зависимость между результатом движения и эффекторными командами неоднозначна, так как на результат движения, помимо этих команд, влияют неподвластные действующей особи силы (внешние и реактивные). Поэтому эффекторные команды не могут быть определителями действия. Не могут ими быть и афферентные сигналы, главным образом потому, что они содержат лишь информацию о том, «что есть», но не содержат информацию о том, «что надо сделать». «Единственным стандартом-определителем и для программы двигательного действия, и для ее выполнения, и для корригирования по обратным связям может являться только оформившаяся и отображенная каким-то образом в мозгу двигательная задача» (там же, с. 279). Произвольные движения, таким образом, включают в себя ряд этапов: 1) восприятие и оценка ситуации, обстановки, включающей в себя и самого индивида; 2) определение того, что должно стать вместо того, что есть (двигательная задача); 3) опре-

деление того, что надо сделать для реализации задачи; 4) определение того, как, с помощью каких наличных двигательных ресурсов надо это делать. Третий и четвертый этапы представляют собой программирование решения определившейся задачи.

Обязательной предпосылкой всякого акта превращения воспринятой ситуации в двигательную задачу является «заглядывание вперед» – экстраполяция будущего. «Наметить двигательную задачу (независимо от того, как она закодирована в нервной системе) – это необходимо означает создать в какой-то форме образ того, чего еще нет, но что должно быть... Только такой уяснившийся образ потребного будущего и может послужить основанием для оформления задачи и программирования ее решения» (там же, с. 280–281).

Наряду с экстраполяцией потребного будущего постоянно прогнозируется изменение ситуации, наступление в будущем определенных событий.

Различные стороны способности живых существ предсказывать наступление определенных событий изучались многими исследователями, среди которых в первую очередь следует упомянуть фундаментальные исследования Д. Н. Узнадзе (1961) и его школы по установке – готовности субъекта реагировать определенным образом на ожидаемое событие. В обширном цикле исследований Л. В. Крушинского (1960) было констатировано наличие этой способности у животных – экстраполяция животными, стоящими на различных уровнях эволюционного развития, направления движения приманки и выбор позиции, адекватной экстраполируемому движению. Следует отметить также ставшие уже классическими исследования Е. Н. Соколова (1958, 1960), который доказал, что при многократном применении одного и того же раздражителя у субъекта формируется нервная модель стимула и он начинает предсказывать появление именно этого раздражителя. В исследованиях П.К. Анохина (1955, 1957, 1968) была показана необходимость аппарата, предназначенного для восприятия предвосхищаемых результатов действия (акцептор действия). С. Г. Геллерштейн (1958, 1966) изучал, как испытуемые на основе раскрытия логической связи чередования сигналов предсказывают появление каждого сигнала. Очень важные факты получил Грей Уолтер (1965, 1966), который обнаружил в электрической активности мозга специальные волны, связанные с ожиданием стимула и готовностью к реакции.

Наши исследования также посвящены одному из аспектов моделирования будущего – его вероятностному характеру. Дело в том, что моделирование субъектом будущего существенно отличается от моделирования настоящего: оно не может быть в такой же степени определенным. Опираясь на сведения о наличной ситуации, доставляемые органами чувств, и используя определенным образом организованные сведения о прошлом (память), субъект может моделировать будущее лишь с той или иной степенью достоверности. Таким образом, существенной особенностью прогнозирования является его вероятностный характер.

Способность сопоставлять поступающую информацию о наличной ситуации с хранящейся в памяти информацией о прошлом опыте и на основании всех этих данных строить гипотезы о предстоящих событиях, приписывая им ту или иную вероятность, и была названа вероятностным прогнозированием (Фейгенберг, 1963).

Вероятностное прогнозирование может иметь различный характер (в зависимости от того, каких сторон «будущего» оно касается).

1. Вероятностное прогнозирование дальнейшего развития неподвластных субъекту событий. Внешние события по отношению к субъекту выступают здесь как «природа» в том смысле, в котором этот термин употребляется в теории игр, т. е. как совокупность сил, действия которых влияют на успешность действий субъекта, но сами никак от его действий не зависят.

2. Вероятностное прогнозирование того, что такие-то действия субъекта приведут к успеху, к достижению его целей или к удовлетворению потребности. Внешние события рассматриваются как зависящие от действий субъекта, изменяемые действиями субъекта. Такое прогнозирование – необходимый элемент планирования собственных действий, направленных

на достижение некоторого результата. Здесь прогноз можно сравнить не с попыткой предсказать, куда вероятнее всего изменчивый поток вынесет щепку, а с попыткой определить, какие действия пловца в изменчивом потоке с наибольшей вероятностью позволят ему оказаться в заданном месте в заданный момент времени.

3. Вероятностное прогнозирование затрат (потерь, проигрыша), предстоящих субъекту на том или ином пути к достижению его цели в наиболее вероятных (соответственно прогнозу) предстоящих ситуациях (под затратами здесь понимаются энергетические затраты, затраты времени, степень риска в достижении других целей и т. п.).

В состав внешней среды может входить не только «природа», но и «партнер» – обозначим этим словом элементы среды, осуществляющие целенаправленное поведение; цели партнера часто не совпадают с целями субъекта (они могут быть даже враждебны, противоположны им). При наличии «партнера» прогноз должен включать в себя гипотезы о его наиболее вероятных действиях. Но ведь партнер активен, и поэтому вероятность тех или иных его действий зависит от действий субъекта, даже от того, какие еще не осуществленные действия субъекта представляются партнеру наиболее вероятными. В силу этого при наличии активного партнера «моделирование вероятного будущего» субъектом включает в себя рефлексивные процессы различного порядка, осознание того, «что он думает о том, что я думаю о нем». Проиллюстрируем эту мысль остроумными строками Бернса:

- Он целовал вас, кажется?
- Боюсь, что это так...
- Но как же вы позволили?
- Ах, он такой чудак!

Он думал, что уснула я
И все во сне стерплю,
Иль думал, что я думала,
Что думал он, что сплю.

(Пер. С. Я. Маршака)

Итак, при наличии активного партнера (в частном случае – противника) его предстоящие действия зависят от выбранных субъектом действий и должны прогнозироваться субъектом с учетом этого. Адекватным аппаратом для описания такого прогноза явится, вероятно, аппарат развивающейся теории игр.

Характер вероятностного прогнозирования связан с такими моментами деятельности субъекта, как его потребности, цели, возможности воздействовать на среду и на свое положение в ней, его способность влиять на ход событий, планировать и осуществлять целенаправленные действия. Вопрос о месте вероятностного прогнозирования в структуре деятельности субъекта рассматривается в работе А. Г. Асмолова (1977), выполненной в школе А. Н. Леонтьева. Автором разрабатываются представления об иерархической уровневой природе установки как механизма стабилизации деятельности и показывается, что механизм вероятностного прогнозирования функционирует на уровне операций – способов осуществления действия, соотносимых с условиями развертывания действия, которое, в свою очередь, подчинено осознаваемому предвидимому результату. При включении вероятностного прогнозирования в контекст деятельности на первый план выходит тот факт, что прогнозирование тех или иных операций и преднастройка – подготовка соответствующих моторных и сенсорных систем к определенному способу осуществления действия – выполняется не только на основе учета частот событий в прошлом. Субъект, подготавливаясь к будущим событиям, учитывает также значимость событий – отношение желаемого предвосхищаемого результата к дому спо-

собу действия, посредством которого этот желаемый результат может быть достигнут с наибольшей вероятностью. Субъект должен оценить для себя значимость прогнозируемых событий и соответствующие им способы осуществления действий. Иными словами, при выборе операций субъект ориентируется как на вероятность наступления той или иной ситуации, так и на ее значимость: вместе они образуют вероятностный прогноз достижения желаемого результата и планирование той или иной операции, с наибольшей вероятностью приводящей к цели действия.

Со значимостью связан и учет величины собственных затрат, необходимых для реализации действий субъекта. Оптимальными являются действия, могущие приблизить к достижению цели при допустимых затратах. Стало быть, затраты должны оцениваться в той же шкале, в которой оценивается значимость целей. Эта шкала должна иметь общие свойства с денежной шкалой – сопоставимой мерой оценки весьма разных объектов и явлений.

Способность к вероятностному прогнозированию, по-видимому, сформировалась в процессе эволюции, протекавшей в вероятностно организованной среде.

Жизнь на Земле протекает в условиях, которые могут сменяться в различном порядке: одни события следуют за другими лишь с некоторой (большей или меньшей) вероятностью, другие наступают закономерно. Например, по строго определенному закону изменяется длина светового дня в течение года, в определенном порядке чередуются времена года, определенным образом меняется положение Солнца, Луны и звезд на небе. Закономерное изменение условий среды дает возможность живым организмам использовать в своих целях опережающие реакции: от опережающих ход изменений среды химических реакций протоплазмы до упреждающих стихию разумных действий человека.

Опережающие реакции живых существ могут быть основаны:

- 1) на наличии механизмов, запускаемых в действие признаками будущих событий или предшествующими событиями, после которых с вероятностью единица ($P = 1$) наступают определенные события (примером могут быть опережающие химические реакции, безусловные рефлекс);
- 2) на знании вероятностей (частот) следования одних событий за другими (преднастроенные реакции в их различных проявлениях);
- 3) на знании законов (правил) изменений среды (разумные действия человека).

Первая и третья ситуации дают возможность организму с опережением осуществлять реакции с конечным приспособительным эффектом. Вторая ситуация дает лишь возможность готовиться к возможным действиям. Такая готовность к предстоящим действиям (преднастройка) выражается в двигательных реакциях (принятие определенной позы и т. д.), в изменении функционального состояния органов чувств и двигательных систем (сенсбилизация органов чувств, изменение мышечного тонуса и др.), в изменении энергетического снабжения различных органов тела (повышение уровня сахара в крови, изменение тонуса сосудов и др.), в изменении направленности психических процессов.

В процессе эволюции живых организмов усложнялась – и при этом совершенствовалась – их организация. Сенсорные системы становились способными более тонко анализировать изменения в окружающей среде; эффекторные системы – более дифференцированно и адекватно условиям среды и потребностям организма влиять на среду и на собственное положение в ней; центральный аппарат управления – лучше сохранять следы прошлого (память) и управлять поведением, используя прошлый опыт и текущую афферентацию. Усложнение организации живых организмов было связано с увеличением числа клеточных элементов, образующих органы и функциональные системы. Но увеличение числа элементов, входящих в систему, никак не могло способствовать ускорению ее работы. Скорее наоборот. Таким образом, реакции становились все более совершенными, но недостаточно быстрыми. А реакция, даже самая

совершенная, становится бесполезной, если осуществляется слишком поздно. Преодолению этих «ножниц» между скоростью и совершенством (дифференцированностью) реакций и способствовало появление возможности к вероятностному прогнозированию. Благодаря ему реакция начинается не тогда, когда уже имеется налицо ситуация, по отношению к которой эта реакция является адекватной. Первые фазы реакции начинаются раньше, тогда, когда имеется ситуация, вслед за которой в прошлом опыте субъекта с достаточно большой частотой (вероятностью) следовала именно та ситуация, по отношению к которой адекватна данная реакция. Организм опережает ход событий.

И хотя большая частота именно такого чередования событий в прошлом не гарантирует того, что и сейчас последовательность событий будет такой же, реагирование соответственно прогнозу, основанному на вероятностных характеристиках прошлого опыта, в большинстве случаев обеспечивает организму «выигрыш». В меньшем же числе случаев может быть и «проигрыш» – когда события развиваются маловероятным путем и организм оказывается не подготовленным к ним. Но это более редкое явление. «Проигрыш» может быть велик, вплоть до жизни данного организма, но он маловероятен. Вид, обладающий хорошим вероятностным прогнозированием, оказывается более приспособленным. А особи, погибшие в маловероятных ситуациях, – это как бы «плата» вида за свой выигрыш, за адаптацию к изменяющейся среде.

Ясно, что способность к вероятностному прогнозированию могла развиваться только в процессе эволюции, протекавшей в вероятностно организованной среде. В жестко детерминированной среде вероятностное прогнозирование не нужно, а в максимально дезорганизованной среде (имеющей максимальную энтропию) – оно бесполезно. Вероятностное прогнозирование организмов – порождение вероятностной организации мира, в котором они живут.

Развитие у живых организмов способности к вероятностному прогнозированию, обеспечивающему реализацию опережающих реакций, возможно только при двух неизменных условиях: в вероятностно организованной среде и при наличии специальным образом организованной памяти.

Главная функция вероятностного прогнозирования – опережение событий внешней среды – достигается за счет заблаговременной подготовки к возможным действиям, а в ряде случаев и осуществления необходимых действий.

