

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИИ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ
«ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ»

А. М. ИВАНИЦКИЙ, В. Б. СТРЕЛЕЦ,
И. А. КОРСАКОВ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ МОЗГА И ПСИХИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Ответственный редактор
член-корреспондент АН СССР
П. В. СИМОНОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1984

Иваницкий А. М., Стрелец В. Б., Корсаков И. А. **Информационные процессы мозга и психическая деятельность.** М.: Наука, 1984.

Монография посвящена проблеме физиологических механизмов психики. Описываются мозговые процессы, на основе которых возникает субъективный образ. Эти процессы разделены на три этапа. Показано, что ощущение как психический феномен возникает на основе особой организации первых процессов, обеспечивающей сопоставление и синтез сенсорной информации о наличном стимуле с информацией, хранящейся в памяти. В монографии дается также анализ физиологических механизмов ошибок восприятия. Показана роль медленной электрической активности в стабилизации перцептивных функций. Описываются некоторые пути коррекции ошибок восприятия. Рассмотрены методологические аспекты проблемы «мозг и психика». Монография рассчитана на физиологов, психологов, невропатологов, специалистов по кибернетике и философов.

Табл. 12. Библиогр. 12 с.

Рецензенты:

доктор медицинских наук

Р. И. КРУГЛИКОВ,

доктор медицинских наук

М. Г. АИРАПЕТАНЦ

ВВЕДЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ПСИХИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ОТРАЖЕНИЯ. ПСИХИКА И ИНФОРМАЦИЯ

Данная книга посвящена изучению мозговых механизмов психики, в первую очередь процесса восприятия. Задачи, которые встают в этом случае перед исследователем, их отличие от традиционного физиологического подхода можно проиллюстрировать следующим примером. Представим себе, что человек сидит за письменным столом, в это время раздается телефонный звонок, и человек поднимает трубку. Предметом нейрофизиологии будет здесь описание мозговых процессов, вызванных действием звонка и приведших к двигательной реакции. Вопросы, стоящие перед психофизиологией, в данном случае иные: она должна ответить на вопрос, почему человек услышал звонок, т. е. каковы те механизмы, которые лежат в основе построения субъективного образа.

Однако для того, чтобы изучить механизмы психики, нужно знать, что она такое: чтобы искать, надо знать, что ищешь. Весьма важен также ответ на следующий вопрос: чем отличаются реакции, опосредованные на психическом уровне, от более элементарных поведенческих актов. Применительно к приведенному примеру может быть поставлен следующий вопрос: насколько существенно, что человек именно услышал звонок, а не просто «отреагировал» на него, повлияет ли это на его дальнейшие действия, и если да, то каким образом?

Эти вопросы имеют принципиальный характер, они касаются сущности и назначения психики. Проблема эта имеет ряд аспектов, и представители разных наук, очевидно, дадут неодинаковый ответ на поставленные вопросы. Но можно назвать несколько кардинальных признаков, которые характеризуют психическую деятельность и которые наиболее существенны для изучения мозговых механизмов психики.

Первой особенностью психики является то, что она, будучи продуктом мозга, отражает не его работу непосредственно, а внешний мир, объективную реальность. Ощущается, таким образом, не работа нервных клеток, не передача возбуждения из одних отделов мозга в другие, а конечный результат деятельности мозга, благодаря чему в сознании воссоздается картина окружающей среды. Мозговые процессы составляют таким образом аппарат, а не объект отражения. Содержательная сторона пси-

хика носит преимущественно социальный характер. Говоря об отражении внешнего мира, необходимо подчеркнуть, что речь идет не о «фотографическом» отображении действительности, а об активном, творческом процессе, в котором образы внешнего мира преломляются через индивидуальный опыт субъекта. В этом проявляется интегративный характер психических феноменов, в обеспечении которых должен участвовать если не весь мозг, то во всяком случае многие его важные отделы. Представление об отражательном и творческом характере психики составляет одно из положений диалектического материализма, получившее наиболее полное развитие в теории отражения В. И. Ленина.

Второй существенной особенностью психики является то, что картина внешнего мира предстает в сознании как нечто отдельное от субъекта. Образы внешнего мира не сливаются, таким образом, с переживанием своего «я», которое ощущается как нечто отдельное от среды и, по известной степени, противопоставленное ей¹. По образному выражению А. Н. Леонтьева [1981], «мысль о книге не сливается ни с книгой, ни с переживанием этой мысли». Тесная связь сознания с категориями «я» и «не я» подчеркивает его социальный характер, возникновение в процессе общения между людьми.

Интересно, что данная особенность психики — ощущение внешнего мира как чего-то отдельного от субъекта — находит свое отражение в мысловой структуре, т. е. в этимологии слова «сознание». Это слово может быть прочитано, как со-знание, т. е. «вместе со знанием». Сознание отличается от знания тем, что предполагает наличие субъекта, обладающего знанием, что может быть передано словосочетанием «я знаю»². При замене слова «знание» старославянским словом «весть», весьма близким по смыслу, возникает слово «совесть», также чрезвычайно верно передающее внутреннее содержание психической деятельности. Психические переживания всегда содержат элемент личного, эмоционального отношения к данной ситуации, ее нравственную оценку.

По К. Марксу, «мое отношение к моей среде и есть мое сознание»³. Глубокий смысл содержит и следующее высказывание К. Маркса: «Сознание (das Bewußtsein) никогда не может быть

¹ В отличие от первой особенности, которая свойственна всем формам психического отражения, эта вторая особенность психики характерна лишь для ее высшей формы, в виде человеческого сознания.

² По мысли П. В. Симонова [1981], слово «сознание» может быть прочитано так же, как и «совместное знание», т. е. знание, которым владеет группа людей и которое может быть передано от одного лица к другому. Такое прочтение раскрывает еще одну важную особенность психики — ее социальный характер, ее возникновение в процессе общения между людьми, причем общения на базе языка. Обе приведенные трактовки слова «сознание» не противоречат друг другу, а, наоборот, дополняют одна другую. Общение с себе подобными требует в качестве необходимого условия осознания себя как отдельной личности.

³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 62. (Примечание 18).

чем-либо иным, как осознанным бытием (das bewußte Sein), а бытие людей есть реальный процесс их жизни»⁴.

Дж. Экклз [Porree, Eccles, 1977] высказал соображение, что одним из признаков психической деятельности является способность узнавать себя в зеркале, которая отсутствует у животных и возникает у детей, лишь начиная с определенного возраста. Узнавание в зеркале — это способность увидеть себя со стороны, что невозможно без осознания своей обособленности от среды.

Интересно, что данное свойство психики — наиболее совершенного и сложного проявления живой материи — имеет известную аналогию с одним из наиболее элементарных проявлений живого, а именно с иммунными реакциями. Сущность этих реакций, по Р. В. Петрову [1978], составляет способность к отделению «своего» белка от «чужого».

Можно провести некоторую параллель и между сказанным выше и представлениями одного из основателей квантовой механики Э. Шредингера [1972], который развивал идею о живой материи как о некотором сложном кристалле. Благодаря своей совершенной структуре этот кристалл как бы сопротивляется влияниям внешней среды, которые могли бы увеличить энтропию живой системы (т. е. нарушить ее упорядоченность) до уровня, несовместимого с жизнеспособностью.

Таким образом, противопоставляя себя внешней среде, организм как бы противостоит ее хаотичным воздействиям. Это имеет место уже на уровне элементарных проявлений жизни, что обеспечивает специфичность и постоянство химической среды организма, оберегает его совершенную структуру. На уровне психики свойство противопоставления себя внешней среде обеспечивает индивидуальность психической сферы человека, неповторимость его, как личности.

С осознанием своего «я» как чего-то отдельного от среды связана еще одна интересная особенность психических переживаний, известная под названием «эффекта присутствия». Этим понятием, введенным философом-интуитивистом А. Бергсоном [1913], обозначается способность человека ощущать себя как бы сторонним, «объективным» наблюдателем, перед которым в бесконечном потоке времени разворачивается цепь событий. Наблюдатель может дать свою оценку этим событиям и определить степень своего участия в данной ситуации⁵. Отвергая идеалистическую трактовку понятия «эффекта присутствия», выдвинутую А. Бергсоном и его последователями, нельзя не отметить, что оно подчеркивает существенную особенность психического отражения: известную независимость, «автономность» субъекта от среды. По мнению Р. И. Кругликова [1982], автономность от среды как важное свойство психики значительно расширяет воз-

⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 3, с. 25.

⁵ Можно привести в данной связи слова Е. Втушенко: «Человеческое сознание и даже подсознание — не что иное, как созданный природой кинематограф» [1980, с. 345].

возможности индивидуума по выработке сложного поведения, не связанного с непосредственной реакцией на действующие сигналы. Следствием этого является то, что субъект получает возможность «осваивать» внешний мир и вне непосредственного контакта с ним.

Развивая идею об «эффекте присутствия», А. Бергсон ввел два понятия: память тела и память души. Первую он понимал как механическое заучивание определенных навыков. Память души связана с запоминанием потока внешних событий, непрерывной чередой следующих одно за другим и вызывающих определенное отношение субъекта.

В этом аспекте представляет интерес анализ развития психической деятельности у ребенка. Известно, что человек помнит себя, причем себя в связи с теми или иными конкретными событиями, лишь начиная с определенного возраста, который у разных людей колеблется от 4 до 7 лет. Может быть поставлен вопрос, почему события более раннего периода не запечатлеваются в памяти. Мы можем помнить себя на протяжении длительного периода времени, на протяжении всей жизни, но самые первые годы как бы скрыты от нашего сознания.

Это нельзя объяснить несовершенством памяти, так как именно в эти первые годы человек обучается большинству двигательных навыков, осваивает язык и прочно запоминает много других полезных вещей. Такое «выпадение памяти» может быть объяснено тем, что в первые годы человек не обладает еще достаточно развитой психикой. Это не позволяет ему отделить себя от окружающей среды и как бы увидеть себя со стороны, т. е. его психическая деятельность не обладает еще теми качествами, которые определяют «эффект присутствия»⁶.

Примерно с того же возраста, с которого человек начинает себя помнить, он достаточно полно осознает себя и как отдельную личность. Этот период составляет известный возраст «от двух до пяти» с бесконечными наивными и мудрыми вопросами, направленными на поиск себя и своего личного отношения к окружающему. В это же время и поведение ребенка заметно меняется и усложняется. Ребенок становится значительно активнее в своем отношении со сверстниками, что с несомненностью указывает на значение социального акта в становлении психической деятельности.

Качественный скачок в поведении ребенка в этом возрасте во многом позволяет получить ответ на вопрос, что такое психика и какова ее роль в организации сложного поведения. Объективное отражение внешнего мира и в то же время известная независимость от него, возможность выбора различных вариантов поведения неизмеримо расширяют возможности человека в его

⁶ Интересно, что в старости у человека вновь могут возникать моменты, когда такое «наблюдение» за потоком событий как бы временами прерывается. Человек не помнит, куда он пошел ту или иную вещь, что услышал некоторое время тому назад и т. д.

взаимоотношениях с природной средой и с другими индивидуумами. Это же является основой объединения отдельных личностей в коллектив с его общественным сознанием. Высшие достижения человечества, высоты культуры и науки неразрывно связаны с таким осознаваемым опытом.

Рассмотренные выше особенности психического отражения позволяют дать следующее определение психики, которое может указать пути для направленного поиска ее механизмов. Психика — это свойство высокоорганизованной материи, а именно свойство высоко развитого мозга, воссоздавать внутренний образ действительности, которая воспринимается как нечто отдельное от субъекта. Исследование механизмов психики — это изучение сложного мозгового взаимодействия, которое обеспечивает эти специфические черты психического отражения. Такое исследование составляет предмет специальной научной дисциплины — психофизиологии. Чтобы охарактеризовать сферу интересов этой науки, ее отличие от физиологии поведения, позволим себе еще один экскурс в область лингвистики.

В русском литературном языке использовалось в прошлом выражение «поведение себя». Так, в предисловии к книге американского просветителя Б. Франклина «Как благородно век прожить. Наука доброго человека Рихарда», изданной в Москве в 1791 г., говорится, что книга имеет цель «распространить верные начала для мудрого поведения себя во время течения жизни». В несколько измененной форме это сочетание слов сохранилось и в наше время в виде выражения «вести себя». Например, воспитательница в детском саду может сделать замечание ребенку, что он не умеет себя вести. Знаменательно, что «вести себя» правильно можно только в обществе. Для человека, живущего на необитаемом острове, такое выражение не имеет особого смысла. В этом аспекте можно было бы сказать, что психофизиология — это «физиология поведения себя». Лишь после познания соответствующих мозговых механизмов различие между психофизиологией и физиологией поведения, очевидно, потеряло бы значение и эти науки слились бы.

Исследователь, приступивший к изучению механизмов психики, должен отдавать себе отчет, что он стоит перед задачей большой, чрезвычайной трудности, поскольку он имеет дело с весьма сложными, тонко организованными механизмами, которые могут рассматриваться как наиболее совершенные создания природы, вершина ее эволюции. Но, помимо трудностей, которые можно было бы определить как трудности методического, технического порядка, в данном случае исследователь сталкивается еще с одной сложностью — методологической. Это обусловлено тем, что проблема мозговых механизмов психики выходит за рамки науки о мозге. Помимо естественно-научного, она имеет и общепсихологический смысл.

В философском плане вопрос о происхождении психики непосредственно примыкает к основному вопросу этой науки о соот-

ношении материи и сознания. Наиболее глубокое развитие он получил в философии диалектического материализма, в трудах В. И. Ленина. Для физиологии имеет принципиальное значение признание факта первичности материи и вторичности сознания: «Это и есть материализм: материя, действуя на наши органы чувств, производит ощущение. Ощущение зависит от мозга, нервов, сетчатки и т. д., т. е. от определенным образом организованной материи. Существование материи не зависит от ощущения. Материя есть первичное. Ощущение, мысль, сознание есть высший продукт особым образом организованной материи»⁷.

Положение о связи психического отражения с деятельностью мозга неизбежно ставит вопрос о механизмах этого отражения. Философский аспект проблемы «мозг и психика» тем самым как бы открывает естественно-научный аспект. Перед естествоиспытателем встает вопрос о том, каким же образом организованы та материя, те мозговые процессы, продуктом которых являются «ощущение, мысль, сознание». При этом исследователь должен руководствоваться ленинской мыслью о том, что за пределами гносеологического подхода «оперировать с противоположностью материи и духа, физического и психического, как с абсолютной противоположностью, было бы громадной ошибкой»⁸. Оба аспекта проблемы соотношения психики и мозга: философский и естественно-научный — тесно связаны между собой. С одной стороны, материалистическая философия создает методологический базис для изучения конкретных механизмов, обеспечивающих психическую деятельность. С другой стороны, каждый шаг на пути познания этих механизмов укрепляет естественно-научную основу материалистической философии.

Основной путь для решения проблемы соотношения мозга и психики — исследование, включающее параллельное изучение и сопоставление физиологических и психологических показателей в одном эксперименте. Принципиальная трудность такого сопоставления заключается в том, что проводится сравнение, сопоставление, поиск связей между явлениями, которые качественно совершенно различны, как различно, например, ощущение красного цвета и импульсная активность нейронов зрительной коры. Эта качественная разница обусловлена тем, что сравниваются различные уровни мозговой интеграции. В то же время эти явления тесно связаны между собой: одно представляет собой основу, внутренний механизм другой.

При изучении связи между явлениями такого порядка важным связующим звеном может явиться понятие информации. Это понятие было использовано П. К. Анохиным [1978] при рассмотрении методологических аспектов психического отражения. Он сформулировал принцип информационной эквивалентности на

различных этапах отражения, благодаря которому достигается соответствие субъективного образа и реальной действительности. Для иллюстрации этого принципа П. К. Анохин использовал следующий пример. Тот, кто находился в телевизионной студии, пишет П. К. Анохин, мог видеть диктора, читающего текст, и его изображение на экране монитора, точно повторяющее оригинал. При этом в процессе передачи изображение диктора на экране телевизионной передающей трубки сначала перекодируется в электрические импульсы определенной частоты. В импульсной форме информация по соединительному кабелю поступает к телевизионному приемнику, где на экране телевизора воссоздается видимое изображение. При этом информация, содержащаяся в совокупности электрических импульсов, эквивалентна той, что содержится в телевизионном изображении, хотя они на этот видимый образ совершенно не похожи. Эти процессы, по П. К. Анохину, имеют отчетливую аналогию с тем, что имеет место в нервной системе. Заметим, что эти идеи П. К. Анохина близки к воззрениям И. М. Сеченова [1952б] о «среднем члене» в причинном ряду стимул—ощущение. Этот средний член представлен физиологическим процессом, который, с одной стороны, несет в себе отпечаток внешнего стимула, а с другой — лежит в основе ощущения (подробнее об этом см. в главе I).

Мысль о том, что отношения между психикой и мозговыми процессами имеют свою аналогию в соотношении информации и ее носителя, была высказана также Д. И. Дубровским [1980].

Очевидно, однако, что в данном случае можно говорить о более универсальной закономерности, связывающей смежные науки, одна из которых изучает более низкий, а другая — более высокий уровень интеграции. Например, физическая структура атома в виде определенного числа протонов и нейтронов, составляющих атомное ядро, а также числа и энергетического состояния электронов, несет в себе информацию, которая на ином уровне интеграции реализуется в виде химических свойств элементов.

Сходные соотношения имеют место и между молекулярной основой генетического кода и его содержанием, т. е. между чередованием пуриновых и пиримидиновых оснований в молекуле дезоксирибонуклеиновой кислоты и генетической информацией, которая записана в их последовательных триплетах. Интересна в связи с этим мысль В. И. Вернадского [1981], что генетический код выступает как идеальное по отношению к своему носителю.