Глава II

Подготовка к предстоящему действию на основании прошлого опыта

Модель вероятностного прогнозирования

Мы уже говорили в первой главе, что вероятностное прогнозирование будущего может основываться только на прошлом опыте, хранимом памятью. Как же можно представить себе память, в которой хранятся сведения не только о минувших событиях, но и вероятности их наступления и связи между наступлением разных событий? Ведь именно такая память необходима для осуществления вероятностного прогнозирования.

Отвлечемся здесь от необычайной сложности организации памяти животных и человека, от того, что у человека память представляет собой систему действий и операций, направленных на создание смысловой организации прошлого опыта. Мы считаем необходимым особо подчеркнуть, что в описываемой ниже структуре памяти речь идет о памяти индивида, а не о памяти личности. Индивид является продуктом прошлого опыта, и его память рассматривается как следствие этого опыта. На уровне же личности, как отмечает А. Н. Леонтьев (1975), прошлые впечатления, события и собственные действия субъекта не выступают для него как покоящиеся пласты прошлого опыта, а становятся предметом его отношений и в зависимости от этих отношений меняют свой вклад в личность.

Попробуем описать такую структуру памяти, которая бы учитывала вероятности событий, имевших место в прошлом опыте, и на их основании обеспечивала вероятностный прогноз будущего.

Конечно, прогнозирование будущего животными и человеком гораздо сложнее. Мы хотим лишь показать, что даже сравнительно просто организованная система сохранения следов прошлого в состоянии осуществлять вероятностное прогнозирование будущего.

Представим себе систему, действующую в вероятностно организованной среде, составленной из последовательности событий *A*, *B*, *C*., следующих друг за другом в случайном порядке с некоторыми определенными вероятностями.

Обозначим буквой *A* первое событие (явление, сигнал), с которым встретилась система. После этого события в памяти выделяется ячейка, которой присваивается метка «*A*». Тем самым в память записано, что событие *A* имело место в опыте системы. Точно так же после каждого впервые встретившегося события метка этого события присваивается новой ячейке. Таких ячеек будет организовано столько, сколько новых событий встретит система в среде. Набор этих ячеек удобно сравнить с каталогом, где каждой ячейке соответствует свой ящик. Для каждого наступившего события, помимо организации новой ячейки (ящика), если событие наступило впервые, делается запись на карточку, которая ставится в ящик, заведенный для предшествующего события. Пусть, например, после события *A* наступило событие *B*. Тогда заводится ящик для *B* (поскольку *B* встретилось впервые) и, кроме того, карточка «*B*» ставится в ящик *A* – фиксация в памяти того, что *B* было после *A*. Карточка с записью прошедшего события каждый раз (в который бы раз ни произошло событие) ставится в ящик того события, которое непосредственно предшествовало данному. Каждая новая карточка ставится в ящик впереди других карточек.

Сформированная таким образом память уже может обеспечить системе возможность вероятностного прогнозирования предстоящих событий и, следовательно, возможность преднастройки – подготовки к действиям, адекватным прогнозируемым событиям. В простейшем

случае прогноз осуществляется следующим образом. Чтобы построить прогноз событий, после того как наступило некоторое изменение среды (например, событие A), из памяти извлекается ящик с меткой A . В этом ящике подсчитывается доля карточек A по отношению ко всему числу всех карточек в ящике – это и будет вероятность, с которой прогнозируется наступление события A ; доля карточек B по отношению ко всем карточкам составит вероятностный прогноз наступления события B и т. д.

Таким образом, вероятность, с которой прогнозируется событие B в случае наступления события A , равна n_B/N , где n_B – число карточек B среди всех N карточек в ящике A . Система подготавливается к действиям, соответствующим событиям A, B, C , в соответствии с величиной вероятностного прогноза $n_A/N, n_B/N, n_C/N$.

Здесь для прогнозирования используется вся память, накопленная за всю «жизнь» системы. В частном случае, если сразу после события A всегда следовало только определенное событие (например, B), ящик A будет заполнен только карточками B , и в этом случае событие B будет прогнозироваться после A с вероятностью 1.

Однако такая «память на всю жизнь» оказывается весьма ненадежной, если система находится в среде, вероятностные характеристики которой изменяются во времени. Чтобы сделать прогнозы хоть сколько-нибудь соответствующими изменившейся среде, система должна «прожить» в этой среде отрезок времени, соизмеримый с уже прожитой ранее «жизнью». Система оказывается косной, плохо адаптирующейся к изменяющимся внешним условиям. При этом, чем «старше» система, тем труднее она приспосабливается к изменяющейся среде. Опыт, приобретенный системой за последнее время, играет все меньшую роль, по сравнению с длительно накапливавшимся старым опытом. Таким образом, чтобы хорошо приспосабливаться к изменчивой среде, способность забывать не менее полезна, чем способность запоминать.

Наша система окажется более адаптивной, если она будет осуществлять вероятностное прогнозирование, опираясь не на «память всей жизни», а лишь на опыт последнего периода.

Если произошло событие A , то модель просматривает N карточек, последними поставленных в ящик A , и подсчитывает, какую часть от N составляют карточки событий A, B, C и т. д. В соответствии с полученными величинами и прогнозируются вероятности возникновения событий A, B, C , и осуществляется преднастройка к соответствующим действиям.

Система, способная не только запоминать, но и забывать, т. е. использующая для прогнозирования лишь недавний опыт, может *адаптироваться к изменяющимся условиям*. В частности, ее прогнозирование достаточно для выработки классического условного рефлекса и его угашения. Но недостатки в прогнозировании такой системы еще весьма существенны.

При таком обращении к прошлому опыту весьма важен вопрос о рациональном выборе числа N . При $N=1$ прогноз носит не вероятностный, а жестко детерминированный характер: всегда предсказывается с вероятностью $P=1$ (однозначно) то событие, которое в последний раз следовало за событием A . При $N=1$ хорошее прогнозирование будет обеспечено только в том случае, если вслед за A всегда следует одно и то же событие. Однако такая ситуация встречается разве лишь в хорошо поставленном эксперименте по выработке условных рефлексов.

При маленьком N система окажется очень «доверчивой» в своем прогнозе; влияние на прогноз случайного, но недавно встретившегося события будет значительным; система будет быстро менять прогноз даже под влиянием случайных изменений среды. При слишком большом N модель, наоборот, окажется слишком «косной» в своем прогнозе, недостаточно чуткой к изменениям вероятностных характеристик среды. Если N равно числу всех карточек в ящике (т. е. модель обладает «бесконечно большой» памятью – в пределах всей ее жизни), то вероятностный прогноз будет достаточно хорошим лишь до тех пор, пока будут оставаться стабильными вероятностные характеристики «среды обитания» модели. Если вероятностная структура среды изменится, модель начнет выдавать неверные прогнозы и будет медленно приспосабливаться к новой среде.

Как видим, вероятностный прогноз оказывается неточным как при слишком малом N («доверчивая» модель), так и при слишком большом N («косная» модель). Рациональный выбор N зависит от того, в какой среде работает модель, как быстро меняются вероятностные характеристики этой среды.

Описанный выше вариант памяти носит характер «все или ничего»: начиная с какого-то момента все события помнятся одинаково хорошо, более же ранние события как бы нацело вычеркнуты из памяти.

Можно усложнить характер забывания в нашей модели. Пусть карточки в картотеке имеют некоторый «весовой коэффициент давности» события: лучше помнится то, что было недавно. Первые N_1 карточек, стоящие в ящике (недавние события), имеют коэффициент a_1 . Следующие N_2 карточек (более давние события) имеют коэффициент a_2 , меньший чем a_1 . Следующие N_3 карточек (еще более давние события) имеют еще меньший коэффициент a_3 и т. д.

В величину вероятностного прогноза события B при условии, что непосредственно перед тем было A , входят: доля карточек B среди первых N_1 карточек в ящике A с коэффициентом a_1 , доля карточек B среди следующих N_2 карточек в ящике A с коэффициентом a_2 , доля карточек B среди следующих N_3 карточек в ящике A с коэффициентом a_3 и т. д. Вероятность того, что наступит событие B при условии, что произошло событие A , будет такой:

$$1) P(B/A) = \frac{a_1 \frac{n_{1B}}{N_1} + a_2 \frac{n_{2B}}{N_2} + a_3 \frac{n_{3B}}{N_3} + \dots}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots} = \frac{\sum_i \frac{a_i n_{iB}}{N_i}}{\sum_i a_i},$$

где $a_1 > a_2 > a_3 \dots$

Это и есть вероятность, с которой прогнозируется наступление события B в случае, если произошло A . Точно так же для любого другого события C :

$$2) P(C/A) = \frac{\sum_i \frac{a_i n_{iC}}{N_i}}{\sum_i a_i}.$$

При такой организации памяти моделируется уже не только вероятностное прогнозирование и, в частности, классический условный рефлекс; но и еще одно интересное явление, которое наблюдается в опытах по переделке условных рефлексов.

Пусть собака в определенных условиях после звонка всегда (в течение достаточно долгого времени) получала пищу. В результате в этих условиях после звонка у собаки начинается усиленное выделение слюны – результат того, что попадание пищи в рот прогнозируется с большой вероятностью. Однако в очередной раз после звонка собака не получила пищу, а последовало болевое раздражение лапы. То же повторилось в следующий раз после звонка – и еще несколько раз. Теперь уже в ответ на звонок собака отдергивает лапу, а усиления слюноотделения не наблюдается. Собака ведет себя так, как будто она «забыла», что ее кормили после звонка, но «помнит», что после звонка было больно лапе. Однако опыт показывает, что собака ничего не «забыла». Если оставить такую собаку на достаточно длительное время в покое (не кормить после звонка и не пользоваться током), а затем привести в лабораторию и включить звонок, у нее может возникнуть усиленное слюноотделение. Собака как бы «вспомнила», что ее когда-то кормили после звонка, и как бы «забыла» более недавние события – болевое раздражение после звонка.

Похожие явления можно наблюдать и у человека. В квартире во время ремонта перенесли выключатель – он был слева от двери, а стал справа. Первое время хозяин, заходя в квартиру, по привычке шел в темноте налево. Но через небольшое время он переучивается и идет уже к выключателю направо. Но если в это время хозяин уедет на месяц, то, вернувшись, он может снова начать искать выключатель на левой стороне, как говорят, «по старой памяти». Человек как бы «забыл» более недавний кратковременный опыт и как бы «вспомнил» ранее «забытый», более старый, но долговременный опыт.

Такое «забывание» старого при изменении среды и «вспоминание» после перерыва обеспечивается в модели с «весовым коэффициентом давности». Недавние события могут «перевешивать» даже длительный, но более старый опыт, благодаря высокому «весовому коэффициенту давности» (площадь S_2 на рисунке 1 больше площади S_1). По прошествии длительного времени, когда «весовой коэффициент давности» тех же событий уменьшится, опыт этого короткого периода уже не доминирует над длительным опытом (площадь S_2 меньше площади S_1). Но если теперь вновь восстановить такие же вероятностные характеристики среды, как в период t_1t_2 , то обучение уже пойдет быстрее, чем в первый раз: площадь S_3 суммируется с площадью S''_2 ; поэтому время повторного обучения t_3t_4 окажется меньше времени первичного обучения t_1t_2 . Повторное обучение требует тем меньшего времени, чем быстрее оно проводится после первичного обучения и чем длительнее было первичное обучение.

В модели, как она описана выше, вероятностное прогнозирование осуществляется по отношению к одному событию, предшествующему прогнозируемому событию. Ясно, однако, что такой прогноз не может быть достаточно надежным в среде, в которой имеются связи между событиями не только рядом стоящими, но и более отдаленными (*марковские последовательности*² с «глубиной марковости» 2 и больше). Так, например, событие D может следовать с высокой вероятностью за событием B , если перед B было A , и с низкой вероятностью, если перед B было C . В описанной выше модели прогноз вероятности наступления события D после B осуществляется без учета того, какое событие предшествовало B – в ящике B не содержится информации о том, что предшествовало событию B .

² Марковской (по имени математика А. А. Маркова) называют такую случайную последовательность, составленную из элементов A, B, \dots, K , в которой имеется зависимость между элементами. Эта зависимость выражается в том, что элемент D определяет вероятность $P(E/D)$ того, что следующим в последовательности будет E . Величина $P(E/D)$ называется переходной вероятностью или условной вероятностью того, что при условии появления элемента (или возникновения события) D последует E .

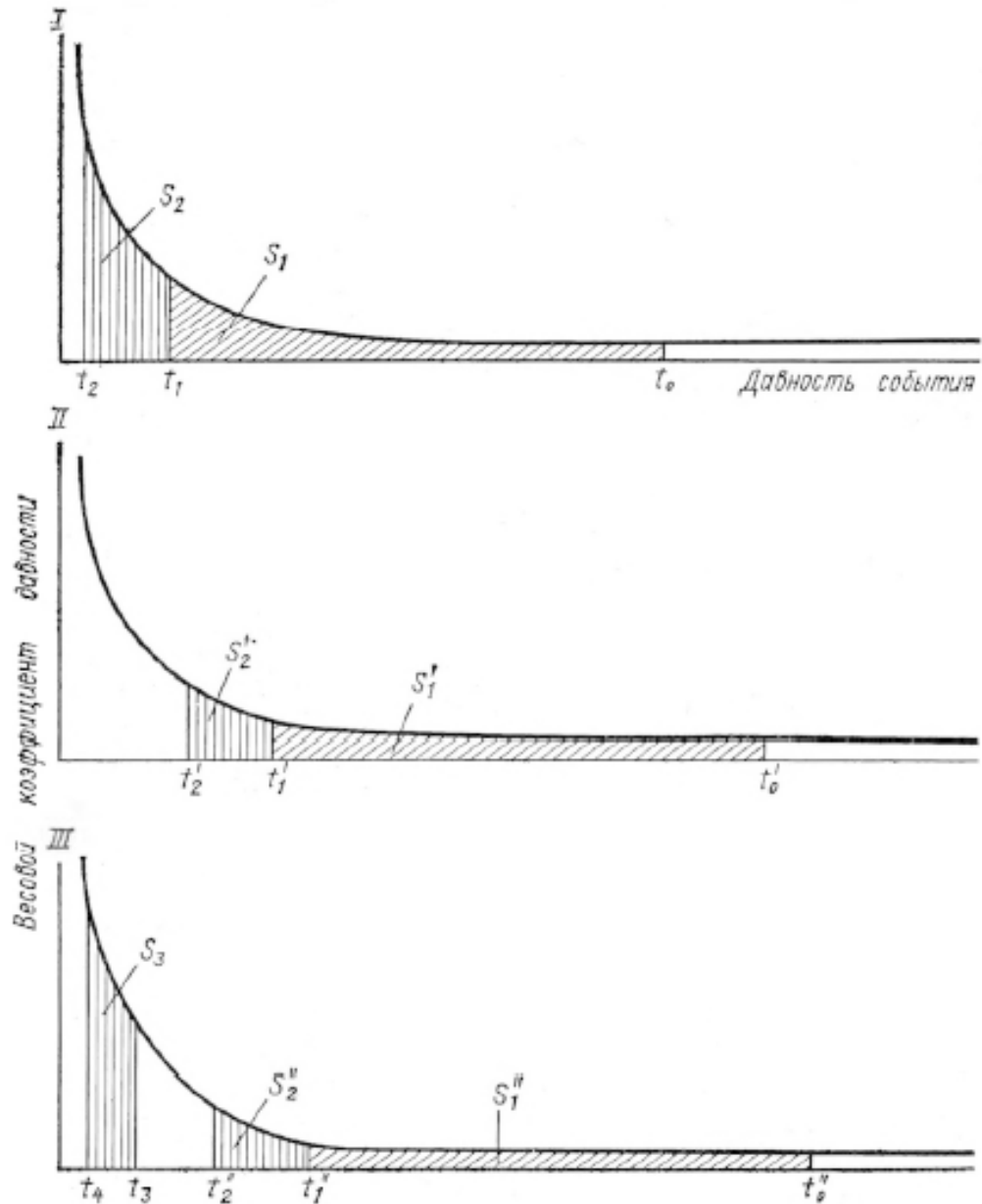


Рис. 1. Весовой коэффициент давности событий.

На оси ординат – весовой коэффициент давности, на оси абсцисс – давность событий: I – кратковременный недавний опыт «перевешивает» более длительный, но давний; II – по прошествии некоторого времени этот «перевес» утрачивается; III – повторное обучение требует меньше времени, чем первоначальное

Наряду с описанными выше ящиками, на передней панели которых записано одно какое-либо событие (*ящики первого порядка*), заведем в нашей модели еще *ящики второго порядка* – такие ящики, на передней панели которых записаны два последовательных события: AA, AB, AC, BA, BB, BC..., CA, CB, CC,.... Карточка D, поставленная, например, в ящик AB, означает, что событие D произошло после события B, перед которым было событие A. В приведенном выше примере карточка D будет частой карточкой в ящике AB и редкой – в ящике CB.

Ящики второго порядка, как следует из изложенного, обеспечивают лучшее вероятностное прогнозирование, чем ящики первого порядка. Еще более надежное прогнозирование обеспечивают ящики третьего порядка, на которых записаны три последовательных события:

наличие большого числа карточек D в ящике DAB , например, означает, что если после D следовали события A и B , то с высокой вероятностью вновь произойдет событие D .

Ящики второго и более высоких порядков не только обеспечивают лучший прогноз, чем ящики первого порядка, но и дают возможность выработки «ситуационных» условных рефлексов. Представим себе такую ситуацию. Физиологи A и B работают на одних и тех же собаках, но в разное время. Физиолог A подкрепляет звонок C пищей D . Физиолог B – легким уколом лапы E . В первом случае у собаки возникает пищевая реакция, во втором – оборонительная. Если звонка нет, собака не реагирует пищевой или оборонительной реакцией на вид физиологов A и B . На звонок же она после выработки условных рефлексов реагирует по-разному. Если перед звонком C она видела физиолога A , то она, не дожидаясь подкрепления D , отвечает пищевой реакцией. Если перед звонком C она видела физиолога B , то, не дожидаясь подкрепления E , реагирует отдергиванием лапы. В модели это обеспечивается тем, что карточки D (пища) попадают в ящик AC , а карточки E (укол) – в ящик BC . Поэтому при возникновении комплекса событий A и C прогнозируется высокая вероятность возникновения события D ; если эта вероятность $P(D/AC)$ близка к единице, то наблюдается пищевая реакция. При возникновении же комплекса событий B и C прогнозируется высокая вероятность возникновения события E ; если $P(E/BC)$ выше некоторого «порогового» уровня, наступает оборонительная реакция.

Наличие в модели ящиков высоких (второго и выше) порядков позволяет моделировать не только классические условные рефлексы, описанные И. П. Павловым, но и условные рефлексы, названные Ю. Конорским условными рефлексами второго типа (в отличие от классических – условных рефлексов первого типа). Условные рефлексы второго типа известны в литературе и под другими названиями – инструментальных условных реакций или оперантного поведения.

В чем же различие между условными рефлексами первого и второго типа?

Общая схема условного рефлекса первого типа может быть записана символически следующим образом. Исходное состояние системы таково, что стимул S_A вызывает реакцию R_A ($S_A \rightarrow R_A$). Другой стимул S_B реакции R_A не вызывает. Если же вслед за стимулом S_B следует стимул S_A , то реакция R_A возникает ($S_B S_A \rightarrow R_A$). В этом случае принято говорить, что условный раздражитель S_B «подкрепляется» безусловным раздражителем S_A . Если теперь такое совместное действие стимулов S_B и S_A повторяется достаточное число (n) раз, то уже одного стимула S_B оказывается достаточно, чтобы вызвать реакцию R_A . Коротко это будет выглядеть так:

S_A вызывает R_A
 S_B не вызывает R_A
 $S_B S_A$ вызывает R_A

 n раз

 S_B вызывает R_A .

Для характеристики условного рефлекса второго типа опишем один из экспериментов Конорского. Собаку оставляли в пустом помещении. Время от времени собака без видимой причины лаяла. Каждые несколько минут раздавался стук метронома, и если собака в этот момент лаяла, то из пищевого контейнера падал кусочек мяса. Вскоре собака стала лаять в экспериментальной обстановке постоянно. Но лай «подкреплялся» мясом только тогда, когда стучал метроном. В результате собака начинала лаять именно тогда, когда стучал метроном. Именно так осуществляется дрессировка животных, когда животное учит в ответ на определенный сигнал выполнять определенное действие.

Если мы теперь сравним условные рефлексы первого и второго типа, то увидим, что за сходством терминологии здесь скрывается существенное различие явлений. В первом случае «подкрепляющим» называют такой стимул, который «безусловно» вызывает у животного вырабатываемую реакцию ($S_A \rightarrow R_A$). Так, в опытах с пищевыми условными рефлексами мясо (подкрепляющий стимул) «безусловно» вызывает пищевую реакцию – слюноотделение. Во втором же случае вообще нет такого стимула, который «безусловно» вызывает лай. «Подкрепление» же (мясо) играет другую роль – роль вознаграждения. В условных рефлексах второго типа нет аналога ситуации $S_A \rightarrow R_A$.

В нашей модели наличие ящиков первого порядка достаточно для моделирования классических условных рефлексов, но не может обеспечить реализации условных рефлексов второго типа. Иначе обстоит дело, если использовать ящики высших порядков. Наличие карточки F в ящике E_C моделирует след в памяти того, что событие F произошло после C , которому предшествовало E . Из вышесказанного ясно, как ящик E_C может быть использован для того, чтобы осуществить вероятностное прогнозирование предстоящих событий, в частности предсказать вероятность наступления события F .

Но ящики второго (и более высокого) порядка могут быть использованы еще и другим образом. Под каждой буквой (в нашем примере F , E , C) можно понимать любое событие, воспринимаемое животным. Таким событием может быть и внешнее явление, и собственное действие животного: сгибание лапы, лай и т. п.

Пусть F будет означать появление мяса, E – стук метронома, C – лай. Послышался стук метронома E . Собаке же хочется мяса F . Что надо сделать, чтобы с наибольшей вероятностью получить мясо? В памяти-картотеке просматриваются ящики E_A , E_B , E_C , где A , B , C ... – различные действия собаки. В каждом из этих ящиков подсчитывается вероятность наступления желаемого события (появление мяса). Таким образом, используя ящики второго порядка, можно не только осуществлять вероятностное прогнозирование внешних событий, но и строить планы собственных действий C , приводящих с наибольшей вероятностью в заданных условиях (произошло E) к желаемому результату («хочу мяса» – E). Еще лучше эта задача решается с ящиками более высоких порядков. Ящики n -го порядка позволяют строить планы действий, состоящие из n минус 1 шагов, приводящих с наибольшей вероятностью к желаемому результату в заданных условиях. С помощью ящиков n -го порядка можно строить и более короткие планы действий – из n минус k шагов, но зато k первых элементов будут использованы для более точного прогноза.

Чем более высокого порядка ящиками располагает модель, тем точнее она осуществляет вероятностное прогнозирование, тем более длинные планы действий можно строить. Но это дается ценой значительно большей громоздкости памяти и «перебора» при выборе из памяти. Число ящиков в модели сильно увеличивается при возрастании их высшего порядка (n).

При том же числе m возможных событий (т. е. таких событий, которые наступили хоть раз в жизни модели) модель может содержать: ящиков первого порядка – m , ящиков второго порядка – m^2 , ящиков третьего порядка – m^3 , ящиков n порядка – m^n .

Так что в простой среде пользоваться ящиками высоких порядков нецелесообразно: процедура прогнозирования становится громоздкой и длительной, а выигрыш в точности может быть малым или даже совсем отсутствовать (если, например, среда представляет собой бернуллиеву последовательность, т. е. случайную последовательность, в которой вероятность возникновения того или иного события не зависит от предшествовавшего события).

Здесь мы сталкиваемся с тем, что стремление улучшить вероятностное прогнозирование приводит к чрезвычайно громоздкой модели памяти. А нельзя ли каким-либо образом несколько разгрузить память, не ухудшая результатов вероятностного прогнозирования? Нельзя ли запоминать не все в равной степени и даже кое-что совсем не запоминать? Вслед

за этим сразу же возникает другой вопрос: что именно надо запоминать более основательно, чтобы сохранить способность к вероятностному прогнозированию?

Пусть наша модель запоминает не все, что поступит на ее вход, с одинаковой глубиной. До сих пор блок памяти системы имел на входе сигналы («внешние события»), а на выходе, в качестве конечного продукта, – вероятностный прогноз, который мог быть использован следующими блоками, осуществляющими преднастройку. Теперь же и сам блок памяти должен будет использовать свой «продукт» – прогноз.

Если произошло событие A , то с помощью ящика « A » подсчитывается $P(A)$ – вероятность того, что снова произойдет A , $P(B)$ – вероятность того, что наступит событие B ..., $P(K)$ – вероятность того, что наступит событие K . Это и есть вероятностный прогноз.

Предположим, что после этого наступило событие Y – событие, вероятность наступления которого, согласно прогнозу, равнялась $P(Y)$. Теперь, как мы уже писали выше, следует поставить карточку Y в ящик A . Но карточка ставится с разным «весом» в зависимости от степени неожиданности события Y , она ставится с коэффициентом $1 - P(Y)$.