Итак, через понятие информации фундаментальные науки: физика, химия, биология, психология — осуществляют связь между собой. В этом случае одна из наук исследует механизм явления, его организацию, а смежная с ней наука — то, как этот механизм проявляется в качественно иных процессах более высокого уровня. При этом выступает одна интересная закономерность. То, что является кодом в пределах одной науки, представляет собой информацию для науки, изучающей процессы более

⁷ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 50.

⁸ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 259.

высокого уровня. В свою очередь, процессы этого более высокого уровня образуют код, с которого считывается информация для явлений, составляющих предмет исследования следующей научной дисциплины. Например, в физической структуре ядра закодированы химические свойства элементов, химическая структура выступает как код для явлений биологического порядка и, наконец, биологические явления, а именно мозговые процессы, представляют собой код психической деятельности⁹.

Сказанное позволяет сформулировать общий принцип установления связи между явлениями, относящимися к разным уровням интеграции. Для этого необходимо проникнуть в содержание процессов относительно более низкого уровня, т. е. понять, как происходящие при этом изменения отразятся на более высоком уровне интеграции. Это и будет означать прочтение содержащейся в этих процессах информации. Например, раскрытие генетического кода в том и состояло, что было понято значение чередования оснований в молекуле ДНК для передачи наследственных признаков. Такой информационный подход, очевидно, имеет хорошие перспективы и для изучения соотношения мозговых процессов и психики. Действительно, если информация, находящаяся в совокупности нервных процессов и в психическом образе, эквивалентна, то именно анализ информационного содержания физиологических процессов будет способствовать изучению связи между мозговыми и психическими феноменами.

Этот подход и был использован в настоящей работе. В своих исследованиях мозговых процессов мы исходили из разрабатываемой в лаборатории концепции информационного синтеза. В чем же сущность такого информационного подхода для анализа физиологических процессов, его отличие от других подходов, обычно используемых в физиологии? Известно, что анализ мозговой активности может проводиться с разных точек зрения, в зависимости от стоящих перед исследователем задач. Так, можно проводить анализ на феноменологическом уровне. Например, на ранних этапах изучения вызванных потенциалов мозга человека исследователи встречали большие трудности в том, чтобы зарегистрировать такой потенциал в свободном от шумов виде. При этом приобретало большое значение описание формы вызванного потенциала в различных областях мозга и в ответ на разные стимулы. Такого рода стандартизация ответа явилась необходимым и очень важным этапом на пути дальнейших иссле-

⁹ При этом надо иметь в виду, что связь между мозгом и психикой, хотя и венчает указанный выше ряд, но качественно отличается от отношения, например, структуры атома и его химических свойств, так как здесь исследователь имеет уже дело с соотношением не двух материальных объектов, а материального объекта и его свойства в виде психики (см. также гл. 1), содержательная сторона которой, как уже говорилось, определяется социальными факторами. При этом информация, содержащаяся в мозговых процессах, не статична, как например, наследственная информация, а динамична и отражает внешний мир в его бесконечном разнообразии и изменчивости.

дований. Эти ранние работы, такие, как работы Л. Циганека [Ciganek, 1961] и других авторов, стали вскоре классическими.

Следующим уровнем (а в значительной мере и следующим этапом) исследования явилось изучение того, какие мозговые механизмы участвуют в генерации вызванного потенциала, т. е. деятельность каких мозговых структур отражает вызванный потенциал, группы его волн или отдельные волны. Наконец, на основании этих данных может быть сделан еще один шаг — проведен анализ информационного содержания вызванных потенциалов. Осуществить такой анализ — значит проникнуть в содержание мозговых процессов, понять, приход и обработку какой информации отражают волны вызванного потенциала. Именно такой подход и был использован в данном случае.

Сделаем здесь одно уточнение. Выражение «прочитать информацию» может иметь двойной смысл. Информацию, содержащуюся в нервных процессах, может прочесть исследователь, поняв принципы ее кодирования в нервной системе. Это, как уже говорилось, создает условия для понимания сущности этих процессов, их значения для явлений психического уровня. Другое дело — расшифровка информации, поступающей от рецепторов, в структурах мозга. Там декодирование информации обеспечивается самим устройством мозга, принципами организации нервных связей. Слово сочетание «прочтение информации» может применяться в данном случае в переносном смысле, как метафора. Следует, однако, отметить, что и в этом втором смысле такое словосочетание используется достаточно широко, например, применительно к наследственной информации или к вычислительной технике.

Итак, анализ информационного содержания мозговых процессов представляет собой существенный шаг к преодолению разрыва между физиологией и психологией. Однако к общему тезису о том, что психика — это информация, содержащаяся в мозговых процессах, следует сделать одно, правда, существенное дополнение. Это положение содержит необходимое, но не достаточное условие для понимания природы психики. Известно, что нервная система возникает уже на ранних этапах эволюции живых организмов. Функция этой системы с самого начала включает передачу информации. Пришлось бы в таком случае расширить сферу психики и на проведение возбуждения по нервным стволам (ведь и оно содержит информацию), на осуществление простейших безусловных рефлексов, вернувшись тем самым в какой-то мере к представлениям о «спинномозговой душе» Э. Пфлюгера [Pflüger, 1853]. Правомерно ли будет такое расширенное толкование психики? Очевидно, на этот вопрос следует ответить отрицательно. Такой подход только свел бы психические процессы к элементарным нервным актам и тем самым лишь затруднил бы понимание природы психического.

Выше уже говорилось, что психика обладает рядом свойств, которые составляют ее качественное своеобразие, определяют ее

сущность. Представление о психике как об информации не позволяет понять того, почему она отражает преимущественно внешний мир и в значительно меньшей степени — деятельность внутренних органов. Не дает оно ответа и на второе важное свойство психики — способность к осознанию своего «я» как чего-то отдельного, независимого от среды.

Недостаточность положения о психике как об информации привела к известному противоречию в философских построениях Д. И. Дубровского [1980], вынужденного ввести в изложение своих взглядов понятие о личности как некотором акцепторе, «потребителе» информации. На это противоречие обратил в свое время внимание П. В. Симонов [1981].

Тезис о психике как об информации поэтому следует дополнить положением о том, что психика — это информация, составляющая содержание определенным образом организованных мозговых процессов (вспомним слова В. И. Ленина об «определенным образом организованной материи»). Эта организация как раз и обеспечивает качественное своеобразие психических феноменов по сравнению с даже очень сложными, но не «выходящими на психический уровень, на уровень сознания», нейрофизиологическими явлениями. Раскрыть мозговые механизмы психики — значит изучить организацию нервных процессов, составляющих основу психического отражения, и на этой базе прочесть их информационное содержание.

Здесь, однако, исследователь встречается как бы со вторым критическим пунктом на пути изучения физиологических механизмов психики. Перед ним встает вопрос: организация каких нервных процессов имеет определяющее значение для явлений психического уровня, какую информацию надо прочесть, чтобы понять содержание психических явлений? Кажется, что все вновь вернулось «на круги своя»: пройдя длинный путь, мы вернулись к его началу, тайна психики остается нераскрытой.

На этом критическом этапе природа, однако, заготовила еще один сюрприз, поставив «метку» на тех явлениях, которые стоят на рубеже двух уровней интеграции. Дело в том, что, как показывает история науки, явления, составляющие код, и информация, непосредственно содержащаяся в этом коде, обладают определенным сходством внутренней организации, что и дает ключ к разгадке шифра. Такое сходство объясняется тем, что организация процессов более низкого уровня находит свое отражение в некоторых принципах организации явлений более высокого порядка. Единство организации — важнейший признак того, какие именно феномены двух наук подлежат сопоставлению для изучения генетической связи между ними.

Более подробно эти положения будут развиты в первой главе книги, посвященной истории изучения мозговых механизмов психики и обоснованию использованного в настоящем исследовании подхода к решению проблемы «мозг и психика» — подхода, основанного на сопоставлении двух концепций, одна из которых относится к области физиологии, а другая — к области психологии.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПРОБЛЕМА «МОЗГ И ПСИХИКА» В ИСТОРИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЕЙ И ПСИХОЛОГИЕЙ

Природа психики давно привлекает внимание человека. Вопрос этот выходит за рамки науки о мозге, он тесно связан с присутствием человеку стремлением познать самого себя и проникнуть в смысл жизни. Философы, естествоиспытатели, литераторы отдали дань этой проблеме. Писать об истории представлений о сущности психики значило бы поэтому излагать историю человеческой культуры, что далеко вышло бы за рамки данной монографии. Вместе с тем при рассмотрении вопроса о физиологических механизмах психических актов имеет, очевидно, смысл остановиться на некоторых основных идеях о природе психического.

Можно отметить, что в решении этой проблемы, начиная с ранних этапов, наметились два подхода: материалистический и идеалистический. Согласно первому психика является продуктом движения высокоорганизованной материи, согласно второму она имеет нематериальное, божественное происхождение. Оба подхода получили отражение в трудах философов и деятелей культуры задолго до возникновения науки о мозге. При этом идеалистические представления о природе психики, поддерживаемые авторитетом церкви, в раннем периоде развития человеческой культуры доминировали; в дальнейшем с развитием естественных наук и познанием объективных законов природы учение о связи психики с деятельностью мозга получало все большее распространение, хотя интенсивные научные дискуссии по данной проблеме продолжают и до наших дней.

В развитии представлений о природе психики можно отметить три основных периода, соответствующих трем эпохам человеческой истории: античный, средневековый и новый, с выделением в последнем периода современности. Для античного периода характерно стремление к постижению природы психического через общепсихологические раздумья, часто сочетавшиеся с поисками художественных образов, иногда мифологического содержания. В средние века взгляды на психику были подчинены религиозно-мистическим воззрениям и рассуждения о ее природе носили зачастую схоластический характер. В новое время преобладающее значение получили поиски материальных основ психики, конкретные исследования ее мозговых механизмов.

В античном времени представления о душе наиболее полное развитие получили в работах Платона и Аристотеля. Платон

(V—IV вв. до н. э.) придерживался идеалистических взглядов. Идеи, по Платону, первичны, изначальны, действительность вторична, эфемерна. Разум не рождает идеи, а стремится их постигать, подражать им. Чувственное восприятие и логическое мышление в соответствии со взглядами Платона относятся к несопоставимым мирам. Платон принимал учение пифагорейцев о трех частях души: разумной, мужественной и страстной. При этом первая часть носит рациональный характер, а вторая и третья — иррациональный характер. Соотношения между частями души Платон выразил в виде мифологического образа возницы (разумная душа), который управляет колесницей с двумя конями — некрасивым, выходящим из повиновения (душа страстей) и благородным, породистым (душа мужественности). Цель известна лишь разумной, рациональной душе, она с трудом управляет иррациональной душой, состоящей из двух частей: высшей и низшей.

Аристотель (IV в. до н. э.) рассматривал душу как нечто неделимое от живой материи и считал ее выражением целостной функции живого, принципом его организации. Поясняя свою мысль, он говорил, что если бы глаз был живым существом, его душой было бы зрение. Важным вкладом в представления об организации психических функций следует считать взгляды Аристотеля о «центральном чувствилище». Он говорил о том, что отдельные чувства не могут различить, что сладкое есть нечто отдельное от белого, но и то и другое должно быть ясным единому центру. Благодаря центру познаются и такие качества, которые косвенно воспринимаются при каждом ощущении: движение, покой, фигура, величина и т. п. Общее чувствилище, по Аристотелю, наиболее тесно связано с тактильным чувством, с осязанием. Взгляды Аристотеля в целом не имели последовательно материалистического характера и приближались к дуализму.

Аристотель вслед за рядом других ученых помещал душу в сердце («сердцецентрическая» гипотеза), а мозг рассматривал как орган охлаждения крови. В то же время еще до Аристотеля Алкмеон из Кретоны (VI в. до н. э.) высказал мысль о том, что органом души является мозг. Он исходил из наблюдений о двух «дорожках», которые идут из мозга к глазным яблокам. Ощущения, по Алкмеону, возникают в результате работы связанных с мозгом органов чувств, они являются исходным пунктом для познавательной работы мозга, на их основе возникают представления и память.

Представления о душе как об идеальной и бессмертной субстанции получили законченное развитие в трудах известного богослова раннего средневековья бл. Августина (IV—V вв. н. э.). Согласно Августину, бог создал мир и душу. Душа может познать мир путем измерения или наблюдения, т. е. через опыт, включая и познание человеческого тела. Но душу познать таким способом нельзя, она образ и подобие бога. Душа сверхъестественна, сверхчувственна и постигаема только через веру. Образы,

которые хранит душа, такие, например, как память о событиях, абстрактных понятиях добра и зла, бестелесны. В согласии со своим учением Августин выделял два вида познания истины: scientia — познание через точный опыт и измерение и sapientia — умозрительное постижение вечно божественного, познание духовных ценностей. Учение Августина обладало внутренней стройностью и законченностью, что и позволило ему, очевидно, занять столь большое место в церковных догматах.

В известной степени развитием этого учения явились взгляды другого средневекового философа, Фомы Аквинского (XIII в.), получившие название «томизма». Его учение было канонизировано церковью как единственно верное. Суть учения Фомы Аквинского как бы сводилась к разделу сфер влияния между наукой и церковью, между научным знанием и постижением через веру. С одной стороны, Фома Аквинский определил ряд категорий, недоступных и неподвластных богу и относящихся к сфере науки. Так, бог не может нарушать основные законы природы, например, сделать сумму углов треугольника меньше двух прямых. В то же время Фома Аквинский выделял области, недоступные научному познанию. При этом психическая сфера оказалась полностью в области умозрительного знания.

Этот краткий обзор античных и средневековых представлений о природе психики показывает, на фоне каких представлений начинало развиваться научное познание законов работы мозга, а затем и мозговых механизмов психики. Важнейшей вехой на этом пути явились труды выдающегося мыслителя XVII в. Р. Декарта [1950], который описал основной принцип работы мозга — принцип рефлекса, или отраженного действия. Р. Декарт считал, что внешнее раздражение высвобождает в нервах так называемые «животные духи», которые передвигаются к мозгу, затем к мышцам, вызывая их сокращение. Эти «животные духи», по Декарту, имеют материальную природу. Крупнейшим вкладом Декарта было то, что он распространил принцип детерминизма на изучение мозговых функций. Правда, Декарт считал, что понятие рефлекса может быть применено лишь для объяснения относительно простых реакций. В отличие от этого более сложные реакции, включая произвольные движения, следует, по мнению Декарта, связывать с вмешательством нематериальной души, которая познается только рефлексией, самопознанием. Душа, по Декарту, упорядочивает движение животных духов, обеспечивая целесообразное поведение.

Таким образом, казалось бы, основные идеи предшественников Р. Декарта — философов и богословов — остались неизменными, психика вновь исключалась из области точно научного знания. Однако это было не совсем так. Принцип рефлекса, причинной связи между раздражителем и реакцией, введенный Декартом в физиологию, дал сильнейший толчок к изучению мозговых функций методами естественных наук. Одно открытие следовало за другим. Была установлена строгая зависимость меж-

ду рефлекторным движением и определенным сегментом спинного мозга, описана роль задних корешков в проведении чувствительных, а передних корешков — двигательных возбуждений, открыт дыхательный центр, показана роль мозжечка в координации сложных двигательных актов. Принцип рефлекса был использован для диагностики параличей и нарушений чувствительности.

Загадка психики, однако, оставалась неразрешенной, хотя и продолжала как бы интриговать, притягивать внимание ученых. А. Галлер [Haller, 1763] различает понятия раздражимости (*irribilitas*) и чувствительности (*sensibilitas*), подразумевая под последним раздражение, вызывающее ощущение. Проходят научные дискуссии на тему о том, могут ли произвольные реакции сопровождаться психическим компонентом, или же это удел только произвольных волевых актов.

Несмотря на большие успехи в изучении мозга, до XIX в., однако, наука не могла подойти к объяснению наиболее сложных проявлений мозговой деятельности с позиций детерминизма. Она оставалась в рамках тонкого анализа более элементарных реакций, находясь при этом зачастую на позициях механицизма, или же переходила к дуализму при объяснении законов и природы интегративных актов.

Решающий шаг в преодолении этого противоречия был сделан И. М. Сеченовым в 1862 г. Он первым перешел рубеж, который разделял до той поры, казалось бы, совершенно различные сферы. Основной тезис И. М. Сеченова [1952a] состоял в том, что все акты сознательной и бессознательной жизни суть рефлексы. Понимая всю сложность поставленной задачи, И. М. Сеченов использовал стройную и последовательную систему доказательств правильности своей главной идеи. Основные аргументы И. М. Сеченова следующие. Все проявления душевной жизни связаны непосредственно или в опосредованной форме с внешними воздействиями и в конечном итоге реализуются через движения, что роднит их с рефлексами. Сложные и неоднозначные временные и силовые отношения между внешним стимулом и движением могут быть объяснены экспериментально доказанным наличием рефлексов с усиленным и задержанным концом. Основной довод своих противников, состоящий в том, что объяснение психической жизни с точки зрения идеи рефлекса является упрощением, И. М. Сеченов опровергает идеей развития психики как в процессе филогенеза, так и онтогенеза. И. М. Сеченов показал, что, наблюдая за развитием ребенка, можно проследить, как недифференцированные реакции превращаются в упорядоченные и высокоспециализированные, в том числе речевые, а непосредственный ответ сменяется отставленным во времени, или же ребенок научается его подавлять. Таким образом, считал И. М. Сеченов, можно каждую последующую фазу вывести из предыдущей, что и дает ключ к пониманию природы психики. На основании системы доказательств И. М. Сеченов при-

ходит к основному выводу, что психические процессы разворачиваются во времени и пространстве, что их объединяет с физиологическими явлениями глубокое родство по происхождению, т. е. по внутренним механизмам.