Назовем эту величину коэффициентом неожиданности. Если в прошлом опыте после A всегда следовало Y , то $P(Y) = 1$ (субъективная «модель среды» точно соответствует среде). Тогда $1 - P(Y) = 0$, т. е. повторно наступившее событие Y не запоминается, не загружает память. В жестко детерминированной среде модель перестает запоминать, как только «научается» безошибочно прогнозировать ход событий. Но, если среда изменится и наступит не то событие, которое прогнозировалось, это событие врежется в память с максимальным коэффициентом неожиданности $1 - 0 = 1$. Каждое событие запоминается тем сильнее (т. е. оказывается труднее забываемым), чем более неожиданным (удивительным) было возникновение его в данный момент.

Вероятности ожидания сигналов или ситуаций могут меняться от $P = 1$ до очень маленьких величин. Всегда ли субъект учитывает все значения вероятностей или он может работать более экономно?

Можно предположить, что преднастройка осуществляется лишь по отношению к действиям, адекватным такой ситуации, возникновение которой прогнозируется с вероятностью, превышающей некоторую минимальную величину P_0 . Величина P_0 играет роль абсолютного порога вероятностного прогноза. К ситуациям, появление которых прогнозируется с вероятностью меньшей, чем P_0 преднастройка не осуществляется. Если $P_0 = 1/10$ (а из экспериментальных данных вытекает, что это примерно так), то при наличии равновероятных сигналов вероятностный прогноз достигает пороговой величины P_0 лишь при числе сигналов до 10; при большем числе сигналов вероятностный прогноз появления каждого из них меньше порогового. Если же сигналы возникают с неодинаковыми вероятностями, то среди них могут оказаться сигналы с $P > 0,1$, но число таких сигналов будет всегда меньше 10 – независимо от общего числа сигналов. А это значит, что, как бы велико ни было число возможных сигналов, при наличии порога P_0 организм упрощает ситуацию так, как будто число возможных сигналов не больше, чем $1/P_0$ (т. е. не более 10 в приводимом примере). Наличие порога P_0 позволяет при большом общем числе альтернатив принимать во внимание при прогнозировании лишь небольшую часть (не более $1/P_0$) наиболее вероятных альтернатив.

Различие в подготовке к действиям на два сигнала наблюдается лишь тогда, когда различие прогнозируемой вероятности появления этих сигналов достаточно велико, больше некоторого ΔP – дифференциального вероятностного порога. В частности, для выработки условного рефлекса выработка прогноза с $P = 1$ не является необходимой (такая ситуация практически недостижима даже в эксперименте); достаточно, чтобы прогнозируемая вероятность подкрепления была близкой к единице ($P \geq 1 - \Delta P$).

Описанная структура памяти отражает лишь одну ее сторону, но именно ту, которая позволяет понять, как из прошлого опыта создается прогноз будущего, как осуществляется вероятностное прогнозирование.

Подготовка к действию и значимость сигнала

В приведенной выше структуре памяти в основу прогноза кладется частота (вероятность) возникновения событий и их сочетаний. При этом другие характеристики событий принимаются одинаковыми. Между тем ясно, что в действительности и преднастройка, и реакция субъекта на события сильнейшим образом зависят от значимости этого события для субъекта. Рассмотренная выше ситуация, когда все события принимаются как равные по значимости, является искусственной – удобной для первоначального исследования, но отличной от ситуации в реальной жизни. Очевидно, что сообщение о том, что этажом ниже возник пожар, вызовет совсем иную по силе и скорости реакцию, чем сообщение о том, что этажом ниже ветер выбил стекло в окне – даже в том случае, если априорная вероятность этих сообщений одинакова. Равновероятные события могут вызвать очень различную преднастройку и различные реакции. Два разных субъекта различно реагируют на одну и ту же ситуацию даже при одинаковой неожиданности ее возникновения, если эта ситуация имеет для них различную значимость.

Значимость – величина субъективная, различная для разных субъектов, да и для одного и того же субъекта меняющаяся в зависимости от различных обстоятельств и прежде всего от целей субъекта. Дать определение значимости очень трудно; вместе с тем реальность ее существования и влияния на реакции субъекта не вызывает никакого сомнения. Совокупность значимостей, достаточно постоянных для данного субъекта, составляет существенную характеристику его личности. Это выявляется в его индивидуальных реакциях, в его системе предпочтений. Так, один предпочитает провести вечер на концерте Баха, а другой – за столом с приятелями. Но, чтобы сравнить то и другое и решить вопрос о предпочтении, надо измерить предпочитаемые вещи в сравнимой системе единиц. Поскольку каждый осуществляет такое сравнение, можно предположить, что у субъекта имеется некая единая шкала оценки значимости для различных ситуаций. Такая шкала напоминает деньги – всеобщий эквивалент, единую систему для оценки самых различных предметов и благ, дающую возможность сравнивать их. Только наличие такой единой шкалы (меры) может обеспечить систему индивидуальных предпочтений, выборов. Мы здесь не будем рассматривать, как формируется индивидуальная система значимостей. Ясно, что она связана с опытом, включая воспитание, влияние социальной среды.

В эксперименте, в ситуации, значительно упрощенной, по сравнению со сложными жизненными коллизиями, удастся показать, как значимость сигнала влияет на время реакции на этот сигнал.

В экспериментах, проведенных на 26 испытуемых (студентах 20–29 лет), с помощью цифровой лампы предъявлялась случайная последовательность сигналов— цифры 1 и 2 с заданными частотами (соответственно P_1 и P_2). По инструкции испытуемый должен был в ответ на появление сигнала 1 возможно быстрее и без ошибок нажимать ключ левой рукой, а в ответ на сигнал 2 нажимать другой ключ правой рукой. Время реакции регистрировалось электрическим миллисекундомером, включавшимся при появлении сигнала и выключавшимся при правильном нажатии ключа (при этом происходило и выключение сигнала).

Эксперименты проводились с тремя последовательностями сигналов (по 120 сигналов в каждой), различавшихся вероятностями появления сигналов 1 и 2:

а) последовательность: $P_1 = P_2 = 0,5$;

- б) последовательность: $P_1 = 0,75$; $P_2 = 0,25$;
 в) последовательность: $P_1 = 0,83$, $P_2 = 0,17$.

В I серии опытов испытуемые получали обычную почасовую оплату, зависящую от времени занятости в эксперименте.

Во II серии опытов вводилась еще дополнительная плата за каждую быструю и правильную реакцию на сигнал 2, что делало этот сигнал более значимым для испытуемого. Эта дополнительная плата была неодинаковой в разных сериях и в целом обеспечивала примерно одинаковый выигрыш для всех трех последовательностей сигналов.

В экспериментах с одинаковой значимостью сигналов 1 и 2 (первая серия) время реакции на сигнал и доля ошибочных реакций оказались большими на маловероятный (редкий) сигнал и меньшими на высоковероятный (частый) сигнал.

В экспериментах с неодинаковой значимостью сигналов для испытуемого (вторая серия) оказалось, что при повышении значимости одного из сигналов (2) время реакции на него и доля ошибочных реакций отчетливо снижается. Приводим в таблице 1 результаты этих исследований.

Как видим из этих экспериментов, введение дополнительной платы за правильную и быструю реакцию на сигнал увеличивает значимость отдельного сигнала для субъекта, что сказывается на укорочении времени реакции на этот сигнал. Значимость здесь формируется системой вознаграждений (или наказаний) за определенные реакции.

Повышение значимости сигнала для субъекта через увеличение вознаграждения (платы) за быструю и правильную реакцию на этот сигнал ведет к укорочению времени реакции на этот сигнал и к уменьшению числа ошибок на более значимый сигнал. При наличии двух сигналов, имеющих разную значимость для субъекта, время реакции на редкий (маловероятный) сигнал может не только сравняться с временем реакции на частый (высоковероятный) сигнал, но (при достаточном разведении вероятностей появления сигналов) даже стать более коротким, чем время реакции на частый, но менее значимый для субъекта сигнал.

Таблица 1

Время реакции и процент ошибочных реакций на сигналы одинаковой и неодинаковой значимости

Последовательность сигналов	Сигнал	Вероятность сигнала	В ответах с одинаковой значимостью сигналов 1 и 2		В ответах с большей значимостью сигнала 2	
			среднее время реакции (в мс)	средний процент ошибочных реакций	среднее время реакции (в мс)	средний процент ошибочных реакций
а)	1	0,5	400	7,5	445	15,0
	2	0,5	405	10,8	320	4,1
б)	1	0,75	365	3,8	430	8,4
	2	0,25	420	15,3	350	6,0
в)	1	0,83	390	2,1	410	4,5
	2	0,17	450	16,7	365	8,2

Таким образом, время реакции зависит не только от частоты (вероятности) сигнала, но и от его значимости. Это было, в частности, хорошо показано в работе А. Н. Леонтьева и Е.

П. Кринчик (47, 48), в которой редкий, но значимый («аварийный») сигнал вызывал быструю реакцию испытуемого.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что исследование зависимости времени реакции от значимости сигнала принципиально отличается от исследования зависимости времени реакции от частоты сигнала. Частоту сигнала экспериментатор может задать, а затем проследить, как зависит от нее время реакции. Частота сигнала – объективная величина. Значимость же не может быть полностью задана экспериментатором. Одно и то же событие имеет разную значимость для разных субъектов. Исследователь может судить о значимости только по реакциям испытуемого. В условиях эксперимента исследователь может менять лишь оплату (вознаграждение или наказание) за реакции испытуемого. Но плата и значимость – не одно и то же. Значимость – лишь функция платы. При этом значимость – нелинейная функция платы. При очень маленьких платах значимость почти не меняется с изменением платы. Затем с ростом платы наступает участок прямой и отчетливой зависимости значимости от платы. При очень высокой плате, по-видимому, дальнейшее изменение платы почти не влияет на значимость.

Формализовать понятие значимости во всей сложности не представляется нам возможным, по крайней мере, в настоящее время. В этом отношении мы должны присоединиться к мнению Ф. В. Вассина относительно трудностей формализации «значения – для субъекта», личностного смысла (А. Н. Леонтьев).

Тем не менее для более ограниченных задач, для частного круга простых ситуаций могут быть сделаны попытки формализации понятия значимости.

Пусть стимулы S_A и S_B , требующие соответственно реакций R_A и R_B , следуют в случайном порядке с равными вероятностями P_A и P_B . Если в этих условиях время реакции на эти стимулы T_A и T_B оказываются одинаковыми, то естественно считать, что оба стимула имеют одинаковую значимость для субъекта.

Если в тех же условиях время реакции на один из стимулов оказывается меньшим ($T_A < T_B$), то будем считать, что значимость стимула S_A для данного субъекта больше, чем значимость для него стимула S_B . Значимость здесь выступает как фактор, «искажающий» зависимость времени реакции на стимул от вероятности стимула. Значимость тем больше, чем больше это «искажение».

Если мы имеем дело с двумя стимулами S_A и S_B неодинаковой значимости, то можно подобрать такое соотношение их частот P_A и P_B в случайной последовательности сигналов, при которой времена реакции T_A и T_B окажутся одинаковыми. О возможности такого подбора вероятностей появления стимулов говорят описанные выше эксперименты, из которых следует, что при неодинаковой значимости стимулов время реакции на маловероятный стимул может не только сравняться, но даже стать меньше, чем время реакции на высоковероятный стимул.

Пусть для уравнивания времени реакции T_A и T_B понадобилось так изменить вероятности стимулов, что вероятность менее значимого стимула в n раз больше, чем вероятность более значимого ($P_B = nP_A$). Можно условиться считать, что в этом случае стимул S_A в n раз более значим для субъекта, чем стимул S_B .

Такая метрика определения значимости является условной, но она и не может быть абсолютной.

Эта попытка формализации понятия значимости применима лишь в очень ограниченном круге явлений и не может быть распространена на широкий круг многообразных и разнородных психологических феноменов, в которых выступает значимость тех или иных явлений для субъекта. Такой широкий подход к изучению значимости ждет еще как теоретического, так и экспериментального исследования.

Заключение

Быстрота и целесообразность реакций субъекта при возникновении тех или иных ситуаций или сигналов в значительной мере зависят от предварительной подготовки к этим реакциям еще до того, как возникла соответствующая ситуация. Подготовка осуществляется по отношению к тем реакциям, которые целесообразны (соответствуют целям субъекта или удовлетворению его потребностей) в ситуациях, прогнозируемых как наиболее вероятные. Вероятностное прогнозирование основано на прошлом опыте субъекта и возможно лишь при сохранении в памяти субъекта вероятно упорядоченных следов минувших событий, вероятно организованного прошлого опыта.

Описывая в этой главе модель такой вероятно организованной памяти, на которой может основываться вероятностное прогнозирование, мы стремились показать, что даже сравнительно несложно организованная система упорядочения информации о прошлом опыте может быть достаточной для вероятностного прогнозирования предстоящих событий.