Важные теоретические положения содержала и работа И. М. Сеченова «Впечатления и действительность» [1952b], уже упомянутая во введении. В ней рассматривается вопрос о мозговых механизмах построения субъективного образа. И. М. Сеченов вводит понятие «среднего члена» в причинном ряду между стимулом и ощущением. Этим средним членом является физиологический процесс, который, с одной стороны, запускается внешним стимулом и нисет в себе его отпечаток, а с другой — лежит в основе ощущения. Так, например, изображение на сетчатке глаза, непосредственно связанное с внешним стимулом, дает начало физиологическим процессам, лежащим в основе психического зрительного образа. Главный вывод работы — соответствие психического отражения реальной действительности, что и дает человеку возможность целенаправленной деятельности, позволяет ему все больше покорять «своей власти силы природы» (с. 188). И. М. Сеченов делает принципиально важное заключение о том, что между законами представляемого и действительного существует строгое соответствие.

Теоретические идеи И. М. Сеченова, указавшего путь к решению проблемы мозговых механизмов психики с последовательно материалистических позиций, получили развитие в трудах И. П. Павлова, создавшего метод объективного экспериментального исследования сложнейших проявлений мозговой деятельности. Второй, не менее важной заслугой И. П. Павлова было то, что он показал, чем рефлексы, осуществляемые при участии высших нервных центров, отличаются от хорошо известных до него спинномозговых рефлексов. В физиологию было введено понятие условного рефлекса, который не предопределен вражденной структурой нервных связей, а приобретает в течение жизни при сочетании во времени ранее индифферентного (условного) стимула с раздражителем, связанным с определенной деятельностью организма (безусловным раздражителем). Выработка условного рефлекса представляет собой перестройку отношений между нервными центрами, благодаря которой эти отношения начинают отражать реальное взаимодействие между факторами внешней среды, что создает возможность адаптации организма к этой среде.

Исследования И. П. Павлова в области высшей нервной деятельности, продолжавшиеся в течение 35 лет, внесли огромный вклад в мировую науку. Было создано стройное учение о функциях коры головного мозга, описаны основные закономерности ее работы. И. П. Павлов сделал попытку объяснения патогенеза нервных и психических заболеваний с позиций учения об условных рефлексах. Дальнейшим развитием его взглядов были представления о второй сигнальной системе, которая присуща толь-

ко человеку. Вторая сигнальная система создает возможность абстракции и составляет основу общения между людьми.

И. П. Павлов считал своей задачей строго объективное исследование работы мозга. В его лабораториях было даже введено ограничение на применение психологических терминов с тем, чтобы физиологическое мышление и терминология в применении к сложным проявлениям мозговой деятельности вошли в плоть и кровь коллектива его сотрудников. Однако конечной целью своего учения И. П. Павлов считал познание физиологических механизмов психики. Он не отрицал своеобразия психической сферы с ее «глубочайшими стремлениями человеческого духа».

«Слитие психического с физиологическим, субъективного с объективным» может быть осуществлено, по И. П. Павлову, на основе тождества физиологического понятия условного рефлекса и психологического феномена ассоциации, т. е. на уровне сходства или даже идентичности некоторых теоретических понятий этих двух наук. Этот путь, как будет далее показано, и в настоящее время является одним из наиболее перспективных в установлении связи между физиологией и психологией. Та же мысль звучит и в другом замечательном высказывании И. П. Павлова, в котором он пророчески говорит о том, что «полученные объективные данные, руководствуясь подобием или тождеством внешних проявлений, наука перенесет рано или поздно и на наш субъективный мир и тем самым сразу и ярко осветит нашу столь таинственную природу, уяснит механизм и жизненный смысл того, что занимает человека все более, — его сознание, муки его сознания»¹.

В этих словах звучит затаенная мечта о том времени, когда естествоиспытатель, продвинувшись далеко вперед в понимании объективных законов работы мозга, сможет приступить к познанию природы психики. Можно с удовлетворением сказать, что своими трудами И. П. Павлов в огромной степени способствовал тому, что проблема изучения мозговых механизмов психики поставлена в повестку дня современной науки о мозге.

Создание И. П. Павловым метода объективного исследования работы мозга явилось в известной мере ответом на переживаемый в эту эпоху психологией кризис. Этот кризис возник в основном в результате развития новых областей психологии: психофизики и экспериментальной психологии. Вставшие в связи с этим перед психологией трудности были обозначены как проблема психофизиологического параллелизма.

Для анализа сущности этого кризиса необходимо вернуться на несколько десятилетий назад, к началу использования точных измерений в психологических исследованиях, к зарождению психофизики, связанному с именами Э. Вебера и Г. Фехнера. Иссле-

дованиями Э. Вебера [Weber, 1978] по определению порогов проприоцептивной чувствительности было показано, что каждый последующий вес, чтобы быть замеченным, должен получить приращение не менее определенной части от предыдущего (это минимально необходимое приращение веса составило 1/40 часть от предыдущего веса). В «Элементах психофизики» Г. Фехнера [Fechner, 1860] на основании этих и других измерений был сформулирован общий закон, согласно которому интенсивность ощущений пропорциональна логарифму от интенсивности раздражения. Г. Фехнеру принадлежит определение психофизики как науки о «количественных соотношениях между душой и телом». Он выделял внешнюю психофизику, изучающую зависимость между физическим и психическим (стимулом и ощущением), и внутреннюю психофизику, изучающую соотношения физиологического и психического. Г. Фехнер исходил в своих теоретических построениях из идеалистических воззрений. Он считал, что во всем (от планет до молекул) есть светлая (духовная) и темная (материальная) стороны и что задача науки заключается в том, чтобы найти математические соотношения между ними.

Во второй половине XIX в. вышли в свет два значительных труда выдающегося немецкого ученого Г. Гельмгольца «Учение о слуховых ощущениях как основа теории музыки» [1875] и «Физиологическая оптика» [Helmholtz, 1896], заложившие основы современных представлений о деятельности этих двух важнейших органов чувств. Работы Г. Гельмгольца содержали также ряд важных общих положений о принципах построения субъективных образов. Так, исследования с использованием призм показали, что чувственное восприятие подчинено не непосредственному сенсорному эффекту, возникающему по закону оптики, а реальному стимулу. Было показано, что в восприятии важную роль играет деятельность субъекта (например, его мышц).

Г. Гельмгольц сформулировал представление о роли в восприятии «бессознательных умозаключений», основанных на прошлом опыте субъекта. Это учение Г. Гельмгольца преодолевало разрыв между сенсорными и интеллектуальными компонентами познавательных процессов. В то же время Г. Гельмгольц придерживался теории стимулов, или иероглифов, согласно которой ощущения представляют лишь условный знак внешнего стимула. Эти взгляды Г. Гельмгольца были подвергнуты критике в работе В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»², так как они в конечном итоге вели к физиологическому идеализму, отрыву психического отражения от действительности. В уже упомянутой работе И. М. Сеченова «Впечатления и действительность» этот подход был преодолен введением «среднего члена», который связывает стимул и ощущение единой причинной последовательностью.

¹ Павлов И. П. Полн. собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951, т. III, кн. 1, с. 39.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18.

В 1873—1874 гг. был опубликован капитальный труд В. Вундта «Основания физиологической психологии» (русский перевод в 1880 г.). В. Вундт явился также основателем лаборатории, а затем и института экспериментальной психологии. Задачей этой науки он считал сопоставление психической сферы с результатами физиологического исследования. При этом единственным способом изучения психики признавалась интроспекция, или самонаблюдение. В качестве примера наблюдений В. Вундта, основанных на интроспекции, можно привести его опыты с метрономом. Испытуемому давалась инструкция сосредоточивать внимание на каждом втором ударе метронома, который в этих условиях казался более сильным. Из этого делался вывод, что сознание ритмично. В. Вундт развил также представление об апперцепции (сам этот термин был введен Г. Лейбницем), или предуготованности сознания.

Физиологические исследования, по В. Вундту, не могут проникнуть в тайну психики, так как психические процессы развиваются параллельно телесным и не определяются ими. В. Вундт, таким образом, исходил из дуалистических концепций. По выражению В. Джемса, его система напоминала червя: если его рассечь, то половины продолжают двигаться. В системе Вундта, говорил В. Джемс, нет жизненного центра, уколom в который с ней можно было бы покончить [цит. по Ярошевскому, 1976]. В конце жизни В. Вундт оставил экспериментальную психологию и стал профессором философии, читая курс идеалистической философии.

Дуалистический подход, отрицавший связь между физиологическими явлениями и психикой, невозможность в связи с этим осмыслить и привести в стройную систему богатый экспериментальный материал имели своим результатом разрыв между двумя основными направлениями научных исследований мозговой деятельности — физиологическим и психологическим, что привело, как уже говорилось, к кризису в психологии.

Проблема психофизического параллелизма, или идея о независимом, параллельном протекании физиологических и психических процессов как бы делала бессмысленным дальнейшее накопление фактов в попытке понять сущность и происхождение психики, механизмов поведения. В самом деле, с одной стороны, представления о мозге, как о весьма совершенном органе, который на основании анализа внешних сигналов и накопленного в памяти опыта вырабатывает целесообразное поведение, делало психику как бы ненужной, превращало ее в эпифеномен. С другой стороны, идея о психике как некой нематериальной субстанции, не зависящей от мозга, делала бесполезным изучение объективных законов мозговой деятельности, так как наиболее совершенные детерминанты поведения при этом все равно ускользали бы от научного анализа.

Следует отметить, что данная проблема еще не потеряла своего значения, так как сходные с вышеприведенными взгляды до

настоящего времени в различных вариантах еще приходится встречать и в физиологической, и в психологической литературе. В психологической литературе это все та же идея об исключительности психики, о ее «несводимости» к мозговым механизмам, о том, что психические процессы не имеют тесной связи с мозгом. Про эти работы можно сказать, что читать писания блаженного Августина интереснее, чем такие статьи. В физиологических публикациях наблюдается иногда иная тенденция: «не замечать психики». Иногда в защиту таких построений привлекается авторитет И. П. Павлова, который якобы отрицал психику. Как мы уже показывали, это совершенно неверно. Попытки сохранить временные ограничения И. П. Павлова на использование психологических терминов в физиологических исследованиях вряд ли убедительны и серьезны.

Другое дело, что, используя психологическую терминологию при изучении мозговых основ психики, не нужно устраивать мешанину из физиологических и психологических терминов. Каждое понятие должно строго соответствовать тому, что принято в данной отрасли науки. Желательно поэтому, чтобы психологические термины использовались при описании и интерпретации данных, полученных психологическими методами, а физиологические — методами физиологии. Однако разделение и противопоставление — разные вещи. Физиология и психология должны сотрудничать в решении сложнейших задач познания природы и происхождения психики.

Путь к решению психофизической проблемы указывает последовательное применение принципов материалистической диалектики к исследованию соотношения психики и мозга. Это положение о зависимости ощущения, мысли и сознания от мозга, о психике как продукте высокоорганизованной материи. Суть вопроса заключается в том, что следует не противопоставлять мозговые и психические явления, а искать связь между ними. Выход из проблемы психофизического параллелизма лежит в последовательном изучении физиологических механизмов, лежащих в основе психических феноменов.

Познание механизмов психики — это изучение того, как на основе усложнения мозговых механизмов, их интеграции возникает новое качество в виде психики. При такой постановке задачи физиологические исследования приобретают высокую цель и логическое обоснование. С другой стороны, представление о качестве своегообразии психических феноменов снимает с повестки дня вопрос о психике как эпифеномене.

Конечно, на пути изучения природы и механизмов психики исследователя ждут, как уже говорилось, большие трудности, так как он имеет дело с наиболее сложным и совершенным объектом природы, венцом ее творения — человеческим мозгом. Однако поступательный ход развития науки о мозге, начиная с работ И. М. Сеченова и И. П. Павлова, успехи в изучении физиологических основ психики, связанные с трудами П. К. Анохина,

М. Н. Ливанова, В. С. Русинова, Н. П. Бехтеревой, ряда выдающихся зарубежных исследователей, указывают на то, что раскрытие механизмов психики непосредственно поставлено в повестку дня современной науки.

Одно из главных препятствий, которое встает перед исследователем в этой области знания, состоит в том, что методологические трудности, возникающие при сопоставлении качественно различных феноменов, трансформируются на естественно-научном уровне в специфическую сложность обоснования того, что наблюдаемые в эксперименте физиологические и психологические проявления не просто протекают одновременно и обнаруживают ту или иную корреляцию, но связаны функционально.

В то же время изучение именно таких связей, при которых можно утверждать, что данные психические явления действительно обеспечиваются определенным физиологическим механизмом, может способствовать решению проблемы «мозг и психика». Это существенно не только для познания мозговых механизмов психики, но и для философского аспекта проблемы, так как только отмеченные связи могут непосредственно указывать на первичность мозговых процессов и вторичность психического отражения («ощущение зависит от мозга»). В отличие от этого корреляции между физиологическими и психологическими феноменами говорят лишь о взаимной зависимости между наблюдаемыми явлениями, причем остается неясным, какой из двух связанных феноменов является детерминирующим фактором.

Каким образом, однако, может быть осуществлен переход от корреляции к установлению детерминирующей роли одних процессов по отношению к другим? Очевидно, на основе понимания смысла данной корреляции, понимания цепи тех событий, которые связывают одно явление с другим. Так, например, мы можем утверждать, что опускание гири в часах приводит к движению стрелок, потому что мы понимаем весь внутренний механизм этого движения. В этом примере, однако, установление зависимости не представляет труда из-за ее простоты. В большинстве случаев связи между явлениями значительно сложнее и установление строгой зависимости между ними требует большого числа экспериментов и строгих логических доказательств.

Тем большую трудность представляет выявление связи в тех случаях, когда исследователь имеет дело с различными формами движения материи. В то же время анализ именно таких связей представляет наибольший интерес для науки. Как уже говорилось, так было, например, при анализе физического механизма химических реакций, который был понят на основе изучения взаимодействий между внешними электронами вступающих в реакцию атомов. Подобная ситуация наблюдалась и при раскрытии генетического кода. Установление связи между различными формами движения материи позволяет перекинуть мост между двумя научными дисциплинами и тем самым способствовать созданию одной, неделимой картины мироздания, в которой более

сложное явление может быть объяснено за счет более элементарного (но не сведено к нему).

Анализ связи между физиологическим и психическим феноменами может быть поставлен в один ряд именно с такими революционными прорывами в развитии научного знания с той оговоркой, что в данном случае задача исследователя еще более сложна, так как речь идет не об установлении связи между разными формами движения материи, но связи между наиболее совершенным и сложным по организации субстратом — человеческим мозгом — и интегративным результатом его работы в виде психической деятельности. Общий принцип установления зависимости здесь, как и во всех других случаях, один: понимание внутреннего смысла изучаемого явления, раскрытие информационного содержания мозговых процессов, обеспечивающих психическую функцию. Для того чтобы установить, какие именно процессы играют при этом решающую роль, необходимо выявить область, где физиологические и психологические феномены имеют одинаковую организацию, что, как уже говорилось, и является определяющим признаком функциональной связи между явлениями различных уровней интеграции.

Таким образом, феномены двух наук должны быть предварительно поняты внутри одного класса явлений. Ключ к установлению связи между физиологическими и психологическими феноменами лежит, таким образом, в сопоставлении теоретических концепций физиологии и психологии. Некоторое время тому назад нами было выдвинуто положение о том, что концепции физиологии и психологии, описывающие на двух уровнях процессы, тесно связанные между собой, должны характеризоваться изоморфизмом, обладать определенными чертами сходства, содержать общие теоретические положения. Такое сходство возникает вследствие того, что физиологические и психологические процессы имеют одну основу — деятельность мозга. Данное положение в значительной мере восходит к идеям И. М. Сеченова и И. П. Павлова, о которых говорилось выше. Интересны также соображения Л. А. Орбели по этому вопросу. Он писал: «Если субъективное явление есть проявление определенного физиологического процесса, подчиняющегося определенным закономерностям, то эти закономерности должны наблюдаться как в ряде объективно наблюдаемых явлений, так и в ряде соответствующих им субъективных проявлений»³. Говоря о сходстве двух теорий, необходимо подчеркнуть, что речь в данном случае идет о теориях, которые касаются действительно сопоставимых явлений. При этом психологическая теория должна описывать структуру сравнительно элементарного психического акта, а физиологическая теория — достаточно сложные физиологические процессы, действительно играющие ключевую роль в обеспечении это-

³ Орбели Л. А. Лекции по физиологии нервной системы. Л.: Биомедгиз, 1935, с. 234—235.

го психического акта⁴. Сходны, таким образом, не сами физиологические и психологические проявления (наоборот, они качественно различны) — аналогичны их общая структура, внутренние соотношения, закономерности протекания.

Как показывает история науки, такое сходство между теоретическими концепциями двух наук действительно может иметь место для явлений хотя и относящихся к разным уровням интеграции, но тесно связанных между собой. В качестве наиболее яркого примера можно привести соответствие между общей структурой периодической системы элементов Менделеева и теорией строения атомов Бора. Как известно, при этом номер вертикального столбца таблицы Менделеева совпал с количеством электронов на внешней орбите атома, а номер горизонтального ряда — с числом энергетических уровней электронов. Соответствие двух теорий позволило объяснить механизм химических реакций взаимодействием внешних электронов, что соединило две фундаментальные естественные науки единой непротиворечивой системой взглядов.

Сходный путь может оказаться перспективным и для «наведения мостов» между физиологией и психологией. Общий ход рассуждений при этом должен быть следующим. Выявляется область двух наук, где можно констатировать определенное сходство теоретических концепций, касающихся закономерностей протекания сопоставимых по своему внутреннему содержанию физиологических и психических процессов, например процессов переработки стимульной информации. Затем в ходе параллельного эксперимента, включающего использование методов двух наук, определяются два ряда явлений, которые изменяются параллельно, обнаруживают тесную корреляцию между собой. Далее необходимо установить, идет ли речь о явлениях сопоставимых, т. е. тех, которые занимают в теоретических построениях обеих наук сходное положение, выполняют в закономерностях протекания физиологических и психологических процессов аналогичную роль. Если это действительно так, то полученная корреляция становится в значительной мере понятной, объяснимой. Это обстоятельство позволяет перейти от корреляции к пониманию внутреннего смысла изучаемых процессов и к констатации того, что изучаемый физиологический механизм действительно играет важную роль в обеспечении данного психического акта.

Приведенный ход рассуждений и лег в основу проведенных нами исследований по изучению физиологических механизмов восприятия. Исходным пунктом этих исследований явился тот факт, что разрабатываемая нами в течение многих лет концепция информационного синтеза физических и биологических свойств стимула в коре мозга нашла свое соответствие в одной из ведущих психологических концепций восприятия — теории обнаружения сигнала.

⁴ Другими словами, сходство закономерностей имеет место лишь в пограничной области между физиологией и психологией.

ГЛАВА ВТОРАЯ

КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СИНТЕЗА ФИЗИЧЕСКИХ И СИГНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СТИМУЛА

Как уже говорилось в первой главе, концепция информационного синтеза представляет собой систему взглядов, обосновывающих возможность и необходимость анализа мозговых процессов оценки сигналов с точки зрения их информационного содержания. Мозговые процессы, находящие выражение в электрических потенциалах мозга, рассматриваются при этом не только с позиций их связи с возбуждением или торможением определенных нервных структур, но и по качеству той информации о стимуле, которая закодирована в этих потенциалах. Такой подход позволяет оценить значение этих процессов для достижения конечного результата, в данном случае — комплексной оценки сигналов. Это также дает возможность описать отдельные этапы обработки информации в нервных центрах и приближает к пониманию механизмов интегративных мозговых функций в виде психической деятельности.

Данная концепция разрабатывается в нашей лаборатории уже около 20 лет. Полное изложение ее было дано одним из нас ранее [Иваницкий, 1976]. За прошедшее с тех пор время в литературе получили освещение новые данные о генезе вызванных потенциалов и их связи с осуществлением важных мозговых функций. Новые данные были получены и в нашей лаборатории. Новый материал дал дополнительные доказательства правильности основных положений концепции информационного синтеза. Создалась также возможность развить и уточнить отдельные стороны этой концепции.

Сначала, однако, целесообразно повторить здесь некоторые ключевые моменты этой концепции. Как уже было сказано, она описывает мозговые механизмы оценки сигналов. Эта оценка основана на двух видах информации о стимуле: его физических параметрах и сигнальной, т. е. биологической значимости. Анализ свойств стимула по этим параметрам связан с функцией различных мозговых структур, а соответствующая информация поступает к корковым центрам по различным путям. Такая организация центральных механизмов оценки стимулов имеет эволюционное происхождение. На ранних этапах эволюции нервная система реагировала преимущественно на те раздражения, которые вызывали определенную ответную реакцию, детерминированную врожденной структурой нервных связей (реакции по типу безусловных рефлексов). Каждый стимул при этом воспринимался по существу не как сигнал, обладающий теми или иными фи-

зическими свойствами, а как носитель определенной биологической информации. На более поздних этапах эволюции возникла возможность восприятия индифферентных сигналов, которые анализировались не по биологическим характеристикам, которых они и не имели, а по физическим параметрам. Реакция на эти сигналы не была врожденной, а вырабатывалась в течение жизни на основе совпадений во времени этих сигналов с определенной биологически важной деятельностью организма, т. е. по механизму условного рефлекса.

Эволюционно обусловленной является и различная структурная основа оценки стимулов по физическим и биологическим параметрам. При этом оценка раздражений по биологическим параметрам происходит при участии филогенетически более ранних стволовых структур с их центрами безусловных рефлексов, центрами мотиваций. Оценка физических параметров стимулов связана преимущественно с функцией сенсорных систем, получающих наибольшее развитие на более поздних этапах филогенеза. Конечно, в процессе эволюции изменяются и усложняются и те и другие структуры [Карамян, 1976; Соллертинская, 1973]. У человека происходит все большая кортикализация этих функций с включением корковых полей в высший анализ стимулов по физическим и биологическим параметрам. Тем не менее их структурная обособленность сохраняется и у человека, и к центрам интеграции соответствующая информация поступает по различным путям, что способствует сохранению ее качественного своеобразия.

Поступление в кору двух видов информации о стимуле имеет определенную, строго выдержанную во времени последовательность. Наиболее эффективно эти процессы могут быть изучены у человека методом вызванных потенциалов¹.

Сам вызванный потенциал — это сигнал прихода в кору определенной информации. Поэтому его анализ с информационной точки зрения не «фантазия», а естественная необходимость. Такой анализ может быть проведен на основании данных о генезе вызванного ответа и его отдельных волн. Эти данные указывают на неоднородность вызванного потенциала: различные его волны связаны с функцией различных мозговых структур. Подробное обоснование этого положения было дано нами ранее [Иваницкий, 1976]. Данные литературы, полученные в последние годы, представили новое подтверждение этого одного из основных положений развиваемой концепции. Они свидетельствуют о том, что в вызванном потенциале, как зрительном, так и соматосенсорном², можно выделить три основные группы волн, условная

¹ Ряд авторов предпочитают в последнее время использовать термин «потенциал, связанный с определенным событием» (event-related potential), включая сюда реакции как на внешние стимулы, так и на изменения состояния мозга эндогенного происхождения.

² Несколько особняком стоит слуховой ВП, так как область первичной проекции слухового анализатора у человека находится в глубине сильвиевой борозды.

граница между которыми проходит в районе 100 и 200 мс от момента нанесения стимула. Эти группы, однако, отличаются не только по латентному периоду, но и по таким признакам, как область их распространения в коре мозга, длительность цикла восстановления, зависимость от функционального состояния мозга, отношение к фармакологическим препаратам, и многим другим параметрам. Хирургическое вмешательство и запись вызванных потенциалов при повреждении нервной системы также дают указание на их связь с прохождением стимулов через различные нервные реле.

Первая из указанных групп волн ВП имеет сенсорное происхождение. Для наиболее ранних из этих волн в последнее время были получены прямые доказательства их эквивалентности волнам первичного ответа у животных, сенсорное происхождение которых хорошо изучено. Другие, более поздние компоненты первой группы волн ВП также имеют преимущественно сенсорный генез, хотя некоторые авторы и рассматривают их как аналог ассоциативного ответа. Во всяком случае, они связаны, очевидно, с процессами, развивающимися в пределах данного анализатора. Промежуточная группа волн ВП с пиковой латентностью приблизительно от 100 до 200 мс, имеет смешанный генез. С одной стороны, по ряду признаков они могут быть отнесены к сенсорным компонентам. С другой стороны, в их генезе определенное значение имеют и другие влияния — импульсация из других отделов коры головного мозга, а также из подкорковых структур, преимущественно гипоталамо-лимбического комплекса. Генез этих волн, очевидно, следует рассматривать как результат взаимодействия сенсорных и несенсорных влияний. Наконец, последняя группа волн, развивающихся после 200 мс от момента нанесения стимула, может рассматриваться как имеющая не сенсорное происхождение. В литературе ранее такие волны часто обозначались как неспецифические, что связывало их генез с приходом возбуждения в кору по неспецифическим путям из ретикулярной формации ствола мозга. Мы также использовали эту терминологию, хотя и с оговоркой, что она не совсем удачна. Сейчас, очевидно, следует отказаться от такого определения этой группы волн, хотя импульсация из стволовых структур, в том числе и из ретикулярной формации, играет роль в их генезе. Эта активация, однако, во многих случаях носит не диффузный, а избирательный характер. Главную же роль в происхождении поздних волн вызванного потенциала играют сложные внутрикорковые процессы переработки стимульной информации, а входящие воздействия оказывают на эти процессы преимущественно модулирующее влияние. Говоря об участии мотивационных и активирующих структур промежуточного и среднего мозга в генезе вызванных потенциалов, следует иметь в виду, что у человека возбуждение этих структур происходит в основном не за счет коллатералей, отходящих к ним от сенсорных путей на уровне ствола, как это имеет место у животных, а за счет нисхо-

дящих влияний из коры к этим образованиям. Это позволяет производить дозированную по времени, амплитуде и топографии активацию корковых полей, точно соответствующую значимости данного сигнала и создающую оптимальные условия для обработки информации о данном сигнале в коре мозга. В частности, в наших исследованиях был изучен один из видов такой активации: разностная отрицательная волна, подробно описываемая ниже.

В качестве некоторого парадокса можно отметить, что происхождение ранних волн ВП, которое длительное время считалось наименее изученным и вызывало наибольшие споры, в последние годы было детально проанализировано с использованием записи ответов с обнаженной коры во время операций и некоторыми другими методами. О сенсорном генезе ранних волн ВП в настоящее время можно говорить с большей степенью уверенности. В то же время исследование поздних компонентов ВП, происхождение которых считали достаточно ясным, шло в основном по пути изучения их роли в мозговых механизмах сложных психических функций. Нервный генез этих волн, несомненно, значительно более сложен, чем предполагалось ранее, и в настоящее время можно сказать, что он менее изучен, чем происхождение ранних компонентов.

Представляется уместным привести здесь некоторые новые данные о происхождении ранних волн ВП. Что касается поздних волн, то детальное обсуждение их роли и генеза, очевидно, более целесообразно рассмотреть в полном объеме позднее, после изложения в последующих главах новых данных о корреляции физиологических и психологических показателей восприятия.

Ранние компоненты, как уже говорилось, составляют группу, в которую входят волны, регистрирующиеся от начала предъявления стимула до приблизительно 100 мс после стимула. Из ранних компонентов наиболее точно изучен генез начальной отрицательной волны соматосенсорного ВП — компонента с пиковой латентностью 20 мс (волна N_2 или N_{20}). Соматосенсорная модальность является в этом отношении наиболее благоприятной для анализа ранних волн ВП, так как проекционная зона этого анализатора выходит на наружную поверхность коры, тогда как у зрительной ее значительная часть находится на внутренней поверхности полушария [Callaway, 1975].

Работами Аллисона с соавт. [Allison et al., 1974] показано, что волна N_{20} — аналог позитивной фазы первичного ответа у животных, тогда как следующая за ней волна P_{30} — аналог негативной фазы этого ответа, но у человека они имеют инвертированную полярность в связи с ориентацией генераторов перпендикулярно поверхности задней центральной борозды, т. е. параллельно поверхности черепа у человека, в отличие от перпендикулярной ориентации к поверхности и коры, и черепа у животных.

Подтверждением точки зрения о сенсорном происхождении ранних волн соматосенсорного ВП у человека служат также данные, изложенные в работах Хасноза с соавт. [Hasznos et al., 1976], Палакостополуса с соавт. [Papakostopoulos et al., 1975], Десмедта с соавт. [Desmedt et al., 1976], а также Фукушими с соавт. [Fukushima et al., 1976] и Веласко с соавт. [Velasco et al., 1975].

Фукушима с соавт. [Fukushima et al., 1976] зарегистрировали волну N_{20} от проекционной зоны коры через 1—2 мс вслед за регистрацией подобного компонента, но положительной полярности от специфического вентрокаудального ядра таламуса (VC). Описанные компоненты регистрировались исключительно в зоне, контрлатеральной стимулируемой руке. Эти данные убедительно свидетельствуют о том, что компонент N_{20} соматосенсорного ВП есть результат прихода в кору афферентных импульсов по таламо-кортикальным специфическим волокнам. В свою очередь Веласко с соавт. [Velasco et al., 1980] провели сравнение корковых соматосенсорных ВП с вызванными ответами, отводимыми от различных ядер таламуса во время стереотаксической операции. Они установили соответствие волны N_{20} корковых ВП идентичному колебанию в вентрозаднелатеральном ядре таламуса — специфическом реле данной модальности. В отличие от этого более поздним волнам, в частности, P_{100} и P_{300} соответствовали колебания в неспецифических ядрах таламуса.

Положение о гетерогенности вызванного ответа и связи его компонентов с функцией различных структур дает возможность провести его информационный анализ. Ранняя часть ответа, как уже говорилось, имеет сенсорное происхождение. Какая информация поступает в мозг по этим путям? Органы чувств, как правило, включают в себя две части: прибор, созданный природой и физически улавливающий энергию внешнего раздражителя, и собственно рецептор, кодирующий ее в нервные импульсы. К первой части относится, например, система линз глаза, создающая сфокусированное изображение на сетчатке, или нити улитки, по принципу резонанса приходящие в движение от звуковых колебаний среды. Соответствующие рецепторы преобразуют эти сигналы в нервные импульсы, последовательность и топографическое распределение которых в нервном пути достаточно точно передают объективные, физические характеристики внешних стимулов. Правда, даже на самых ранних этапах нервного пути, начиная с рецептора, эта информация не является точным «слепком» внешнего стимула. Нервные реле преобразуют ее, выделяя наиболее существенные для организма признаки сигналов, такие, например, как контраст зрительного изображения. Соответствующие закономерности были хорошо изучены в ряде исследований [Бызов, 1966; Альтман, 1979]. Было установлено, что такое качество сенсорной информации, как объективные, физические параметры стимула, сохраняется на всем протяжении нервного пути. Это позволяет сделать вывод, что ранние компоненты вы-

званных потенциалов отражают приход в кору мозга информации о физических характеристиках внешних раздражений.

Более поздние волны ВП связаны с дальнейшей обработкой поступившей информации. Смысл этой обработки — определение того, что значит данный стимул для организма. В связи с этим в функцию включаются ассоциативные области коры [Батуев, 1981], неспецифические таламо-кортикальные системы, а также подкорковые центры эмоций и мотиваций [Судаков, 1971]. Информация из этих отделов вновь поступает в проекционную зону данного анализатора, что и находит отражение в волнах ВП. Эти волны, таким образом, отражают не столько физические характеристики раздражителя, сколько его значимость для организма. При этом промежуточные по признаку латентности группы волн в известной степени могут рассматриваться как промежуточные и по информационному значению. Сенсорные влияния обуславливают отражение в параметрах этих компонентов физических характеристик стимулов, а несенсорные — их значимости. При этом в разных волнах степень тех и других влияний может быть неодинакова.

Третья группа волн практически полностью связана с обработкой информации о стимуле по его значимости для организма, о чем подробнее будет сказано в последующих главах.

Таково наиболее общее деление волн вызванного потенциала по их информационному содержанию. Оно, очевидно, не является полным. Например, физические характеристики стимула отличаются многообразием. Можно выделить, например, интенсивность раздражителя, его спектральный состав, крутизну нарастания стимула, его топографию по отношению к рецептивному полю.

Можно ли в параметрах отдельных волн ВП «прочитать» все эти характеристики? Известно, что такие работы проводились. При этом, как правило, изменялся один из параметров сигнала, например цвет светового стимула, и изучалось, как это отражается в параметрах волн ВП [Григорьева, 1976]. Во многих случаях при этом получался достаточно четкий ответ. Следует, однако, учитывать, что это было возможно лишь в искусственных условиях эксперимента. На настоящем уровне наших знаний вряд ли можно рассчитывать на то, чтобы по параметрам ВП полностью расшифровать физические характеристики внешнего стимула, хотя и невозможно отрицать такую возможность в будущем, при использовании более сложных методов обработки ВП.

Еще в большей степени это ограничение относится к определению значимости стимула. Прежде всего, амплитуда волн ВП отражает главным образом степень этой значимости, а не ее характер, т. е. связь с определенной деятельностью организма. В настоящее время трудно сказать, будет ли возможно в будущем получить из параметров ВП более полную информацию о значимости стимула. Некоторые данные указывают на такую

возможность. Так, в работе Р. Чэпмена [Chapman, 1977] были установлены различия в рисунке поздних волн ВП в зависимости от значимости предъявляемых словесных раздражителей, оцениваемых по трем параметрам шкалы Осгуда. Еще не полностью раскрытые возможности в этом отношении содержит также анализ пространственного распределения поздних волн ВП. Следует, однако, учесть, что на параметры этих волн наряду с собственно информационной посылкой о значимости как сигнале об отношении к определенной биологически важной деятельности организма влияют и активационные воздействия, имеющие неспецифический характер, отражающие «нужность» данного стимула вообще, инвариантные к той или иной конкретной «нужности».

Сделанные оговорки вносят определенные ограничения в информационный анализ волн ВП. Но вместе с тем необходимо ясно представлять себе, что они не касаются главного — возможности анализа ВП по двум информационным характеристикам стимула: его физическим параметрам и биологической значимости, что представляет принципиальный интерес, в частности, для изучения мозговых механизмов восприятия с помощью метода вызванных потенциалов.

Этот основной вывод об информационной неоднородности ВП и связи отдельных его компонентов с физическими и сигнальными характеристиками стимула находит свое подтверждение и в большом материале, полученном как до оформления данной концепции, так и, что особенно важно, в последние годы. Эти факты свидетельствуют о преимущественной, причем весьма четкой, связи ранних волн ВП с физическими и поздних волн с сигнальными свойствами стимулов. При этом исследование последних лет, как уже говорилось, носят все в большей степени дифференцированный характер и направлены на дальнейший анализ влияния различных параметров стимула и выполняемой испытуемым задачи на параметры ВП. Особенно это относится к анализу зависимости поздних волн ВП от значимости сигнала. Вопрос об отражении в параметрах ВП значимости стимула, понимая под этим весь комплекс сложных факторов, вовлекающих в обработку поступившей информации высшие мозговые функции, будет подробно проанализирован в последующих главах. Можно отметить лишь, что метод ВП стал одним из основных для изучения у человека сложных процессов переработки стимульной информации. Ведется эффективный поиск механизмов восприятия сложных изображений и словесных сигналов, процессов селективного внимания, памяти, элементарных мыслительных операций. Что касается зависимости ранних волн от физических характеристик стимула, в первую очередь от его интенсивности, то здесь можно привести некоторые новые данные, как литературные, так и полученные в наших исследованиях. В уже упоминавшейся работе Фукушимы с соавт. [Fukushima et al., 1976] было отмечено линейное увеличение амплитуды вол-

ны N_{20} при повышении интенсивности раздражающих стимулов от сенсорного до моторного порога; латентный период при этом не изменялся.