Неодинаковая значимость для субъекта различных событий отчетливо влияет на характер его реакций.

Изучение значимости событий для субъекта представляется в высшей степени актуальным. Оно затрудняется сложностью проблемы, отсутствием четкого определения значимости, принятого достаточно большим числом исследователей.

Однако для ограниченного круга сравнительно простых ситуаций возможна некоторая формализация понятия значимости и установление принципов ее измерения. В этой главе такая попытка сделана применительно к области измерения времени реакции в ответ на сигналы, следующие в случайной последовательности.

Глава III

Условная и ориентировочная реакции как опережающие реакции при различной степени неопределенности прогноза

Понятие «ориентировочная реакция», как это нередко бывает с научными терминами, проделало определенную эволюцию. Если И. П. Павлов понимал под этим термином рефлекс «что такое?» – комплекс изменений, связанный с установкой органов чувств при неожиданном воздействии раздражителя, то теперь в комплекс изменений, обозначаемый термином «ориентировочная реакция», многими авторами включается также десинхронизация электрической активности мозга, возникновение неспецифического ответа в виде «вертекс-потенциала», колебание электрического потенциала кожи (КГР), изменение мышечного тонуса, некоторые вегетативные сдвиги. Мы будем здесь пользоваться термином «ориентировочная реакция» в этом широком смысле, не вдаваясь в обсуждение того, насколько удачным он является.

При делении реакций на условные и безусловные ориентировочная реакция оказывается в каком-то промежуточном положении: она, как и безусловные, не требует предварительной выработки, но, как условные, связана с индивидуальным прошлым опытом (например, ее угасание при потере раздражителем «новизны»). На связь ориентировочных и условных реакций указывает и тот факт, что вторые особенно хорошо вырабатываются на те сигналы, которые вначале вызывают сильную ориентировочную реакцию (Соколов, 1958). При выработке условного рефлекса между ним и ориентировочной реакцией возникают своеобразные «ножницы»: условная реакция усиливается, а ориентировочная ослабевает. Создается впечатление, что это две «антагонистические» реакции.

Попробуем, однако, рассмотреть эти две реакции как разные стороны единого процесса.

Избирательность подготовки к действиям и неопределенность прогноза

Мы исходим из представления о том, что на основе прошлого опыта субъект способен прогнозировать (экстраполировать) дальнейшие изменения среды на некоторый отрезок времени. Прогноз относительно наступления определенных событий и соответствующих им действий всегда носит вероятностный характер: одни события и действия ожидаются с большей, другие – с меньшей вероятностью. В соответствии с прогнозом субъект осуществляет подготовку к ожидаемым действиям, активируя одни и притормаживая другие системы.

В ситуации определенного прогноза, когда можно почти однозначно предсказать наступление определенного события, субъект получает возможность осуществлять действие раньше, чем появится ситуация, по отношению к которой это действие является адекватным (условный рефлекс).

В условиях неопределенного прогноза осуществляется подготовка к нескольким возможным действиям – чем больше степень неопределенности прогноза, тем больше систем должно быть подготовлено к действию. Такой предварительной подготовкой систем в ситуации неопределенного прогноза и является ориентировочная реакция.

В этой главе делается попытка рассмотреть ориентировочную и условную реакции как опережающие реакции в условиях различной степени неопределенности прогноза. С этой целью нами была проведена серия экспериментов, в которых изучались особенности преднастройки в ситуации определенного и неопределенного прогноза.

Методика исследования состояла в следующем. Испытуемому давали инструкцию реагировать возможно быстрее движением правой руки на появление светового квадрата и движением левой руки – на появление светового треугольника. Испытуемому сообщали, что перед световыми сигналами будет подаваться сигнал «внимание» (звук длительностью 1,5–2 с). Спустя 1,5–2 с после включения звука на табло появлялся один из световых сигналов. Следующая пара сигналов (звук и свет) подавались через 8–15 с. Было проведено две серии опытов. В одной серии опытов (серия А) испытуемому предъявлялись два световых сигнала в случайном порядке с равной вероятностью ($P_1 = P_2 = 0,5$), во второй серии (В) после сигнала «внимание» появлялся только один из световых сигналов (либо квадрат, либо треугольник) с $P = 1$. Для половины испытуемых опыт начинался с серии А (50 сигналов), после чего без предупреждения испытуемому начинал предъявляться каждый раз только один из световых сигналов (серия В). Для другой половины испытуемых опыт проводился в обратном порядке – сначала серия В, а потом серия А. В течение опыта непрерывно регистрировались: на ЭЭГ – биоэлектрическая активность затылочной области правого полушария и сенсомоторных областей обоих полушарий; на ЭМГ – биоэлектрическая активность локтевых разгибателей кисти обеих рук или глубоких сгибателей пальцев. Со стопы левой ноги регистрировалась КГР (по Тарханову). В опыте участвовало 20 здоровых испытуемых.

Регистрация основного ритма ЭЭГ затылочной области и сенсомоторных областей обоих полушарий показывает, что первые 8–10 предъявлений сигналов вызывают депрессию основного ритма, начинающуюся при включении сигнала «внимание» (звук) и исчезающую спустя 2–3 с после предъявления светового сигнала. На ЭМГ в интервале времени от выключения звука до предъявления светового сигнала, когда движение отсутствует, наблюдается биоэлектрическая активность примерно одинаковой амплитуды (5–20 мкВ) на обеих руках. В начале опыта регистрируются также КГР на звук и на световые сигналы.

В ходе опыта характер наблюдаемых реакций меняется. КГР на звук быстро угасает (через 5–10 предъявлений) и в том случае, когда предъявляется два световых сигнала после звука (серия А) и когда предъявляется один и тот же световой сигнал (серия В). На световые сигналы КГР начинает возникать с меньшим латентным периодом (спустя 0,5–1 с, а иногда в момент предъявления светового сигнала). Когда предъявляется один и тот же световой сигнал (серия В), то КГР на него постепенно угасает: на 3–5 десятке световых сигналов КГР наблюдается в среднем 2,6–1,5 раза на 10 предъявлений сигналов. Когда предъявляются два световых сигнала в случайном порядке (серия А), то КГР на них почти не угасает: в этом случае на 3–5-м десятке сигналов КГР наблюдается в среднем 7–8 раз на 10 предъявлений сигналов.

Возникновение депрессии основного ритма на ЭЭГ в ходе опыта смещается с начала действия звука к моменту предъявления светового раздражителя. Депрессия основного ритма на ЭЭГ в ходе опыта все чаще начинает возникать не на появление сигнала «внимание», а либо в конце действия звука, либо в интервале времени между выключением звука и появлением пускового стимула (рисунки 2–3). Депрессия на световой сигнал укорачивается при этом до 1–1,5 с.

На ЭЭГ затылочной области депрессия основного ритма после смещения во времени возникновения постепенно угасает в интервале от выключения звука до предъявления светового сигнала. На 3–5-м десятке предъявлений сигналов депрессия на ЭЭГ затылочной области в интервале между звуком и светом наблюдается в среднем 4–6 раз на 10 предъявлений сигналов, независимо от того, один или два световых сигнала предъявляются в опыте (т. е. в серии Ли в серии В). На световые сигналы депрессия на ЭЭГ затылочной области угасла только у 3 испытуемых из 20.

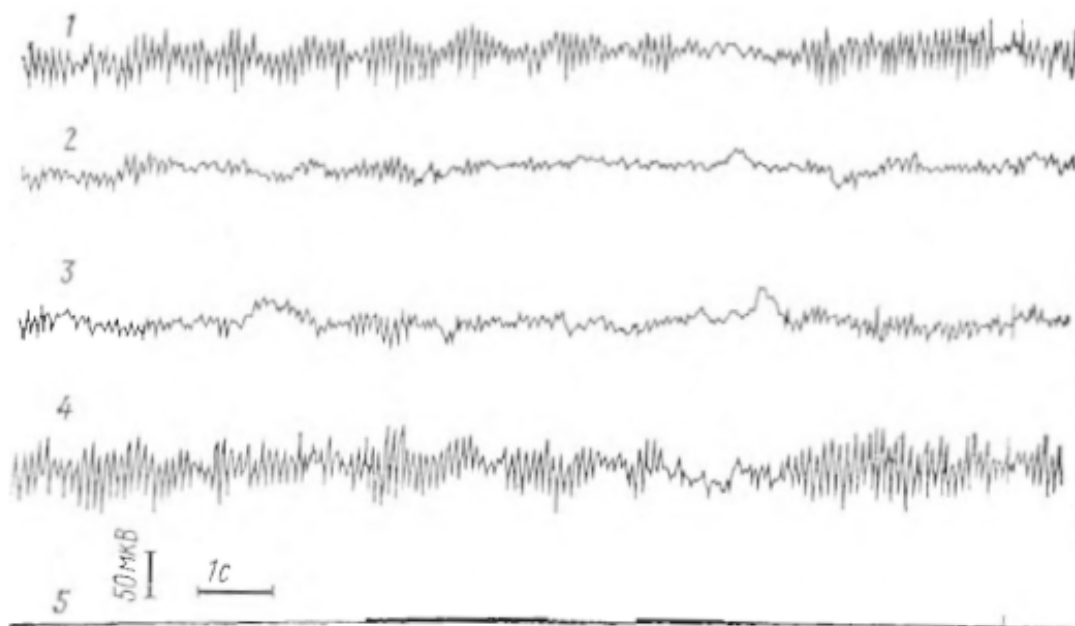


Рис. 2. ЭЭГ-реакция испытуемого А. В. на 31-е предъявление сигналов в серии А. После предупреждающего сигнала предъявляются в случайном порядке два пусковых стимула с равной вероятностью ($P_1=P_2=0,5$).

Обозначения: 1 – запись затылочной области, 2 – сенсомоторная область левого полушария, 3 – сенсомоторная область правого полушария, 4 – теменно-затылочная область, 5 – отметка раздражителя: первая отметка – предупреждающий сигнал (звук), вторая – пусковой стимул (свет)

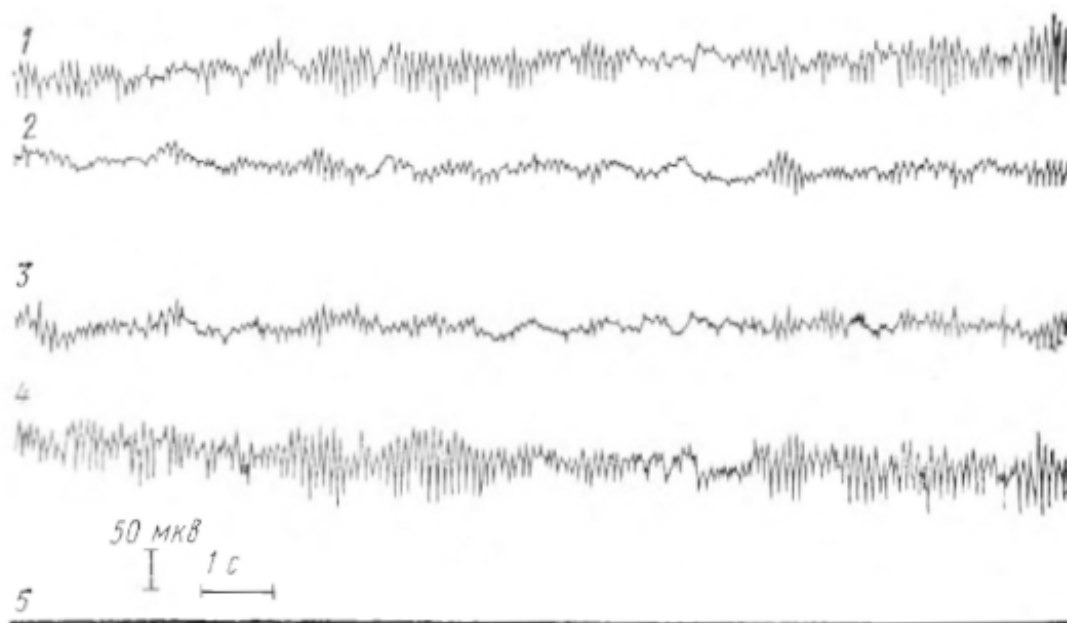


Рис. 3. ЭЭГ-реакция испытуемого А. В. на 49-е предъявление сигналов в серии В. После предупреждающего сигнала предъявляется один пусковой стимул ($P_1 = 1, P_2=0$). Обозначения те же, что и на рисунке 2

Когда предъявляются два световых сигнала (серия А), депрессия основного ритма на ЭЭГ сенсомоторных областей обоих полушарий, возникая либо в конце действия звука, либо в интервале времени между выключением звука и предъявлением светового сигнала, не угасает до конца опыта, наблюдаясь на 3-5-м десятке сигналов в среднем 8–9 раз на 10 предъявлений сигналов. Если же после звука предъявляется один и тот же световой сигнал (серия В), то до конца опыта не угасает только депрессия на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатерального той руке, которой испытуемый реагирует на предъявляемый световой сигнал. Депрессия на ЭЭГ сенсомоторной области другого полушария в этой ситуации постепенно угасает у половины испытуемых, наблюдаясь у них в конце опыта (31-50-й сигналы) 5–6 раз на 10 предъявлений, сигналов; у другой половины испытуемых депрессия на ЭЭГ полушария, контрлатерального неработающей руке, практически не угасает, наблюдаясь 8-10 раз на 10 предъявлений сигналов в ситуации, когда после звукового сигнала каждый раз предъявляется один и тот же световой сигнал.