Данные о влиянии интенсивности стимуляции на соматосенсорный ВП получены также в работе Л. Р. Зенкова [1977], который предъявлял испытуемым стимулы различной интенсивности: подпороговую (на 10 В ниже сенсорного порога), пороговую, а также на интенсивность, превышающую пороговую на 40, 80 и на 120 В. Автору удалось записать ранние компоненты ВП проекционной зоны анализатора при подпороговой интенсивности стимулов, хотя они имели низкую амплитуду и большую латентность. В его исследованиях амплитуда первых трех компонентов ВП, регистрируемого во время операций от зоны, контрлатеральной стимулируемой руке, повышалась пропорционально увеличению интенсивности стимула, однако крутизна нарастания амплитуды при высоких интенсивностях стимула несколько снижалась. Компоненты, начиная с отрицательной волны с пиковой латентностью 140 мс, обнаружили даже несколько более крутое нарастание амплитуды при повышении интенсивности по сравнению с ранними компонентами. Реакция поздних волн ВП на повышение интенсивности раздражения в работе Л. Р. Зенкова, очевидно, может быть связана с тем, что он использовал достаточно сильный электрокожный стимул, не безразличный для испытуемых. Интересно, что при интенсивности стимуляции, на 120 В превышающей пороговую, которая часто вызывала неприятные или болезненные ощущения, наступала перестройка поздних компонентов, отражающая, по-видимому, болевую значимость. Латентности всех компонентов ВП укорачивались при повышении интенсивности стимуляции, что противоречит данным Фукушимы с соавт. [Fukushima et al., 1976]. Поздние компоненты ВП, напротив, обнаружили некоторую тенденцию к удлинению латентностей при самой высокой интенсивности стимуляции, что может рассматриваться как проявление функции защитного механизма «редуцирования» сверхсильных раздражителей [Buchsbaum, Silverman, 1968; Стрелец, 1978] (подробнее об этом эффекте см. гл. VI). Представляет интерес, что подобная зависимость от интенсивности в работе Л. Р. Зенкова выявлена лишь в проекционной зоне. Ранние компоненты ВП, ипсилатерального стимулируемой руке, обнаружили инвертированный фаз по сравнению с ранними компонентами контрлатерального ответа, что, по мнению автора, может быть связано с преобладанием процессов торможения в нейронах ипсилатерального полушария, тогда как в нейронах проекционной зоны при повышении интенсивности стимуляции наблюдалось усиление возбудительных процессов.

Некоторые отличия от вышеизложенных данных представлены в работе Сойннен с соавт. [Soininen et al., 1982], которые исследовали компоненты соматосенсорного ВП P_{40} , N_{50} , P_{60} , N_{80} , P_{100} и N_{110} и обнаружили прямую связь, которую можно было

выразить степенной или гиперболической функцией между интенсивностью стимуляции и амплитудой всех позитивных компонентов, кроме начальной (в их исследовании) волны P_{40} ; для отрицательных волн эта корреляция отсутствовала. Данные названных авторов несколько противоречат вышеизложенным результатам в отношении того, что отрицательные волны в их работе, в том числе и ранние волны, не обнаружили связи с интенсивностью стимулов. Однако следует отметить, что, во-первых, авторы не регистрировали наиболее раннюю и специфическую волну N_{20} , а во вторых, как отмечают и сами авторы, вообще все отрицательные компоненты в их исследовании были выражены слабо.

Таким образом, как видно из изложенных выше работ, несмотря на наличие большого числа данных об отражении в ранних волнах ВП физических характеристик стимулов, результаты эксперимента не всегда бывают однозначны. Для решения вопроса о влиянии интенсивности стимула на различные компоненты соматосенсорного ВП нами было проведено исследование 20 здоровых испытуемых в возрасте от 20 до 40 лет [Стрелец, 1978].

В эксперименте по изучению влияния интенсивности стимула регистрировался ВП на слабое раздражение кожи. Электрический стимул подавался с помощью генератора прямоугольных импульсов с помехоподавляющим устройством; длительность каждого импульса — 0,1 мс. Раздражающие электроды помещали на переднюю поверхность предплечья левой руки и запястья. Регистрирующий электрод располагался над проекционной зоной данного анализатора на 7 см книзу от сагитальной линии и на 2 см кзади от наружного слухового прохода справа, т. е. контрлатерально стимулируемой руке. Использовалось референциальное (монополярное) отведение с индифферентным электродом на мочке правого уха.

ВП записывались на пять стимулов различной интенсивности, соответственно на 10, 20, 30, 50 и 70 В выше индивидуального физиологического порога, составляющего обычно 20—40 В. Самая высокая (пятая) интенсивность не достигала моторного порога.

Эксперимент состоял из 5 серий, в каждой из которых исследовали ВП на одну из пяти интенсивностей стимула. Наряду со стимулами исследуемой интенсивности в случайном порядке предъявлялись и более слабые раздражители (в 50% случаев). Испытуемый получал инструкцию нажимать кнопку в ответ на более сильное раздражение, благодаря чему он находился во время эксперимента в состоянии активного внимания.

На каждую из пяти исследованных интенсивностей вычислялись усредненные параметры ВП для групп в целом. Усредненный ВП представлял собой сумму из 64 отдельных реакций. Период накопления составлял 500 мс.

Соматосенсорный ВП состоял из ряда последовательных компонентов чередующейся полярности. Индивидуальный соматосенсорный ВП одного из испытуемых представлен на рис. 1.

Мы проводили анализ трех функционально различных компонентов ВП. Во-первых, исследовали наиболее раннюю отрицательную волну с пиковой латентностью 20 мс (N_{20}) и следующую за ней положительную волну с пиковой латентностью 30 мс (P_{30}). В связи с тем что амплитуда начальных волн была невелика, этот комплекс измерялся от максимума волны N_{20} до максимума волны P_{30} («от пика до пика»). Во-вторых, исследовалась отрицательная волна с пиковой латентностью 140 мс (N_{140}), занимающая промежуточное положение между ранними, сенсорными, и поздними волнами. И наконец, была исследована положительная волна с пиковой латентностью около 300 мс (P_{300}).

Результаты исследования показали, что амплитуда раннего специфического комплекса $N_{20}-P_{30}$ при повышении интенсивности стимула последовательно возрастала, причем величина амплитуды этого компонента на пятую, самую высокую интенсивность превышала аналогичный показатель на первую, самую слабую интенсивность в 1,9 раза, т. е. почти вдвое (рис. 2). Наиболее резкое возрастание наблюдалось в начале и в конце предъявляемого диапазона интенсивности.

Амплитуда волны N_{140} , занимающей промежуточное положение между ранними и поздними волнами, при повышении интенсивности стимула последовательно возрастала, хотя и в меньшей степени (в 1,5 раза), чем амплитуда начального комплекса.

Изменения амплитуды волны P_{300} (см. рис. 2), по-видимому, отражают закономерности решения испытуемым задачи на различение стимулов, обсуждение которых выходит за рамки данного раздела и будет приведено в последующем. Здесь, однако, можно отметить, что изменения амплитуды поздней положительной волны P_{300} практически не связаны с интенсивностью стимулов.

Мы весьма далеки от приписывания какой-либо волне связи со строго ограниченной нейронной популяцией, учитывая многочисленные данные об относительности деления ВП на специфические и неспецифические компоненты [Скребицкий, 1962], а также данные о сложных изменениях ВП в процессе онтогенеза [Фарбер, 1974] и, наконец, морфологические данные о наличии специфических клеток не только в проекционных, но и в ассоциативных областях [Адрианов, 1976; Полюкова, 1972] и о влиянии на ВП, исходящих из подкорковых структур. Однако приведенные выше данные и еще целый ряд работ [Hume, Cant, 1978; Jones, Small, 1979; Lesser et al., 1979; Bennett, Jannetta, 1980] показывают, что ранние сенсорные компоненты ВП действительно в наибольшей мере отражают физическую силу стимулов и что адекватная реакция сенсорного входа на повышение интенсивности стимула выражается в увеличении амплитуды этих компонентов. В отличие от этого промежуточные компонен-

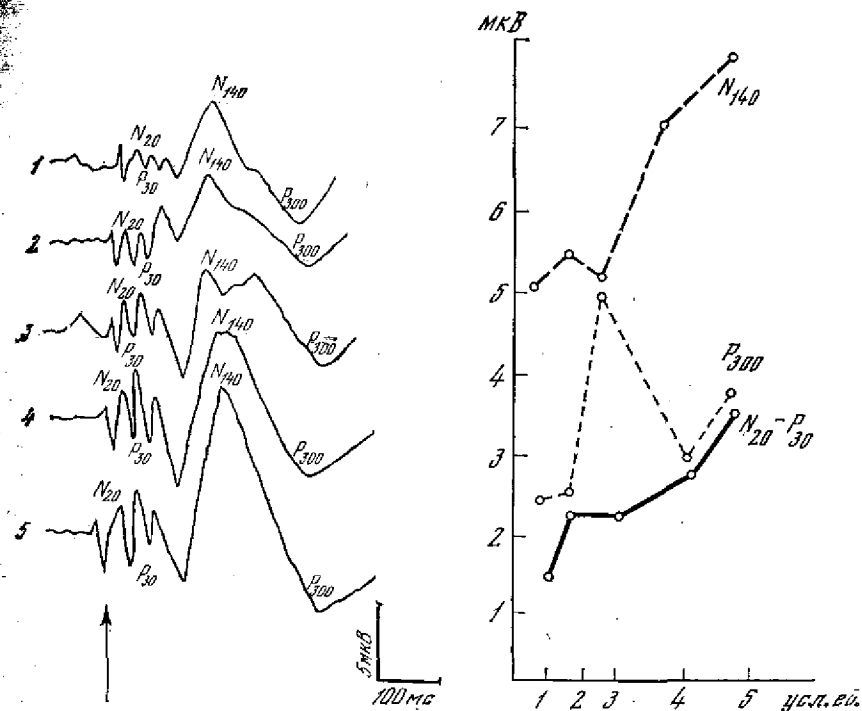


Рис. 1. Индивидуальный соматосенсорный вызванный потенциал на пять возрастающих интенсивностей стимула

1 — на 10 В выше пороговой, составляющей 30 В; 2 — на 20 В; 3 — на 30 В; 4 — на 50 В; 5 — на 10 В выше порога; стрелка — момент подачи стимула

Рис. 2. Зависимость амплитуды трех функционально различных компонентов соматосенсорного ВП от интенсивности стимула в группе здоровых испытуемых

Абсцисса — интенсивность электрокожного стимула (усл. ед.); ордината — амплитуда компонентов: $N_{20}-P_{30}$ (сплошная линия), N_{140} — прерывистая линия и P_{300} — тонкая прерывистая линия

ты ВП (волна N_{140}) отражают интенсивность стимула уже в меньшей степени, а поздние (волна P_{300}) непосредственно ее не отражают³. Незначительные расхождения в данных отдельных экспериментальных исследований, однако, никак не противоречат общей закономерности, свидетельствующей о сенсорно-специфическом генезе ранних компонентов ВП и об отражении в их параметрах физических характеристик стимулов.

³ В работе Е. Дончина [Donchin, 1981] вопрос о связи амплитуды волны P_{300} с интенсивностью стимуляции был подвергнут специальному исследованию. При этом было установлено, что сила раздражителя получает отражение в величине этой волны только в том случае, если она непосредственно определяет значение сигнала.

По аналогии с соматосенсорным ВП можно рассматривать как преимущественно обусловленные специфической сенсорной посылкой импульсов также по крайней мере две первые волны зрительного ВП: $P_{1(25-30)}$ и $N_{1(35-40)}$ [Иваницкий, Матвеева, 1976] и, по данным Л. Р. Зенкова [1977], волну P_{50} . Следует отметить, что все ограничения, касающиеся отношения ранних компонентов ВП к специфическим, а поздних — к несенсорным факторам, о которых говорилось выше, в отношении зрительного ВП усиливаются по сравнению с соматосенсорным. Как отмечается в работах Д. А. Фарбер [1974] и Л. Р. Зенкова [1977], ранние компоненты зрительного ВП могут регистрироваться и за пределами проекционной зоны. Однако функциональные свойства ранних компонентов зрительного ВП во многом напоминают свойства аналогичных компонентов соматосенсорного ВП. Общие свойства ранних компонентов этих двух модальностей заключаются в увеличении амплитуды и уменьшении латентности и вариабельности параметров этих компонентов при повышении интенсивности стимуляции, отражении в их параметрах объективных характеристик стимулов, отсутствии реакции на изменение функционального состояния мозга, при сне и медикаментозных воздействиях [Ciganek, 1961; Иваницкий, 1976]. Изложенные выше данные позволяют считать, что ранние компоненты зрительных, так же как соматосенсорных ВП, относительно тесно связаны со специфическими афферентными системами.

Вопрос о влиянии на ранние компоненты ВП фактора значимости подавляющим большинством авторов решается однозначно. Десмедт с соавт. [Desmedt et al., 1976] отмечают полное отсутствие связи ранних компонентов соматосенсорного ВП (N_{20} и P_{45}) с выполнением задания испытуемым или с какими-либо психологическими переменными. Десмедт и Дебеккер [Desmedt, Debesker, 1979] не обнаружили разницы в ранних компонентах соматосенсорного ВП в условиях применения «консервативного» или «либерального» критерия, избранного испытуемыми в заданиях на обнаружение сигнала. Веласко с соавт. [Velasco et al., 1980], используя ситуации с различным уровнем активации и селективного внимания, показали, что ранние компоненты не изменяются в этих ситуациях. Наиболее ранние изменения, связанные с активацией и селективным вниманием, начинаются в области волны N_{140} . Авторы высказывают предположение, что механизм, включающий селективное внимание, затрагивает не специфические, лемнисковые пути, а ассоциативные таламо-кортикальные проекции. Они показали также, что при изменении информационного содержания стимула в ВП появляются новые поздние компоненты, которые не регистрируются в других ситуациях, и считают, что генерация этих компонентов связана не с восходящими, а с нисходящими (эфферентными) путями.

Следует, однако, сказать, что ряд авторов отмечают также изменение ранних волн ВП при изменении значимости стимула и, наоборот, поздних компонентов в зависимости от физических

характеристик раздражителя. В части случаев данные рассматриваются как несоответствующие развиваемой нами системе взглядов об информационной гетерогенности ВП. Интересы истины требуют анализа этих возражений. Во-первых, в значительной части случаев речь идет о промежуточных волнах ВП, содержащих как сенсорную, так и несенсорную составляющие и реагирующих на изменение как физических, так и сигнальных свойств стимула. Относя эти волны или к ранним, или к поздним волнам ВП, можно в некоторых сочетаниях увидеть несоответствие полученных данных и нашей концепции. Главное, однако, не в этом. Ранние, даже чисто сенсорные, волны действительно могут изменяться при изменении значимости стимула в связи с наличием активных центральных влияний, регулирующих состояние сенсорного входа. Это процессы так называемого сенсорного поиска и «гейтинга», при которых уже периферические реле настраиваются на прием определенной информации. Для того чтобы зарегистрировать эти изменения, требуются, как правило, специальные эксперименты. В нашей лаборатории, в частности, эти вопросы были изучены в работе Т. П. Зеленковой [Зеленкова, Иваницкий, 1979]. Важно, однако, четко представлять себе, что в этом случае имеет место лишь облегчение или торможение проведения к коре информации определенного класса. При этом по сенсорным путям, как и обычно, передается информация о физических характеристиках раздражителя. Сравнительно чаще могут наблюдаться изменения поздних волн ВП при изменении физических характеристик стимула, например его интенсивности. Однако не проще ли предположить, что в этом случае более сильный раздражитель воспринимается и как более значимый? Сложнее обстоит дело, когда в эксперименте имеет место изменение более поздних волн ВП при предъявлении различных сложных изображений. Они действительно отличаются по своим физическим характеристикам, но, что более важно, отличаются и по содержанию, по смыслу. Даже такие сравнительно несложные изображения, как, например, шахматные паттерны, требуют для своего восприятия и оценки определенного опыта и знаний, они всегда вызывают те или иные ассоциации, что не может не сказаться на параметрах поздних волн ответа. Эти волны и в данном случае будут поэтому отражать оценку информации по ее значимости. Хотя эта значимость тесно связана с физической характеристикой стимула, эти два понятия совершенно различны не только по смыслу, но и по тем нервным структурам, которые вовлечены в их анализ. Хорошим подтверждением этой мысли является упомянутая работа Donchin [1948]. Итак, основные положения концепции информационного синтеза как основы комплексной оценки сигналов могут быть сформулированы следующим образом. Оценка сигналов мозга основана на синтезе информации о физических и сигнальных, биологических характеристиках раздражителя. Анализ стимулов по этим признакам осуществляется в различных мозговых структурах, и соответст-

вующая информация поступает к центрам интеграции по различным проекционным путям.