Рисунок 4а (опыты серии А) показывает, что до конца опыта не угасает депрессия основного ритма на ЭЭГ сенсомоторных областей обоих полушарий. Число депрессий на ЭЭГ затылочной области в этой серии постепенно снижается. Угасание КГР на световые стимулы выражено неотчетливо.

На рисунке 4б (опыты серии В) видно, что депрессия основного ритма на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатерального работающей руке, практически не угасает до конца опыта. Реже наблюдается депрессия на ЭЭГ сенсомоторной области другого полушария и на ЭЭГ затылочной области. КГР в конце опыта этой серии наблюдается очень редко.

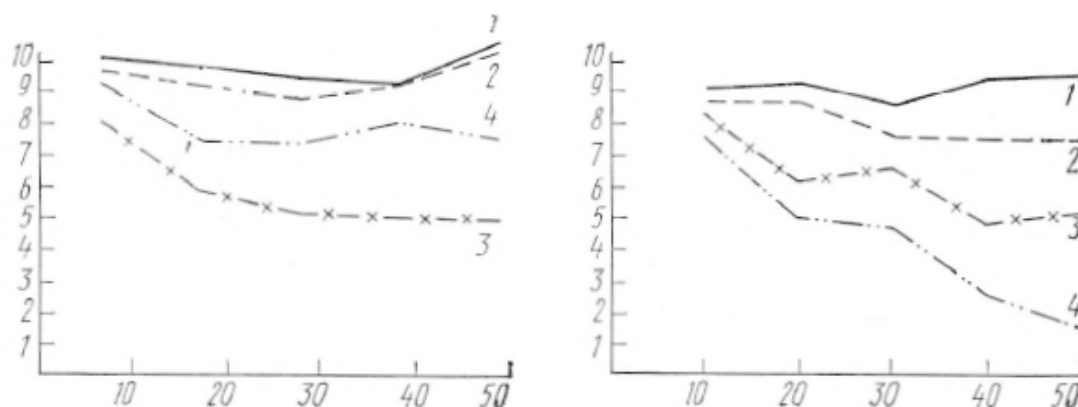


Рис. 4. Изменение числа реакций депрессии основного ритма ЭЭГ и числа КГР на 10 сигналов в ходе опыта в среднем по всем испытуемым: а (слева) – для сигналов с $P_1 = P_2 = 0,5$, б (справа) – для сигналов $P_1 = 1; P_2 = 0$.

Обозначения: 1 – сенсомоторная область полушария, контрлатерального «работающей» руке; 2 – сенсомоторная область полушария, контрлатерального «неработающей» руке; 3 – затылочная область; 4 – число КГР по десяткам сигналов. По вертикали отложено число реакций на 10 сигналов, по

Когда после звука предъявляется один и тот же световой сигнал, то на ЭМГ работающей руки (той руки, которой испытуемый реагирует на появляющийся световой сигнал) в интервале между выключением звука и предъявлением светового сигнала выявляется повышенная биоэлектрическая активность по сравнению с неработающей рукой. Амплитуда импульсов на ЭМГ работающей руки в интервале между выключением звука и предъявлением светового сигнала в течение опыта меняется у разных испытуемых на величину от 5 до 40 мкв и в сред-

нем за 10 сигналов на 5–7 мкВ больше, чем на ЭМГ неработающей руки. Если после звука предъявляются в случайном порядке два световых сигнала с равной вероятностью (серия А), то в течение опыта наблюдается примерно равная по амплитуде биоэлектрическая активность обеих рук. В этой ситуации в среднем за 10 сигналов разность между амплитудой импульсов на ЭМГ правой и левой рук в интервале между выключением звука и предъявлением светового сигнала уменьшается к концу опыта (31-50-й сигналы) до одного – двух микровольт (см. рисунки 5–7).

На рисунке 5 видно, что в серии А ($P_1 = P_2 = 0,5$) на девятом предъявлении сигналов депрессия основного ритма на ЭЭГ теменно-затылочной области возникает после выключения звука (сигнал «внимание»); в остальных областях депрессия возникает в начале действия

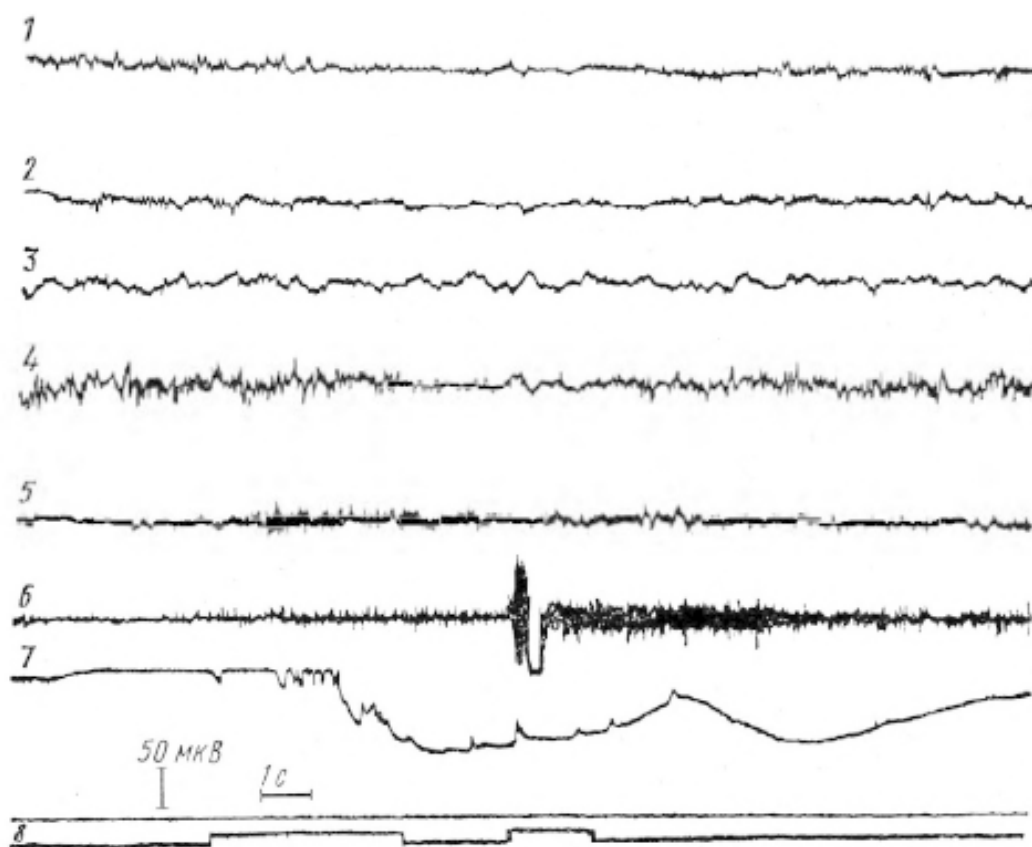


Рис. 5. ЭМГ- и ЭЭГ-реакции испытуемого В. И. на 9-е предъявление сигналов в серии А ($P_1 = P_2=0,5$).

Обозначения: 1 – ЭЭГ, затылочная область; 2 – сенсомоторная область левого полушария; 3 – сенсомоторная область правого полушария; 4 – теменно-затылочная область; 5 – ЭМГ левой руки; 6 – ЭМГ правой руки; 7 — КГР; 8 – отметка раздражителей (первый сигнал – предупреждающий звук, второй – пусковой – свет)

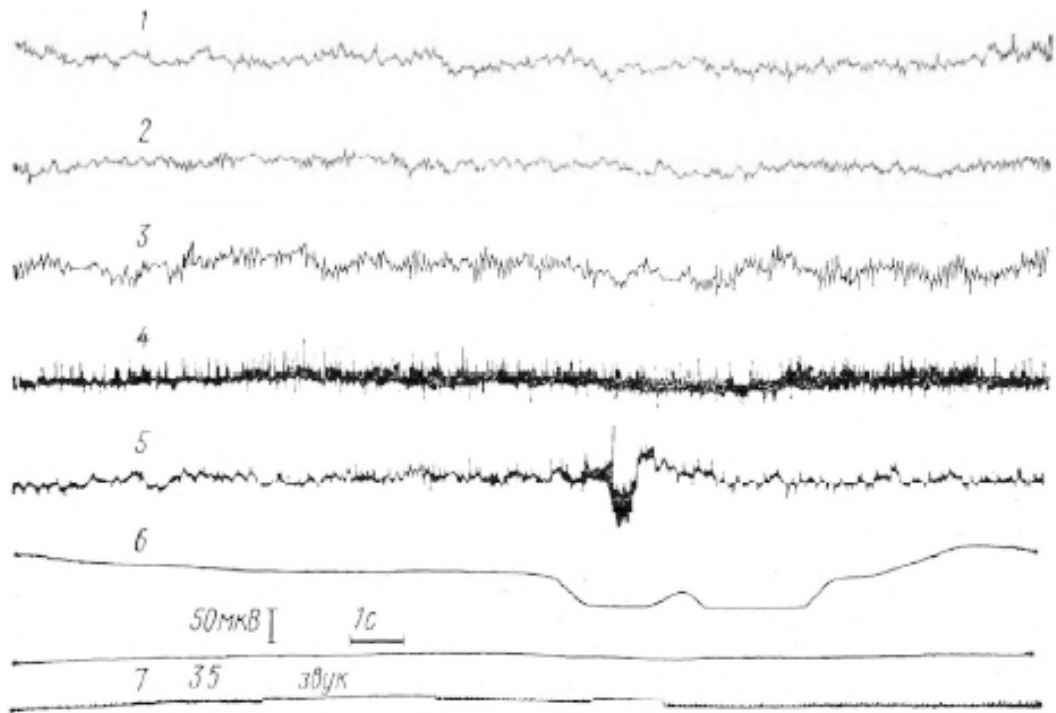


Рис. 6. ЭМГ- и ЭЭГ-реакции испытуемого Б. А. на 35-е предъявление сигналов в серии А.

Обозначения: 1 – ЭЭГ сенсомоторная область левого полушария; 2 – правого полушария; 3 – теменно-затылочной области; 4 – ЭМГ левой руки; 5 – ЭМГ правой руки; 6 – КГР; 7 – отметка сигналов

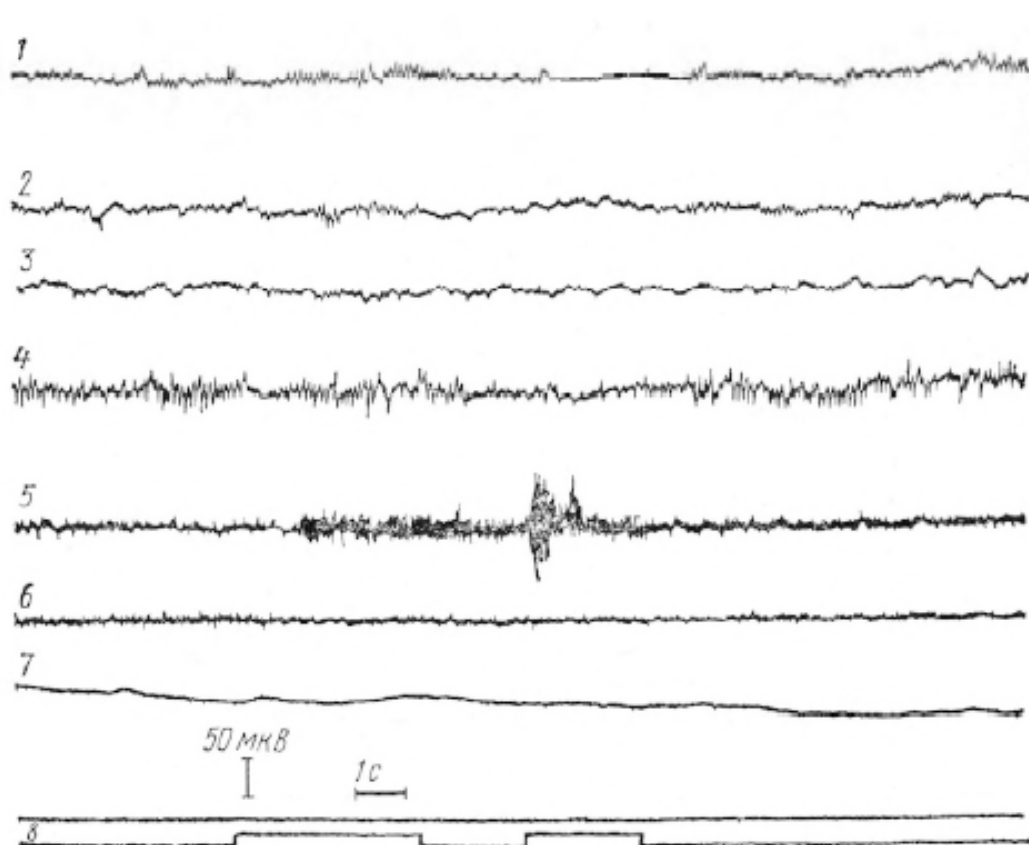


Рис. 7. ЭЭГ- и ЭМГ-реакции испытуемого Л. А. на 29-е предъявление сигналов серии В ($P_1 = 1, P_2 = 0$). Обозначения те же, что и на рисунке 6 звука. На ЭМГ обеих рук включение сигнала «внимание» ведет к повышению амплитуды импульсов. КГР возникает и на сигнал «внимание» и на пусковой сигнал (свет). На 35-ом предъявлении сигналов (рисунок 6) депрессия на ЭЭГ затылочной и теменно-затылочной областей возникает только при включении светового сигнала, в то время как в сенсомоторных областях она возникает раньше – в интервале между выключением сигнала «внимание» и включением пускового сигнала (свет). Несколько опережает пусковой сигнал и КГР.

На рисунке 7 (опыты серии В; $P_1 = 1, P_2 = 0$) видно, что во время предъявления сигнала «внимание» увеличивается амплитуда импульсов только на ЭМГ работающей руки. Депрессия основного ритма на ЭЭГ сенсомоторных областей возникает раньше, чем на ЭЭГ затылочной и теменно-затылочной областей.

На рисунке 8 показано, что разность между амплитудой импульсов на ЭМГ правой и левой рук уменьшается к концу опыта до 1–2 мкв в серии А и увеличивается в среднем до 6 мкв в серии В в пользу работающей руки. В серии В после первого десятка сигналов все значения разности (кроме одного) расположены выше нуля.

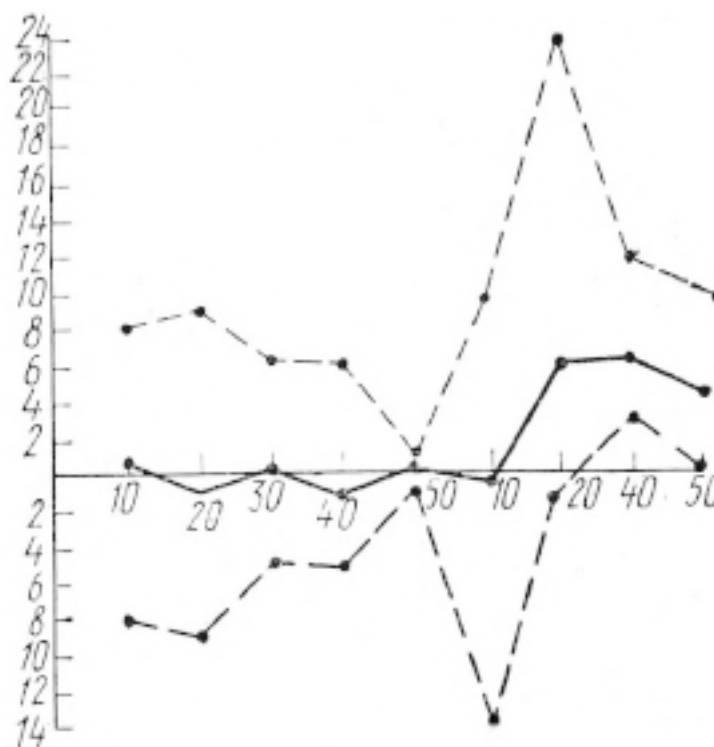


Рис. 8. Изменение в ходе опыта разности между амплитудой ЭМГ (в мкв) правой и левой руки в серии А, работающей и неработающей руки в серии В.

По вертикали отложена величина разности в мкв, по горизонтали – номера сигналов. Приведены величины по десяткам сигналов. Первые 50 сигналов – серия А, вторые 50 – серия В. Разность в мкв в пользу правой (серия А) и «работающей» (серия В) руки отложена выше средней линии, разность в мкв в пользу левой и «неработающей» руки отложена ниже средней линии. Сплошная линия – среднее арифметическое разности по всем испытуемым (с учетом знака разности: выше нуля – плюс, ниже нуля – минус), прерывистая линия – максимальное значение разности по всем испытуемым

Таким образом, если после предупреждающего сигнала «внимание» предъявляются два световых сигнала в случайном порядке и с равной вероятностью (серия *A*), то длительно не угасает депрессия основного ритма на ЭЭГ сенсомоторных областей обоих полушарий и в интервале времени между сигналом «внимание» и предъявлением светового сигнала (пусковой стимул) на ЭМГ обеих рук наблюдается примерно одинаковая по амплитуде биоэлектрическая активность. Практически в этой ситуации не угасает КГР на световые сигналы. Из регистрируемых в опыте реакций угасает только депрессия основного ритма на ЭЭГ затылочной области. В наших опытах световые сигналы были предельно просты и никаких трудностей для восприятия не представляли, поэтому в данном случае не требовалось дополнительной активации зрительной системы и депрессия в затылочной области постепенно угасла.

Если же после сигнала «внимание» каждый раз предъявляется один и тот же световой сигнал (серия *B*), то в интервале между выключением сигнала «внимание» и предъявлением светового сигнала сохраняется депрессия на ЭЭГ только в сенсомоторной области полушария, контрлатерального работающей руке, а амплитуда импульсов на ЭМГ работающей руки в указанном интервале в среднем (за 10 сигналов) на 5–7 мкВ больше, чем на ЭМГ неработающей руки.

Как можно объяснить эти факты? Ответ на предваряющий сигнал в начале эксперимента следует, согласно широко распространенным представлениям, считать проявлением ориентировочной реакции. В ходе эксперимента ориентировочная реакция смещается во времени (наступает со все большим запаздыванием) и одновременно редуцируется (уменьшается число ее компонентов). Реакцию, возникающую в конце эксперимента серии *B* ($P_1 = 1, P_2 = 0$), можно рассматривать как выработанный условный рефлекс: в ответ на предваряющий сигнал (звук) наступают изменения в двигательном аппарате соответствующей руки, приуроченные по времени к моменту включения пускового сигнала. Анализ всего хода эксперимента позволяет сделать вывод, что перед нами непрерывный процесс, начало которого можно охарактеризовать как ориентировочную реакцию, а конец – как условную.

Иначе обстоит дело в серии *A*. Здесь условный рефлекс в его классическом виде (оцениваемом по конечному результату – действию) не может быть выработан, так как предваряющий сигнал не несет сведений о том, какой рукой нужно будет реагировать ($P_1 = P_2 = 0,5$). В начале эксперимента серии *A* предваряющий сигнал вызывает ориентировочную реакцию, которая в ходе эксперимента смещается (отстает от предупреждающего сигнала и сдвигается к моменту, непосредственно предшествующему пусковому сигналу) и редуцируется. Однако редукция эта меньше, чем в серии *B*. Реакцию, наблюдаемую в конце эксперимента серии *A*, можно рассматривать как смещенную и редуцированную ориентировочную реакцию.

Ситуация *A* и ситуация *B* отличаются тем, что предупреждающий сигнал в этих ситуациях несет в себе информацию неодинаковой определенности относительно того, какой из пусковых стимулов появится вслед за предупреждающим сигналом. В ситуации *A* после предупреждающего сигнала с равной вероятностью может появиться любой из двух пусковых стимулов, требующих разных реакций. В ситуации *B* после предупреждающего сигнала каждый раз появляется один и тот же пусковой стимул. Различные результаты (по реакциям ЭЭГ и ЭМГ) в конце каждой серии опытов можно объяснить тем, что прогноз о появлении определенного пускового стимула в ситуации *B* более определен, чем в ситуации *A*. Результаты обеих серий показывают, что по мере повторения сигналов остаются лишь те реакции, которые осуществляют подготовку к ожидаемым действиям. К концу опыта преднастройка становится более локальной и по времени опережает на 1–2 с появление пускового стимула.

Последовательность изменений реакции в обеих сериях дает, мы считаем, основание полагать, что ориентировочная и условная реакции являются различными сторонами единого физиологического процесса, а не двумя различными, четко разграниченными реакциями.

Ориентировочная реакция, как и условная, является реакцией на предстоящую ситуацию в соответствии с вероятностным прогнозом в этой ситуации. Но если условная реакция соответствует определенному прогнозу, то ориентировочная реакция соответствует прогнозу некоторой неопределенности предстоящей ситуации.

Индивидуальные особенности вероятностного прогнозирования

Вероятностное прогнозирование опирается на прошлый опыт и, естественно, зависит от индивидуальных особенностей данного организма в данный момент. Эти индивидуальные особенности вероятностного прогнозирования выявились и в описанных выше экспериментах в скорости угасания депрессии основного ритма на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатерального неработающей руке, при повторении сигнала.

По скорости угасания депрессии основного ритма на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатерального неработающей руке, в ситуации, когда после звука каждый раз предъявляется один и тот же световой сигнал, испытуемые разделились на две группы: у одной половины испытуемых депрессия постепенно угасала (на 31—50-й сигналы в среднем наблюдается 5–6 раз на 10 сигналов), у другой половины испытуемых депрессия не угасала до конца опыта, наблюдаясь 8—10 раз на 10 сигналов. У трех испытуемых из последней группы на ЭМГ неработающей руки в интервале между сигналом «внимание» и появлением светового сигнала на первые 20 сигналов выявлялась повышенная биоэлектрическая активность по сравнению с работающей рукой, и в субъективном отчете эти испытуемые указывали, что они ожидали отсутствующего в этой половине опыта сигнала (рисунок 9).

Мы предположили, что различные скорости угасания депрессии на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатерального неработающей руке, объясняются особенностями перестройки прогноза испытуемых. Если это предположение верно, то можно ожидать, что и в других ситуациях, требующих от испытуемых перестройки прогноза, будут наблюдаться аналогичные результаты.

Для проверки этого предположения была проведена серия опытов, в которых испытуемого просили угадывать, какой из двух знаков будет следующим в последовательности экспериментатора.

Особенности эксперимента не позволяли провести эти опыты на тех же самых испытуемых, которые участвовали в опытах с регистрацией компонентов ориентировочной реакции. В опытах участвовало 17 испытуемых.

Испытуемому сообщалось, что экспериментатором будет реализовываться последовательность сигналов, состоящая из плюсов и минусов (в действительности последовательность экспериментатора всегда состояла из одних плюсов). Испытуемого просили угадывать, какой из двух знаков будет следующим в последовательности экспериментатора. После того как испытуемый устно сообщал об ожидаемом знаке, экспериментатор называл следующий знак в своей последовательности (всегда плюс).

По результатам опыта испытуемые разбились на две группы: половина испытуемых (9 человек) с 10—20-й пробы (в среднем с 14-й пробы) начинала называть только плюс, т. е. тот знак, который постоянно называл экспериментатор. До 10-20-й пробы число плюсов и минусов в ответах испытуемых было примерно одинаковым, у двух испытуемых плюсов было немного больше (на 4–5 знаков). Вторая группа испытуемых полностью переходила на плюс с 22—70-й пробы, в среднем по восьми испытуемым с 39-й пробы. Четверо испытуемых этой группы с 5-й по 30-ю пробу называли большее число минусов (отсутствующий в последовательности экспериментатора знак), причем эти испытуемые называли подряд 12–19 минусов, тогда как при

вероятности сигналов $P_1 = P_2=0,5$ эти испытуемые называли подряд не более 5 одинаковых знаков (рисунок 10).