Анализ раздражений происходит в определенной последовательности. Сначала стимулы анализируются по их физическим характеристикам, а затем на основе сопоставления этих характеристик с памятью происходит определение значимости стимулов для организма. Синтез информации о физических и сигнальных характеристиках стимула осуществляется в корковых центрах. Он является основой комплексной оценки сигналов, на базе которой происходит выработка целенаправленного поведения. Информационный синтез играет важную роль в осуществлении психических функций, в первую очередь восприятия.

Исследование информационных процессов мозга у человека может быть осуществлено методом вызванных потенциалов, отдельные компоненты которых имеют различный генез и информационную значимость. Благодаря этому может быть проведен анализ двух основных составляющих информационного синтеза и изучение его мозговых механизмов.

Такова общая схема исходных положений концепции. В процессе исследований эти идеи получили дальнейшее развитие и были в значительной мере конкретизированы. Данная монография по существу и представляет собой изложение современного состояния развиваемой нами системы взглядов и того фактического материала, на котором они основаны.

■

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

ПСИХОЛОГИИ О СТРУКТУРЕ

И МЕХАНИЗМАХ ВОСПРИЯТИЯ.

ТЕОРИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА

Исследование восприятия — область науки, которая издавна привлекает внимание ученых. Некоторые сведения по этому вопросу приведены в гл. I. Можно тем не менее сказать, что психология восприятия — это и сейчас очень молодая область науки, доказательством чему является многообразие теорий и фактов, касающихся механизмов восприятия. Следует также иметь в виду, что методологическое разнообразие изучения восприятия во многом связано с разнообразием философских построений, на которые опираются исследователи.

Изучение процесса восприятия занимает особое место в современном естествознании уже потому, что «как теоретические, так и фактические основания заставляют нас рассматривать жизнь прежде всего как процесс взаимодействия организма и

окружающей среды» [Леонтьев, 1981, с. 19]. В принципе вопрос о возникновении психики — это во многом вопрос о возникновении ощущения. Краеугольный камень в изучении восприятия с позиций материалистической диалектики — понимание восприятия как деятельности, т. е. активного процесса отражения объективных свойств окружающей среды.

Активность субъекта при осуществлении акта восприятия подтверждается рядом факторов. Так, результат восприятия во многом зависит от потребностей, мотивов, установок и эмоций конкретного субъекта в конкретных условиях реальной действительности. Активность восприятия означает также, что всякий ответ (реакция) организма на внешнее воздействие совершается за счет энергии самого организма [Леонтьев, 1981]. Понимание восприятия как деятельности логично приводит к пониманию важности эфферентных процессов в осуществлении отражательной функции [Запорожец, 1975]. Положение о том, что, кроме воздействия реальности на органы чувств, существует и встречный процесс, активность субъекта при восприятии, А. Н. Леонтьев сформулировал так: «Воспринимают не органы чувств, а человек при помощи органов чувств» [Леонтьев, 1975, с. 59].

Процесс узнавания образа предмета как активная деятельность, направленная на выделение отдельных признаков, формирование гипотезы об объекте восприятия на основе их объединения и, наконец, создание субъективного образа, был подробно изучен на примере тактильного восприятия [Ананьев, 1961; Ломов, 1966]. Было показано, что пассивное прикосновение к предмету, исключающее активные поисковые движения, не дает возможности полностью и верно отразить воспринимаемый объект. Отметим, что процесс тактильного восприятия в данном случае является моделью любого восприятия при том, что отдельные звенья его развернуты во времени и пространстве и, таким образом, доступны для анализа. Указанными исследованиями с особой убедительностью было показано, что активность процесса восприятия — необходимое условие адекватного отражения объектов внешней среды.

Активность процесса восприятия, его включенность в структуру личности обуславливают и такое качество восприятия, как его формирование в процессе индивидуального развития. Восприятие в значительной мере зависит от прошлого опыта, речи, а также конкретной задачи индивидуума.

Восприятие в известной мере произвольно. Это положение современной психологии интроспективно наиболее понятно. Каждому многократно приходилось сосредоточивать свое внимание на чем-либо или, наоборот, активно отвлекаться от чего-либо. Следует отметить, что направленность восприятия на определенные характеристики информации, его настроенность на определенную «нервную модель стимула» [Соколов, 1969] или на определенный стереотип стимуляции способны приводить к возникновению «конгруэнтных» иллюзий [Buchsbaum, Coppola, Bittker,

1974; Shucard, Shucard, 1978]. В этом случае не только результат восприятия, но и электрофизиологические индикаторы предъявленных стимулов (характеристики ВП) могут соответствовать параметрам ожидаемого, а не реально предъявленного стимула. Подобная закономерность была обнаружена также исследованием В. Л. Татко, выполненным в нашей лаборатории.

Иллюзии восприятия или, напротив, отсутствие последних нередко связаны с такой особенностью восприятия, как социальная и экологическая опосредованность. Так, оценка роста одного и того же человека, представленного в одном из американских колледжей разным группам студентов последовательно как студента, ассистента и профессора, существенно различалась. По мере увеличения должности возрастал и субъективно воспринимаемый рост человека.

Пример другого рода показывает, что онтогенетическое отсутствие какой-либо характеристики восприятия приводит к исчезновению типичных для человеческого восприятия иллюзий. Так, например, у представителей отдельных племен Африки отсутствует иллюзия вертикальности — им никогда не приходилось видеть зданий и т. п.

В результате при восприятии зданий, например, они не учтывают перспективы и кажущееся сужение здания сверху оценивают как реальное [Рок, 1980]. У вьетнамцев, как правило, абсолютный слух, так как их язык — тональный. Жизнь в среде музыкального языка определенным образом перестраивает и слуховое восприятие [Леонтьев, 1981].

Свойство опосредованности восприятия демонстрирует, кроме того, важность межмодального взаимодействия в осуществлении активного отражения объектов внешней среды. При этом межмодальное взаимодействие в процессе восприятия подразумевает включение широкого спектра афферентных систем и двигательного компонента как условий эффективного и адаптивного правильного отражения объективного мира [Лурия, 1970].

Одной из специфических характеристик восприятия является его константность. Константность восприятия легко проиллюстрировать на том факте, что, например, человека на расстоянии 1 м и на расстоянии 1 км мы, несмотря на разницу видимых размеров объектов наблюдения, видим в обоих случаях как обычного человека, а не как человека обычных размеров в одном случае и очень маленького — в другом. Причина этого явления заключена в осмысленности человеческого восприятия [Выготский, 1960]. В этом плане свойство константности наглядно демонстрируют попытки начинающих фотографов отснять кадр с отчетливо видимыми (в силу свойства константности) деталями, которые затем на фотографии оказываются исчезающе малы. Еще одним из проявлений константности человеческого восприятия, имеющим отношение и к рассмотренной выше «конгруэнтной» иллюзии, является иллюзия «Луны у горизонта». Характерно, что влияние установки на большую удаленность объекта на-

блюдения, находящегося у горизонта, столь велико, что указанная иллюзия отмечается и при рассмотрении фотографий [Кауфман, Рок, 1974].

Таковы наиболее важные характеристики восприятия как феномена, являющегося предметом психологии.

Для настоящего исследования наибольший интерес имеют представления психологии о структуре и механизмах восприятия.

В этом плане нельзя не отметить, что в изучении функции восприятия важное и самостоятельное значение имеют психофизические исследования. Именно психофизика как область применения количественных методов в психологии в значительной мере «положила начало научному анализу исходной и элементарной форм психического отражения — ощущения» [Ломов, 1974, с. 5].

Успехи психофизического изучения функции восприятия оказали значительное влияние на развитие психологии вообще и конкретно-психологических исследований (например, инженерной и экспериментальной психологии) в частности. В настоящем обзоре мы не будем рассматривать теоретический и методический базисы классической и современной психофизики, например принципы дискретности и непрерывности сенсорного процесса, получившие широкое освещение в литературе со времен Г. Фехнера до наших дней [Fechner, 1860; Thurstone, 1927; Blackwell, 1953; Stevens, 1957; Atkinson, 1963; Luce, 1963; Corso, 1963; Tanner, 1964; Green, Swets, 1966; Бардин, 1976; Забродин, 1976].

Заметим, однако, что ведущее положение в современной психофизике в последние два десятилетия занимает статистическая теория обнаружения сигнала.

В отличие от классической психофизики теория обнаружения постулировала, что восприятие определяется двумя независимыми факторами: фактором сенсорной чувствительности и критерием принятия решения.

В первоначальном, каноническом виде теория обнаружения сигнала была разработана в статистической радиотехнике для описания процесса выделения сигнала из шума. В качестве необходимого условия ее приложимости к обнаружению сигнала данная теория исходит из положения, что шумовой процесс стационарен и отвечает нормальному закону распределения.

Для построения модели восприятия с точки зрения теорий обнаружения было введено понятие внутреннего шума системы. Отметим, что факт наличия сенсорного шума в нервной системе был показан еще Г. Гельмгольцем [Helmholtz, 1896]. В конкретном случае теории обнаружения предполагалось, что шум отвечает нормальному закону и аддитивен (т. е. может быть изображен в одних координатах) с внешним воздействием [Thurstone, 1927, 1948]. Дальнейшее развитие этот подход получил в работах В. Таннера, Дж. Светса, Д. Грина и Т. Бердсолла [Tanner, Swets, 1954; Светс и др., 1964; Green, Swets, 1966]. Авторы постулировали, что сигнал всегда наблюдается на фоне шума.

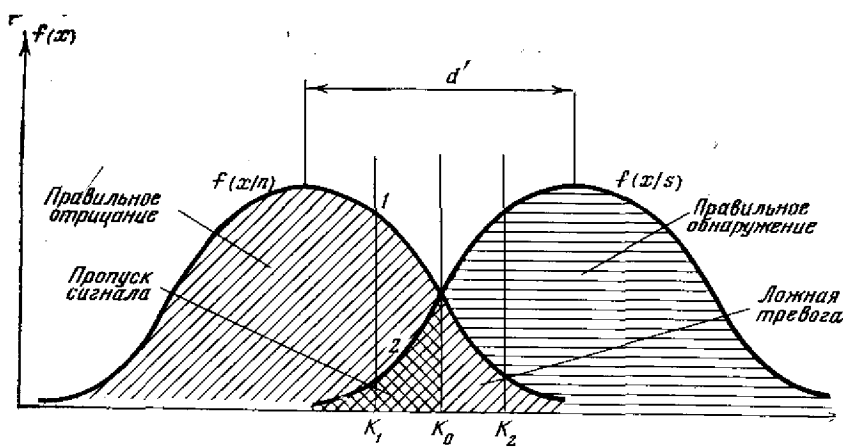


Рис. 3. Распределение сигнала и шума
Ордината $f(x)$ — плотность вероятности; абсцисса x — величина сенсорного эффекта; $f(x/n)$ — распределение шума; $f(x/s)$ — распределение сигнала

Из рис. 3 видно, однако, что в случае, если распределения перекрывают друг друга, сенсорный эффект, вызванный только сигналом или только шумом, может быть одинаков (рис. 3, точки 1, 2). Следовательно, в этой ситуации выбор испытуемым оценки наличия или отсутствия сигнала равновероятен и для испытуемого равнозначен случайному угадыванию. Если же испытуемый при оценке интенсивности сигнала примет решение считать сигналом любой отклик правее точек 1 и 2, то он таким образом выберет критерий принятия решения о наличии сигнала. В такой ситуации принадлежность ответа распределению $f(x/s)$ влечет за собой правильное обнаружение сигнала, распределению $f(x/n)$ — ложную тревогу. Соответственно в случае отклика, расположенного левее точек 1 и 2, любой отклик для испытуемого означает отсутствие сигнала, но его идентификация как относящегося к распределению $f(x/n)$ означает правильное отрицание, распределению $f(x/s)$ — пропуск сигнала. Таким образом, несмотря на то, что испытуемый дает только два типа ответа: «да» или «нет» — установление критерия принятия решения порождает четыре возможных экспериментальных исхода:

1. $Y(s)$ — правильное обнаружение,
2. $Y(n)$ — ложная тревога,
3. $N(n)$ — правильное отрицание (покой),
4. $N(s)$ — пропуск сигнала.

Знание количественного соотношения всех возможных ответов наблюдателя позволяет вычислить вероятности правильного обнаружения $P(y/s)$, ложной тревоги $P(y/n)$, пропуска сигнала $P(n/s)$ и правильного отрицания $P(n/n)$. Знание этих вероятностей, в свою очередь, позволяет вычислить психофизические показатели чувствительности d' , [Green, Swets, 1966] и критерия принятия решения [Бардин, 1976].

Из рис. 3 видно, что выбор испытуемым значения критерия K_1 повышает вероятность ложных тревог, одновременно увеличивая и вероятность правильных обнаружений.

Критерий K_2 , как видно из рисунка, уменьшает вероятность ложных тревог, но увеличивает вероятность пропуска сигнала. Значение критерия принятия решения, равное K_0 , обеспечивает равную вероятность ложной тревоги и пропуска сигнала. Такой критерий иногда называется оптимальным.

Значение K_1 соответствует либеральному (или решительно-му) критерию, K_2 — строгому (или осторожному).

В принципе оптимальность критерия принятия решения — понятие достаточно условное. Если задача наблюдателя состоит в том, чтобы избежать ошибок одного какого-то типа, очевидно, оптимальным критерием в данном случае будет тот, который минимизирует «опасные» ошибки. В результате испытуемый будет сдвигать критерий в зависимости от задачи обнаружения. При этом величина чувствительности от сдвига критерия не зависит.

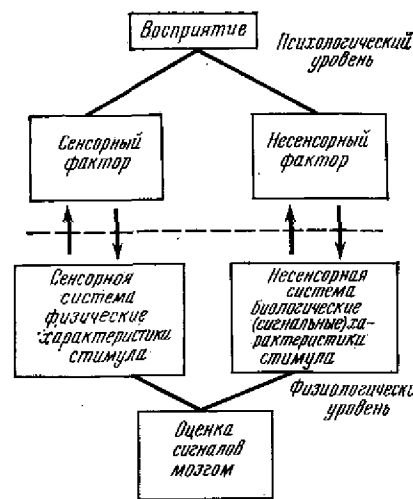


Рис. 4. Изоморфизм двух концепций: концепции информационного синтеза и теории обнаружения сигнала, описывающих на уровне физиологии и психологии процессы переработки стимульной информации

Эти процессы в обоих случаях рассматривали как результат взаимодействия сенсорного и несенсорного факторов

Узкое место теории, касающееся нестационарности и характера распределения шума (если распределение вообще существует), было обойдено предположением о том, что наблюдатель имеет дело с внешним шумом («белым» по определению).

Таким образом, как и в теории обнаружения, разработанной для целей радиолокации, оказалось возможным представить механизм выделения сигнала из шума в виде следующей схемы (см. рис. 3).

Распределение шума представлено на рисунке кривой $f(x/n)$. Поскольку величина шума может непрерывно меняться, то и распределение сигнала на оси сенсорного эффекта может быть представлено аналогичным распределением $f(x/s)$. Расстояние между математическими ожиданиями распределений d' , зависящее от отношения сигнал/шум, эквивалентно чувствительности системы.

К этой очень важной особенности теории обнаружения мы еще вернемся.

В контексте данной работы необходимо отметить тот факт, что само по себе понятие критерия, так как оно определяется в теории обнаружения сигнала, является конкретным, реальным проявлением деятельности субъекта при восприятии как психологической категории. Действительно, выбор испытуемым какого-либо определенного критерия в зависимости от экспериментальной задачи и собственной психологической установки на выделение в экспериментальной ситуации тех или иных признаков в значительной мере отражает активность, направленность процесса восприятия. При этом теория обнаружения сигнала дает возможность количественного определения внесенсорной переменной восприятия.

В этом плане особого внимания заслуживает такой вид ответной реакции испытуемого, как ложная тревога, или ложное обнаружение, так как в этом случае испытуемый сообщает о наличии сигнала в отсутствие последнего. Следовательно, реакция ложной тревоги «в чистом виде» сигнализирует о мотивации испытуемого. Это обстоятельство позволяет использовать уровень ложных тревог как количественную меру несенсорной переменной восприятия, т. е. критерия принятия решения [Бардин, 1976].

Такова в общих чертах суть теории обнаружения. Необходимо сказать, что, несмотря на некоторую условность вводных посылок авторов теории, экспериментальная проверка приложимости теории обнаружения к реальным экспериментам по выделению сигнала из шума во многом подтвердила правомерность применения этой теории к психофизическим исследованиям.

В настоящее время теория обнаружения получила широкое распространение в различных областях исследования функций человеческого мозга. Прежде всего, необходимо отметить продуктивность анализа сенсорных процессов с позиций теории обнаружения при изучении функции восприятия в норме и при психической патологии [Clark, Mehl, 1971; Иваницкий, 1976]. Именно в этом аспекте положения, сформулированные В. Таннером и Дж. Светсом [Таппер, Swets, 1954], получили наибольшее развитие и в теоретическом плане [Соколов, 1964; Broadbent, 1971; Strohm, 1971; Михалевская, 1972; Kopp, Livermorff, 1973; Paul, Sutton, 1973; Welford, 1973; Бардин, 1974, 1976; Milosevič, 1975; Индлин, 1977; Леонов, 1977; Забродин, 1977, 1982].

Важнейшей особенностью теории обнаружения сигнала является положение об относительной независимости друг от друга чувствительности и критерия решения. Таким образом, анализ экспериментального материала с позиций теории обнаружения дает возможность получить сведения как о сенсорной чувствительности человека-наблюдателя, так и о его мотивах или установке на выделение определенных характеристик сигнала. Следовательно, теория обнаружения сигнала не только показывает, что результат восприятия определяется двумя независи-

ми факторами: сенсорным и несенсорным, но и дает исследователю метод, который позволяет в каждом отдельном случае определить вклад двух факторов восприятия. При этом теория обнаружения, предлагающая нам модель взаимодействия оценочных функций воспринимающего субъекта и объективных параметров воспринимаемой информации, дает, кроме того, и количественную меру этих переменных: показателя сенсорной чувствительности и критерия принятия решения.

Конечно, теория обнаружения сигнала, как и всякая другая теоретическая концепция, имеет известные ограничения.

Так, в действительности внутренний шум сенсорной системы человека, скорее всего, не является стационарным процессом, отвечающим нормальному закону. Видимо, в лучшем случае он может быть представлен рядом распределений, зависящих как от функционального состояния субъекта, так и от анализатора, которому адресована информация [Бардин, 1976].

Кроме того, теория обнаружения в каноническом виде была разработана без учета флюктуаций следа о воспринятом сигнале [Индлин, 1981]. Подвергалось известной критике и положение о полностью независимом характере обоих факторов восприятия: сенсорного и несенсорного [Забродин, 1982]. Взаимосвязанные изменения этих факторов были отмечены, в частности, при шизофрении, а также очаговом поражении мозга [Лурья, 1974; Поляков, 1974; Иваницкий, 1976; Соколова, 1976].

Следует, однако, подчеркнуть, что связь между двумя факторами восприятия не опровергает ни наличия этих двух факторов, ни возможности их количественной оценки, т. е. не затрагивает наиболее важные положения теории обнаружения сигнала.

Для целей настоящего исследования самым существенным представляется следующее. Основные идеи теории обнаружения сигнала весьма близки к концепции информационного синтеза, рассмотренной в предыдущей главе. Обе теоретические концепции, одна из которых относится к области психологии, а другая к области физиологии, рассматривают процесс обработки стимульной информации как результат взаимодействия двух относительно независимых факторов: сенсорного и несенсорного, т. е. связанного с мотивацией и эмоциями. При этом физиологическая концепция описывает мозговые процессы, вызванные действием стимула, с точки зрения последовательного вовлечения в функцию различных мозговых структур, движения процессов возбуждения от одного нервного центра к другому. На этой основе проводится анализ информационных процессов мозга, т. е. того, какая информация закодирована в нервных импульсах, которыми обмениваются нервные структуры, как стимульная информация «обогащается» в процессе обработки с участием прошлого опыта о значимости ее для данного индивидуума и как на основании синтеза этой информации осуществляется комплексная оценка сигналов, на базе которой формируется адаптивный поведенческий акт.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СЕНСОРНО-ПЕРЦЕПТИВНОГО ПРОЦЕССА

Психологическая теория в отличие от этого рассматривает закономерность психических процессов, связанных с обработкой той же стимульной информации. Она, таким образом, имеет дело не с мозговыми процессами или нервными структурами, а с субъективными переживаниями, т. е. ощущением и его оценкой. Естественно, что обе эти концепции построены на данных, полученных совершенно различными методами, и имеют различные теоретические предпосылки в виде знания о закономерностях мозговой деятельности или психических функций. Но тем более знаменательно, что эти две концепции обладают выраженным изоморфизмом, т. е. сходным образом описывают процессы на двух разных уровнях: физиологическом и психологическом. Это сходство проявляется в том, что оценка сигналов рассматривается как двухкомпонентный процесс, включающий сенсорную и несенсорную составляющие, причем последовательное включение этих факторов в функцию восприятия принципиально одинаково. Таким образом, одинаковые термины занимают в структуре обеих концепций как бы «аналогичные места».

Во введении уже говорилось о том, что явления, относящиеся к различным уровням интеграции, но связанные между собой как код и информация, передаваемая этим кодом, обладают определенным единством организации. На основе этого делался вывод, что единство организации является тем определяющим фактором, который указывает, какие феномены двух наук следует сопоставлять между собой, чтобы изучить функциональную связь между ними.

Поэтому вполне логично предположить, что концепция информационного синтеза и теория обнаружения сигнала, обладающие столь выраженным изоморфизмом, действительно описывают на двух уровнях тесно связанные между собой явления, а именно мозговые процессы и психические феномены, возникающие на базе этих соответствующим образом организованных мозговых процессов. То, что в качестве физиологической теории при этом использована концепция, основанная на анализе информационного содержания мозговых процессов, очевидно, способствовало описанному выше изоморфизму (см. рис. 4).

Следовательно, в данном случае может быть использована схема эксперимента, описанная в конце гл. I. Там говорилось о том, что в случае совпадения теорий двух наук создается условие для проведения исследований, включающих регистрацию и анализ явлений, развертывающихся на двух уровнях с последующим сопоставлением их между собой. Там же приводились доводы в пользу того, что такое параллельное исследование является одним из перспективных подходов к решению проблемы соотношения мозговых процессов и психической деятельности применительно к данному конкретному изучаемому феномену, например изучению мозговых механизмов восприятия.

Дальнейшие три главы посвящены изложению результатов этих экспериментов.

В соответствии с общим замыслом работы было проведено исследование, в котором сопоставлялись физиологические и психологические показатели обработки стимульной информации. В качестве первых использовались вызванные потенциалы мозга, в качестве вторых — два перцептивных индекса, описываемых теорией обнаружения сигнала: показатель сенсорной чувствительности и показатель критерия.

Для решения поставленной задачи необходимо было найти форму эксперимента, в которой как физиологические, так и психологические показатели регистрировались бы на одних и те же стимулы. При этом приходилось учитывать два обстоятельства, одно из которых облегчало, а другое затрудняло постановку исследований. Фактором, благоприятствующим проведению таких исследований, являлось то, что теория обнаружения сигнала описывает сенсорно-перцептивный процесс как статистическую закономерность, проявляющуюся на фоне «сенсорного шума» с определенной, хотя и точно измеряемой вероятностью на основании предъявления достаточно большого числа проб. В то же время выделение вызванного потенциала из «электрофизиологических шумов» также требует суммирования ответа на достаточно большое число стимулов. Вызванный потенциал в этом случае может рассматриваться как усредненный физиологический коррелят сенсорно-перцептивного процесса, описываемого с другой, «психологической» стороны определенными психофизическими характеристиками.

При постановке подобных исследований приходится, однако, учитывать одну специфическую трудность. Дело в том, что анализ удельного веса каждого из двух факторов обнаружения может быть эффективно проведен лишь в отношении слабых сигналов, примыкающих к пороговой области. В то же время запись вызванного потенциала с регистрацией всех его компонентов, включая ранние, требует применения достаточно интенсивных стимулов. Для преодоления этого противоречия нами был избран метод дифференциальных порогов. Испытуемый должен был сравнивать два следующих друг за другом сверхпороговых стимула, незначительно различающихся по своей интенсивности, и фиксировать, «обнаруживать» разницу между ними. Всего было проведено три отдельных исследования. Два из них проводились при регистрации ВП только от проекционной зоны: первое — соматосенсорного анализатора [Иваницкий, Стрелец,

1976; Ivanitsky, Strelets, 1977], второе — зрительного анализатора [Иваницкий, Матвеева, 1976]. Третий эксперимент был также проведен на соматосенсорном анализаторе, однако ВП регистрировались уже не только от проекционной зоны данного анализатора, но также и от трех других областей мозга [Иваницкий, Стрелец, 1981].

1. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ СОМАТОСЕНСОРНОГО ВЫЗВАННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЕКЦИОННОЙ ЗОНЫ КОРЫ И ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПЕРЦЕПЦИИ

Исследование было проведено на 10 здоровых испытуемых (возраст 20–40 лет). Раздражающие электроды помещались на переднюю поверхность предплечья левой руки (у запястья). Использовались пары прямоугольных стимулов, каждый продолжительностью 0,1 мс, с интервалом 500 мс.

Первый стимул, использованный в качестве эталона, всегда имел одинаковую интенсивность: на 20 В выше (в среднем около 4 мА) индивидуального порога, который варьировал у различных испытуемых от 35 до 50 В (7–10 мА) со средним значением 45 В (9 мА). Данная интенсивность раздражения была достаточной для удовлетворительной регистрации вызванных потенциалов со всеми компонентами. В то же время при такой силе раздражения испытуемые ощущали лишь слабое покалывание без неприятных или тем более болезненных ощущений. Первый и второй стимулы были одинаковы по интенсивности в 50% случаев. В других 50% второй стимул был сильнее, чем первый. Разница между ними была несколько выше дифференциального порога и обычно составляла 10–15 В (около 2–3 мА), что обеспечивало правильность обнаружения приблизительно в 60% предъявлений. Абсолютный и дифференциальный пороги определялись перед началом основного эксперимента в тренировочной серии. Пары стимулов равной и различной интенсивности предъявлялись в случайном порядке. Обнаружив разницу между стимулами, принимаемую в данном исследовании за сигнал, испытуемый должен был нажать кнопку правой рукой. При этом возможны четыре результата выполнения испытуемым задания, т. е. исходы эксперимента, описываемые теорией обнаружения сигнала, были таковы: правильное обнаружение пары разных стимулов, пропуск сигнала (разные стимулы испытуемый принимал за одинаковые), ложная тревога (равные стимулы воспринимались как разные) и правильное отрицание, или покой (одинаковые стимулы правильно воспринимались как равные по интенсивности).

По исходам эксперимента определялись вероятность правильных обнаружений и вероятность ложных тревог, которые

подсчитывались сначала в процентах, а затем в единицах стандартного отклонения (шкала Z). Согласно теории обнаружения сигнала ложные тревоги отражают несенсорные факторы восприятия, реализующиеся через показатель критерия решения (Z ложн. тр.). Показатель сенсорной чувствительности d' определялся на основании разницы между вероятностью правильных обнаружений и ложных тревог. Эти перцептивные показатели испытуемого затем сопоставлялись с параметрами ВП.

Каждый испытуемый исследовался в трех экспериментальных сериях, содержащих 128 пар стимулов каждая. В первой серии за правильный и неправильный ответ присуждали одинаковое «вознаграждение» или «штраф» в очках, т. е. использовалась симметричная платежная матрица. Во второй и третьей сериях у испытуемого создавали доминирующую мотивацию к предпочтительному обнаружению разницы между стимулами или, наоборот, к обнаружению идентичности стимулов. Таким путем достигался сдвиг критерия, а в части случаев и изменение сенсорной чувствительности. Доминирующую мотивацию создавали с помощью асимметричных платежных матриц, когда испытуемый, например, получал за правильное обнаружение разницы три очка, а за правильное обнаружение пары одинаковых стимулов — только одно очко (вторая серия). В этих условиях испытуемому было выгодно не пропустить разницы между стимулами даже путем увеличения числа ложных обнаружений или, используя термин психофизики, ложных тревог. В третьей серии, напротив, максимальное вознаграждение присуждали за правильную реакцию на идентичные стимулы. В этих условиях испытуемому было выгодно констатировать разницу только в тех случаях, когда он был уверен, что разница действительно есть. Число ложных тревог в этой серии было минимальным.

ВП записывались только на первый стимул, поскольку ответ на второй стимул был несколько искажен развитием условной негативной волны (УНВ). Записывающие электроды помещались над соматосенсорной проекционной областью на 7 см ниже саггитальной линии и на 2 см позади наружного слухового прохода справа, т. е. контрлатерально стимулируемой руке, и на мочке правого уха (референциальное отведение). После предварительного усиления (частотная полоса 0,5–1000 Гц) ВП усреднялись с помощью специализированной ЭВМ — цифрового накопителя «Сигма» на 1000 каналов. Электрокортикальная активность анализировалась за период 600, 100 мс до и 500 мс после стимула. Каждый усредненный ответ был суммой 128 индивидуальных потенциалов соответственно числу пар стимулов в каждой серии.

Для сопоставления параметров ВП и психофизических показателей обнаружения мы использовали два метода. Во-первых, подсчитывались коэффициенты корреляции между амплитудой и латентностью всех волн ВП и психофизическими индексами d' и Z ложн. тр. у 10 испытуемых в каждой из трех серий, а затем

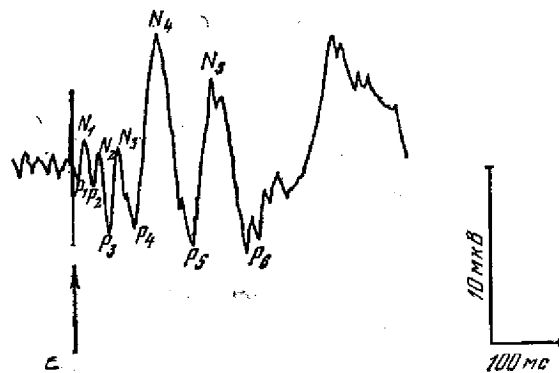


Рис. 5. Усредненный соматосенсорный вызванный потенциал одного из испытуемых

Стрелка — момент нанесения стимула

эти коэффициенты усреднялись по трем сериям (межиндивидуальный коэффициент корреляции). Второй метод включал сопоставление между изменениями в амплитуде компонента ВП и соответствующим изменением психофизических показателей от серии к серии у одного и того же испытуемого (внутрииндивидуальный способ подсчета коэффициентов корреляции) с усреднением коэффициентов по всей группе испытуемых. Поскольку количество серий было малым, мы использовали метод ранговых корреляций [Урбах, 1975]. Средние параметры вызванного потенциала, полученные в первой («нейтральной») серии, представлены в табл. 1.

Рис. 5 иллюстрирует индивидуальный ответ. На рис. 6 а, б показаны численные значения двух факторов обнаружения, а также усредненные вызванные потенциалы, полученные в каждой из трех серий. Показатели обнаружения представлены в форме рабочей характеристики приемника (РХП). РХП отражает зависимость вероятности обнаружения, откладываемой по

ТАБЛИЦА 1
СРЕДНИЕ ПАРАМЕТРЫ СОМАТОСЕНСОРНОГО ВП (СЕРИЯ I, 10 ИСПЫТУЕМЫХ)

Компонент		N ₁	P ₂	N ₂	P ₃	N ₃	P ₄	N ₄	P ₅	N ₅	P ₆
ЛП, мс	Средние значения	17,5	28,5	38,5	51,5	63,0	88,5	137,1	195,4	233,5	308,2
	Средние ошибки	1,7	1,3	1,1	1,7	1,7	4,3	4,7	7,8	7,8	4,8
Амплитуда, мкВ	Средние значения	1,0	0,6	0,8	1,4	0,3	2,0	5,5	0,7	2,7	2,2
	Средние ошибки	0,4	0,2	0,1	0,3	0,6	0,7	1,0	0,6	0,8	1,1

оси ординат, от вероятности ложных тревог (ось абсцисс). Смещение точек РХП параллельно диагонали квадрата (линия случайного обнаружения) соответствует смещению критерия при неизменной сенсорной чувствительности. Вертикальные сдвиги точек по отношению к этой прямой означают изменения сенсорной чувствительности. Из рис. 6 видно, что введение дополнительной мотивации вызывало в сериях II и III адекватное платёжной матрице изменение числа ложных тревог, т. е. сдвиг критерия наблюдателя. Кроме того, сенсорная чувствительность в сериях II и III была несколько выше, чем в серии I. На рис. 7 показаны индивидуальные ВП в трех экспериментальных сериях и характеристики психофизических показателей.

Следует отметить, что вычисление корреляций между латентностью компонентов ВП и психофизическими индексами перцепции не выявило статистически значимых результатов ни по одному из применявшихся способов, в связи с чем в дальнейшем будут описаны лишь результаты корреляций между величиной перцептивных индексов и амплитудой компонентов ВП.

Корреляция между амплитудой волн ВП и психофизическими показателями при вычислении межиндивидуальных коэффициентов корреляции

Результаты, полученные при вычислении межиндивидуальных коэффициентов, представлены в табл. 2.

Только одна корреляция оказалась статистически значимой: корреляция между амплитудой волны N₄ и показателем критерия решения. Другими, относительно высокими, хотя и незначимыми были: положительная корреляция между амплитудой волны P₂ и обоими перцептивными факторами, положительная корреляция между амплитудой волны P₄ и d', отрицательная корреляция между некоторыми ранними и поздними компонентами и d' и положительная корреляция между волной P₂ и волнами P₅ и P₆ с показателем критерия решения.

ТАБЛИЦА 2
КОЭФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ АМПЛИТУДОЙ КОМПОНЕНТОВ ВП И ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ИНДЕКСАМИ (МЕЖИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОЭФИЦИЕНТЫ)

Компонент	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃	N ₃	P ₄	N ₄	P ₅	N ₅	P ₆
Индекс сенсорной чувствительности	0,08	-0,28	-0,24	0,24	-0,28	0,28	-0,24	0,31	0,21	0,17
Индекс критерия решения ложн. тр.	0,12	0,21	-0,01	0,28	-0,14	0,05	0,44*	0,27	0,06	0,22

* Значимо при $p < 0,05$.