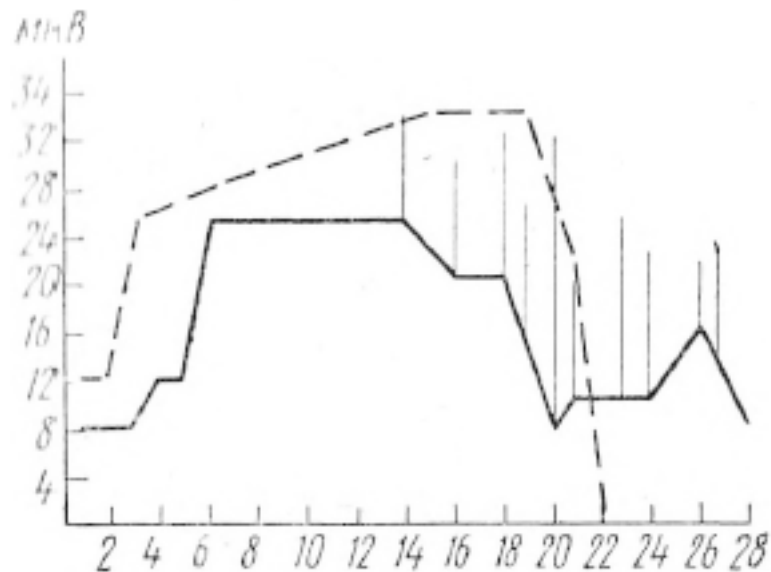


Рис. 9. Изменение амплитуды импульсов на ЭМГ в серии В у испытуемого Л. А.

По горизонтали отложены номера сигналов по порядку, по вертикали – амплитуда импульсов в мкВ. Штриховая линия показывает изменение амплитуды импульсов на ЭМГ правой «неработающей» руки (берется средняя амплитуда за 2 с до предупреждающего сигнала). Сплошная линия – средняя амплитуда импульсов на ЭМГ левой «работающей» руки. Вертикальные линии показывают увеличение амплитуды импульсов на предупреждающий сигнал или в интервале до пускового сигнала

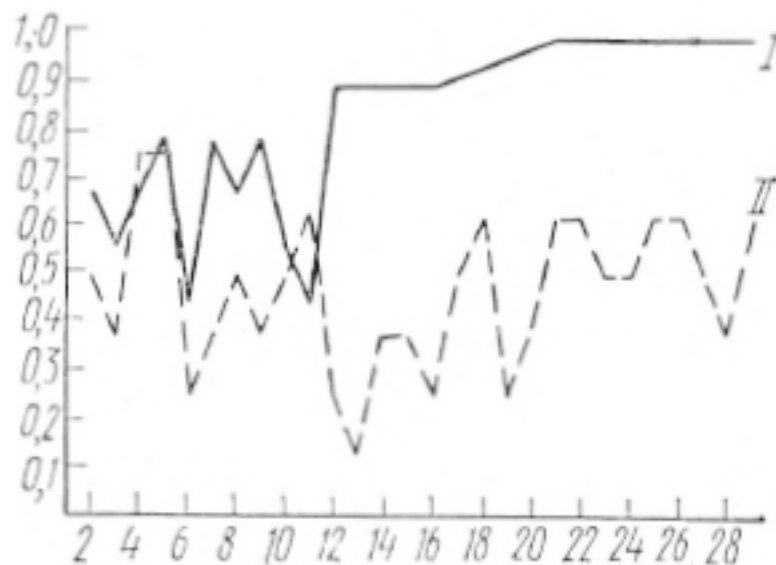


Рис. 10. Перестройка прогноз, а у двух групп испытуемых при неожиданном для испытуемого переходе от последовательности с $P_2 = P_2 = 0,5$ к последовательности с $P_1 = 1, P_2=0$.

По горизонтали отложены номера ответов испытуемого, по вертикали – частота плюса в ответах испытуемых

Чтобы показать, что деление разных испытуемых на сходные группы (по скорости угасания компонентов ориентировочной реакции и скорости полного перехода на повторяемый экспериментатором сигнал) не является случайным, было проанализировано изменение времени реакции в такой же ситуации у новой группы испытуемых (13 человек). Испытуемых просили нажимать правой рукой на ключ как можно быстрее при появлении цифрового сигнала в виде цифры «2» и левой рукой на левый ключ при появлении цифры «1» (сигналы подавались включением цифровой лампы). Половине испытуемых предъявлялся только сигнал «2», другой половине – только «1». Всего подавалось 100 сигналов. При первых 10 сигналах время реакции у всех испытуемых было на 55–70 % больше, чем время простой двигательной реакции этих испытуемых. По мере предъявления сигналов время реакции у всех 13 испытуемых постепенно уменьшилось, причем это уменьшение нельзя было объяснить тренировкой самого движения. До этого все испытуемые работали с этими же ключами, и время простой двигательной реакции у них не изменялось при длительной подаче сигналов.

По скорости изменения времени реакции испытуемые разделились на две группы (независимо от того, какой рукой они реагировали – правой или левой).

Таблица 2

Снижение времени реакции по ходу исследования у двух групп испытуемых

Номер группы испытуемых	Число испытуемых в группе	Среднее время реакции по десяткам сигналов (в % ко времени реакции в первой десятке сигналов)									
		сигналы									
		1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
I	6	100	80	73	73	71	66	67	62	65	63
II	7	100	94	92	88	85	86	77	76	76	76

Из таблицы 2 видно, что у одной группы испытуемых (6 человек) время реакции изменяется довольно быстро. При 11-20-м сигналах время реакции у этой группы испытуемых уменьшилось на 20 %, а при 51-60-м сигналах время реакции составляло 66 % от времени реакции на первые 10 сигналов. К концу опыта у испытуемых этой группы время реакции достигало времени простой двигательной реакции или было очень близко к нему. У второй группы испытуемых (7 человек) время реакции изменялось значительно медленнее. При 11-20-м сигналах время реакции уменьшилось в среднем на 6 %, а при 51-60-м сигналах – составило 86 % от времени реакции на первые 10 сигналов. У одного испытуемого из этой группы время реакции на 11-30-й сигналы составляло 103 % по сравнению со временем реакции на первые десять сигналов.

Можно думать, что деление испытуемых на две группы по скорости снижения времени реакции в ходе исследования так же, как и деление их на две группы во скорости угасания депрессии основного ритма на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатеральной неработающей руке, и деление испытуемых на две группы по скорости перехода на угадывание знака, который каждый раз повторяется экспериментатором, объясняется особенностями перестройки прогноза испытуемых. Одна группа испытуемых, зная из инструкции и прошлого опыта о том, что должно быть два сигнала, несмотря на то что в опыте каждый раз предъяв-

ляется один и тот же сигнал, всё-таки ожидает в соответствии с инструкцией тот сигнал, который отсутствует в последовательности экспериментатора. Ожиданием отсутствующего сигнала и объясняются у этой группы испытуемых длительное неугасание депрессии на ЭЭГ, медленное снижение времени реакции и большое число минусов при угадывании следующего знака в последовательности экспериментатора. Вторая группа испытуемых быстро перестраивает свой прогноз относительно частот сигналов и в соответствии с этим осуществляет преднастроенные реакции. У испытуемых этой группы быстро угасает депрессия основного ритма на ЭЭГ сенсомоторной области полушария, контрлатерального неработающей руке, у них наблюдается быстрый переход на знак, который каждый раз повторяется экспериментатором, и время двигательной реакции у них быстро уменьшается до времени простой двигательной реакции, когда вместо двух сигналов, о которых говорилось в инструкции, в опыте каждый раз предьявляется один и тот же сигнал.

Кожно-гальваническая реакция как отражение преднастройки к движениям

В исследованиях последнего времени кожно-гальваническая реакция (КГР) широко используется как индикатор ориентировочной реакции и как индикатор эмоциональных реакций. В описанных выше опытах КГР выступала как один из компонентов ориентировочной реакции, возникавшей при различной степени неопределенности вероятностного прогноза.

В каком же положении находится КГР по отношению к другим компонентам ориентировочной реакции, отражением чего она является?

Взгляды на природу ориентировочной реакции претерпели за последний период существенную эволюцию – от иллюзорной простоты и ясности к четкому пониманию большой сложности и неясности ее механизма. На смену представлению об ориентировочной реакции как о безусловном рефлексе, осуществляемом той или иной рефлекторной дугой, пришли значительно более сложные представления, включающие в структуру ориентировочной реакции такие понятия, как акцептор действия (П. К. Анохин), аппарат сличения (Н. А. Бернштейн), нервная модель стимула (Е. Н. Соколов).

Вопрос о природе ориентировочной реакции тесно связан с вопросом о том, отражением чего являются различные ее компоненты, в частности КГР. Известно, что чем сложнее выбор возможных двигательных реакций, тем медленнее угасает КГР. Это подтвердилось и в наших опытах: чем больше неопределенность вероятностного прогноза относительно предстоящих двигательных реакций, тем более стойкой является КГР. Единого мнения, объясняющего этот факт, до сих пор не имеется.

Одна из существующих точек зрения заключается в том, что ориентировочная реакция представляет собой преднастроенную реакцию – подготовку организма к действиям в прогнозируемой ситуации в условиях большей или меньшей неопределенности вероятностного прогноза (Фейгенберг, 1963). С этой точки зрения различные компоненты ориентировочной реакции являются отражением преднастройки (мобилизации) различных физиологических систем. Чем более неопределенным является прогноз, т. е. чем шире круг физиологических систем, действие которых может понадобиться в прогнозируемой ситуации для достижения цели, тем более многокомпонентной является ориентировочная реакция. Так, депрессия альфа-ритма является, можно думать, отражением мобилизации сенсорных систем, а КГР – отражением моторной преднастройки, мобилизации эфферентных систем. Большая или меньшая выраженность различных компонентов ориентировочной реакции соответствует степени выраженности преднастройки различных функциональных систем.

Согласно другой точке зрения (Гращенко, Латаш, 1965), депрессия альфа-ритма рассматривается как результат неожиданности действия раздражителя, как отражение направлен-

ного внимания, а КГР – как отражение «принятия решения» выбора определенной реакции из нескольких альтернативных возможностей.

Для экспериментального «разведения» этих двух точек зрения на КГР нами был поставлен следующий эксперимент (Пилипчук, Рутман, Фейгенберг, 1968).

Испытуемым давалась инструкция: после сигнала «внимание» (неяркая вспышка) следует серия из четырех звуков; первые три звука необходимо сравнить; в том случае, если хотя бы два из них отличны друг от друга по высоте, то после четвертого звука следует нажать на ключ указательным пальцем правой руки; если же все три звука будут одинаковыми, нажимать ключ не надо.

Опыты проводились в условиях стандартной процедуры электроэнцефалографического исследования. Регистрировались депрессия доминирующего ритма на ЭЭГ и КГР по Тарханову. Звуковыми сигналами служили громкие тоны от звукового генератора (от 600 до 1000 Гц); звуковые раздражители подбирались таким образом, что не вызывали трудности различения. Каждая серия раздражителей состояла из пяти сигналов – вспышка («внимание») и четыре звуковых тона, которые обозначим цифрами I, II, III и IV. Интервалы между сигналами внутри серии варьировались от 5 до 15 с и около 20 с между сериями. В некоторых случаях четвертый звук отличался от предыдущих, что не повлияло на характер реакций испытуемого.

В случайном порядке предъявлялись серии трех типов (в одном и том же опыте): серия А – все звуки были одинаковыми, серия Б – звук II отличался от звука I, и серия В – звук II был таким же, как звук I, а звук III отличался от них.

Идея эксперимента заключалась в следующем. Если КГР отражает момент принятия решения, т. е. выбора какой-либо одной возможности из нескольких альтернативных возможностей, то КГР должна быть особенно отчетливой и стойкой в серии Б после звука II (именно в этот момент снимается неопределенность действий); в сериях же А и В КГР должна быть более выраженной после звука III, так как решение о том, нужно ли нажимать после IV звука, не может быть еще принято после звука II, а принимается после звука III; в серии А принимается решение, что не нужно нажимать, в серии В – решение, что нужно нажимать.

Если же КГР является отражением преднастройке к действию (движению), то нужно ждать наиболее выраженной КГР в сериях Б и В в интервале между звуками III и IV независимо от того, отличался II или III звук от I звука (КГР приурочена к подготовке действия, а не к моменту принятия решения о том, нужно ли оно). В серий же А КГР после звука III должна быть выражена незначительно, так как после III звука принимается решение, что моторной реакции не требуется и, следовательно, не нужна преднастройка к ней.

Для наглядности изобразим ход эксперимента и ожидаемые результаты в виде схемы:

Серия А: «внимание» – звуки I–II–III p – IV

Серия Б: «внимание» – звуки I–II p – III n – IV.

Серия В: «внимание» – звуки I–II–III np – IV.

В серии А решение о ненужности моторной реакции принимается после сигнала III, идентичного сигналам I и II. Буквой « p » обозначены моменты времени, в которые нужно ожидать наиболее выраженной КГР, исходя из гипотезы, что КГР отражает момент принятия решения. Буквой « n » обозначены моменты, в которые нужно ожидать наиболее выраженной КГР, исходя из гипотезы, что КГР отражает преднастройку к действию.

Что же показали эксперименты?

В серии А КГР была очень слабо выражена после всех раздражителей комплекса и очень быстро угасала совсем.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.