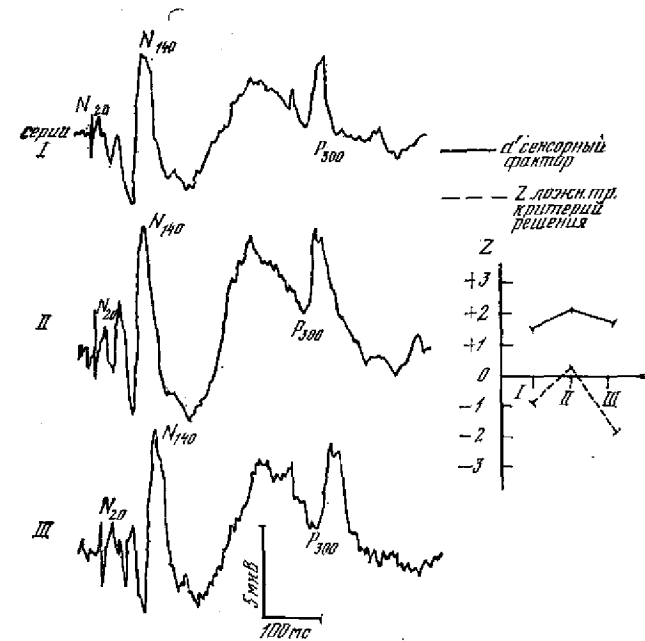
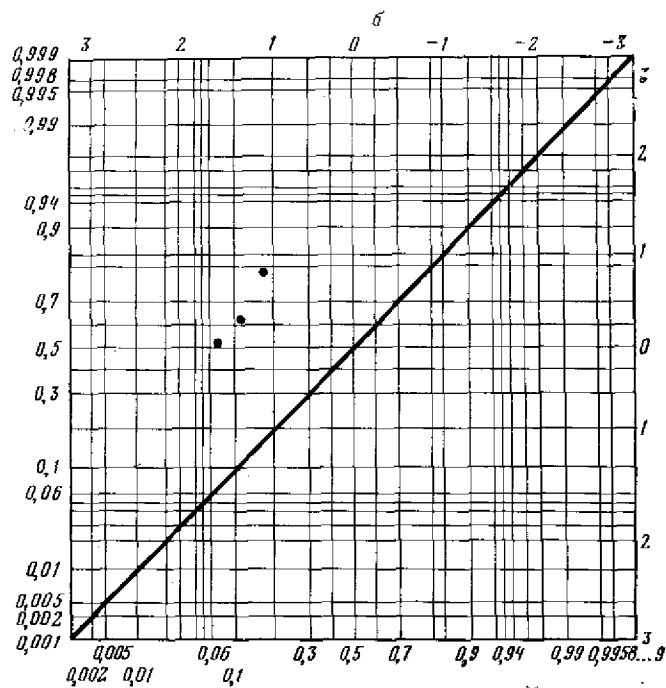
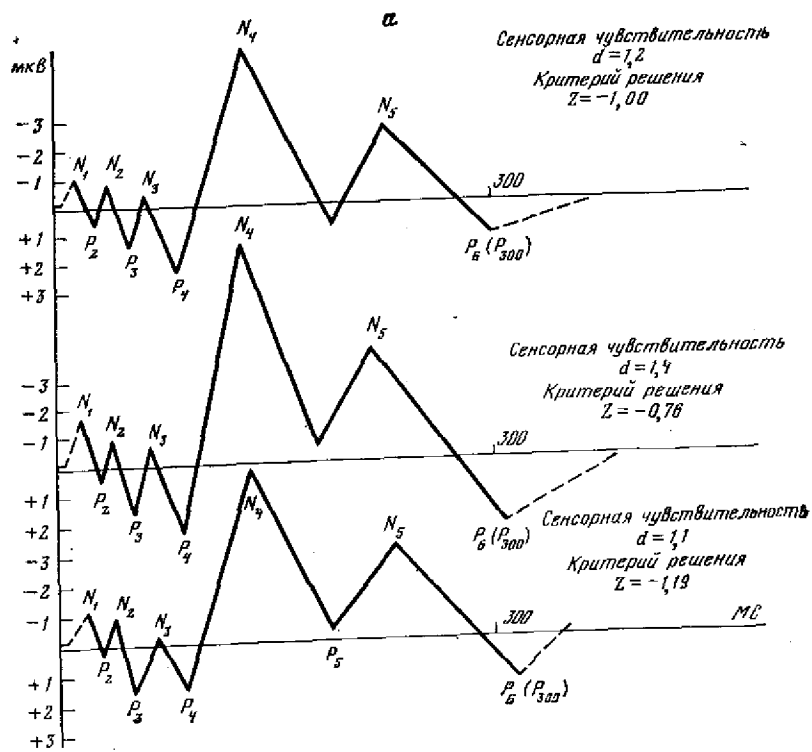


Рис. 7. Соматосенсорные вызванные потенциалы одного из испытуемых (слева) и численные характеристики двух психофизических индексов перцепции (справа) в трех экспериментальных сериях

Увеличение показателя сенсорной чувствительности во II серии сопровождается повышением амплитуды начальной отрицательной волны N_2 ; увеличение показателя критерия решения — повышением амплитуды поздних компонентов ВП; уменьшение этих показателей вызывает обратные отношения

Корреляция между изменениями амплитуды компонентов и соответствующими изменениями психофизических характеристик от серии к серии (внутрииндивидуальные коэффициенты корреляции)

Известно, что параметры ВП обнаруживают значительную интериндивидуальную вариабельность. Эта вариабельность зависит от многих факторов, включая те, которые связаны с восприятием, такие, например, как топография корковых полей или толщина кости и кожных покровов и т. д. Эти факторы могут в известной мере искажать корреляции между физиологическими и психофизическими показателями; особенно это относит-

Рис. 6. Соматосенсорные вызванные потенциалы и психофизические характеристики восприятия в трех экспериментальных сериях

α — усредненные для группы здоровых испытуемых соматосенсорные вызванные потенциалы в трех экспериментальных сериях, абсцисса — время от момента предъявления стимула (мс); ордината — амплитуда (мкВ); β — рабочая характеристика приемника (РХП) в этих трех сериях (средние данные по 10 испытуемым), абсцисса — вероятность ложных тревог, ордината — вероятность обнаружения

ся к первым волнам ответа в связи с тем, что они имеют малую амплитуду. Более точным способом исследования психофизиологических корреляций является сравнение компонентов ВП с психофизическими индексами в различных экспериментальных сериях у одного и того же испытуемого. Результаты, полученные этим способом, представлены в табл. 3.

Как видно из таблицы, при таком способе подсчета корреляций обнаружены три статистически значимых корреляции.

Высокая положительная корреляция была выявлена между волной N_1 и индексом сенсорной чувствительности d' (0,61); коэффициент корреляции между волной N_1 и индексом d' был равен 0,47, а между волной P_6 и показателем критерия решения равен 0,42.

Данные, полученные с помощью двух используемых методов суммирования, дали следующие результаты (рис. 8). Амплитуда наиболее ранней негативной волны N_1 (пиковая латентность 20 мс) коррелировала с психофизическим индексом сенсорной чувствительности (по обоим из использованных способов), а амплитуда поздней позитивной волны P_6 (пиковая латентность 300 мс) — с показателем критерия наблюдателя (по способу подсчета внутрииндивидуальных коэффициентов корреляции). Амплитуда промежуточной негативной волны N_4 с пиковой латентностью 140 мс значимо коррелировала с обоими психофизическими индексами (с одним индексом по межиндивидуальному, а с другим — по внутрииндивидуальному). Коэффициенты корреляции были также усреднены для 5 негативных и 5 позитивных волн (табл. 4).

Интересно, что негативные волны выявили в среднем более высокую корреляцию с индексом сенсорной чувствительности, а позитивные — с индексом критерия решения.

На рис. 9 схематически представлены связи между перцептивными характеристиками и амплитудой компонентов соматосенсорного ВП. Ранняя волна N_1 коррелирует с индексом сенсорной чувствительности, а поздняя волна P_6 — с индексом кри-

ТАБЛИЦА 3
КОЭФФИЦИЕНТЫ РАНГОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ АМПЛИТУДЫ КОМПОНЕНТОВ ВП И ИЗМЕНЕНИЯМИ ПСИХОФИЗИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ (ВНУТРИИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ)

Компонент	N_1	P_2	N_2	P_2	N_3	P_4	N_4	P_5	N_5	P_6
Индекс сенсорной чувствительности d'	0,61*	-0,03	-0,07	0,26	-0,03	0,15	0,47*	-0,05	0,27	0,05
Индекс критерия решения Z ложн. тр.	0,25	0,32	-0,06	0,16	0,12	0,29	0,05	0,06	-0,06	0,42*

* Значимо при $p < 0,05$.

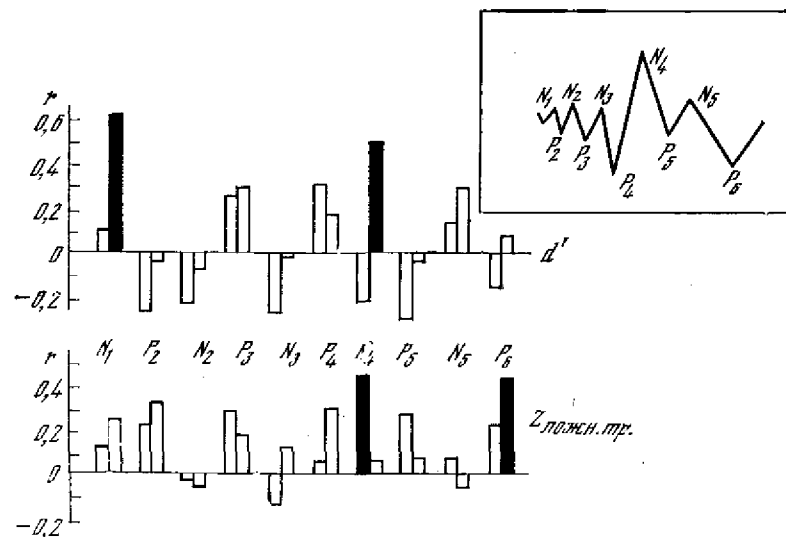


Рис. 8. Коэффициенты корреляции между амплитудой 10 компонентов соматосенсорного ВП и двумя перцептивными индексами, показателем сенсорной чувствительности d' (вверху) и критерия решения (внизу)

Первый столбик в паре — межиндивидуальный, второй — внутрииндивидуальный коэффициенты корреляции; черным выделены статистически значимые коэффициенты. Вверху справа — соматосенсорный вызванный потенциал (средние данные по 10 испытуемым)

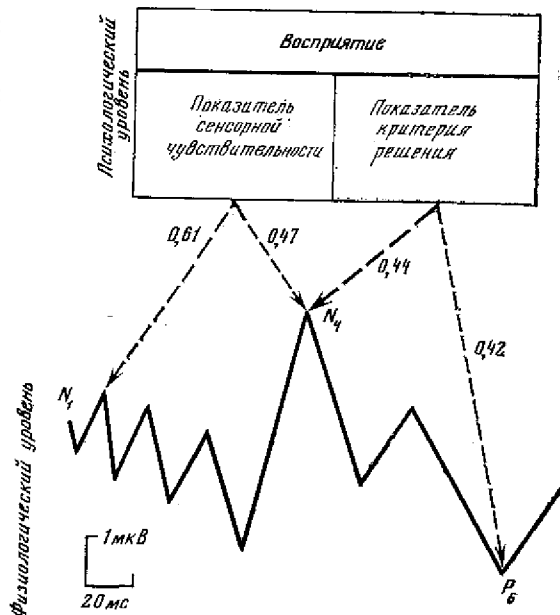


Рис. 9. Схематическое изображение связей между перцептивными характеристиками и амплитудой компонентов соматосенсорного ВП

Начальная волна N_1 (пиковая латентность 20 мс) коррелирует с индексом сенсорной чувствительности; поздняя волна P_6 (пиковая латентность 300 мс) коррелирует с критерием решения. Волна N_4 (пиковая латентность 140 мс) обнаруживает значимые корреляции с обоими перцептивными индексами

ТАБЛИЦА 4
УСРЕДНЕННЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ АМПЛИТУДОЙ
КОМПОНЕНТОВ ВП И ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ИНДЕКСАМИ ДЛЯ 5 НЕГАТИВНЫХ
И 5 ПОЗИТИВНЫХ ВОЛН

Психофизический показатель	Негативные волны	Позитивные волны	Соотношение между корреляциями для негативных и позитивных волн
Индекс сенсорной чувствительности d'	0,25	0,07	3,6
Индекс принятия решения Z ложн. тр.	0,08	0,25	0,32

терия решения. Волна N_4 обнаруживает значимые корреляции с обоими психофизическими индексами.

Результаты, полученные с помощью двух методов, дополняют один другого, хотя они относятся к слегка различным аспектам взаимосвязей между параметрами ВП и восприятием. Первый (подсчет межиндивидуальных коэффициентов) основывается на психофизических корреляциях, полученных у различных испытуемых, и корреляции, полученные таким способом, прежде всего отвечают на вопрос, в какой мере параметры вызванных потенциалов могут быть использованы для характеристики индивидуальных особенностей перцепции. С этой точки зрения наибольший интерес представляет значимая корреляция между амплитудой волны N_4 и показателем критерия решения, которая указывает, что для лиц, имеющих более высокую амплитуду этой волны, характерен и более высокий уровень ложных тревог, тогда как лица, имеющие низкую амплитуду, склонны к «тактике осторожности». Данные о положительной связи этой волны с несенсорным фактором обнаружения хорошо согласуются с ранее полученными данными, показывающими, что волна N_4 , так же как волна P_6 , связана со значимостью (релевантностью) стимула и селективным вниманием [Стрелец, Шумская, 1975]. Интересно, что волна P_6 при подсчете межиндивидуальных коэффициентов также обнаруживала высокую, хотя и незначимую корреляцию с показателем критерия решения. Из числа других корреляций, не достигших уровня значимости, можно отметить корреляцию волны P_6 с обоими факторами обнаружения. Эта волна, имеющая латентность около 50 мс, некоторыми авторами рассматривается как аналог ассоциативного ответа.

Весьма важные данные были получены с помощью второго метода (подсчета внутрииндивидуальных корреляций), основанного на анализе соответствующих изменений физиологических и перцептивных характеристик у одного и того же испытуемого, при котором исключаются возможные искажения, связанные с экстрацеребральными факторами.

Этот метод позволил получить два факта, непосредственно указывающих на внутреннюю связь положений концепции информационного синтеза и теории обнаружения сигнала. Это, во-первых, высокая корреляция между самым ранним компонентом N_1 и индексом сенсорной чувствительности и, во-вторых, корреляция между самой поздней волной P_6 и критерием наблюдателя. Как уже отмечалось, волна N_1 может рассматриваться как аналог первичного ответа у животных [Allison et al., 1974]. Корреляция этой волны с первым индексом перцепции может указывать на то, что процессы, происходящие в специфической сенсорной системе, являются физиологической основой перцептивного показателя, который связан с интенсивностью стимула и сенсорными свойствами испытуемого.

Данные о связи между волной P_6 (P_{300}) и критерием решения также представляют интерес. Известно, что волна P_{300} является коррелятом перцептивного решения и разрешения неопределенности [Ritter, Vaughan, 1969; Sutton, 1969; Paul, Sutton, 1972; Squires et al., 1975]. Эти психологические переменные по своему внутреннему смыслу очень сходны с представлениями современной психофизики о факторах, определяющих положения, вкладываемые в понятие критерия решения.

Таким образом, полученные результаты могут рассматриваться как подтверждение общей концепции о том, что ранние компоненты связаны с сенсорной информацией и отражают преимущественно объективные, физические параметры стимула, тогда как поздние компоненты отражают значимость стимулов и связаны с мотивацией.

Однако результаты исследования выходят за рамки простого подтверждения этой гипотезы. Анализ полученных данных позволяет сделать ряд новых выводов, существенно дополняющих исходные положения и касающихся, возможно, некоторых интимных физиологических механизмов перцепции.

Так, можно полагать, что важный этап в обработке информации в нервных центрах представляет волна N_4 (N_{140}), занимающая промежуточное положение между ранними и поздними компонентами. Абсолютная амплитуда этой волны (межиндивидуальный коэффициент) обнаружила значимую корреляцию с показателем критерия решения, а ее динамика (внутрииндивидуальный коэффициент) — с показателем сенсорной чувствительности. Отмеченная двойная корреляция — с обоими перцептивными факторами — указывает на то, что эта волна (N_{140}) может отражать мозговые процессы, связанные с синтезом двух видов информации: о физических параметрах стимула и его значимости. Проведенное исследование подтвердило, таким образом, представления о функциональной гетерогенности вызванного потенциала и связи его ранней части преимущественно с сенсорными, а поздней — с несенсорными факторами, дополнив их данными о механизмах взаимодействия двух основных сла-

гаемых афферентного синтеза или двух видов информации о раздражителе в процессе решения перцептивной задачи.

Можно также отметить, что роль несенсорных механизмов проявляется на самых ранних этапах обработки информации в коре мозга. С другой стороны, сенсорный фактор обнаруживает значительное влияние также и на амплитуду достаточно поздних волн ответа. Следует особо отметить данные о преимущественной связи отрицательных волн с сенсорным и положительных с несенсорным факторами обнаружения. Эти данные позволяют предположить, что в мозговых структурах происходит постоянное сопоставление двух видов информации о стимуле с попеременным акцентом на одном из них, в результате чего, очевидно, и достигается перцептивное решение. Высокой амплитуды эти колебания достигают в двух волновых комплексах N_1-P_2 и N_3-P_3 . Внутри каждого из этих комплексов происходит как бы перебор двух основных составляющих перцепции с акцентом в первом случае на сенсорном факторе. Более подробное обсуждение этих и других данных, полученных при вычислении корреляций между физиологическими и психологическими показателями сенсорно-перцептивного процесса, а также при некоторых дополнительных исследованиях, будет проведено в гл. V.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВП ЗАТЫЛОЧНОЙ КОРЫ И ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СЕНСОРНО-ПЕРЦЕПТИВНОГО ПРОЦЕССА

Данное исследование, выполненное с участием Л. В. Матвеевой, проведено на 32 здоровых испытуемых. Общая схема исследования была аналогична той, которая описана в разделе 1 настоящей главы. В отличие от электрокожных раздражений применялись пары световых вспышек, и испытуемый должен был различать, предъявлялись ли ему пары одинаковых или разных по интенсивности световых стимулов. Испытуемый находился в затемненной кабине. В качестве прибора, подающего вспышки, был использован фотостимулятор МБ-5205 производства фирмы «Медикор» (ВНР). Длительность каждой вспышки составляла 15 мс, а энергия 0,18 и 0,27 Дж. Лампа фотостимулятора располагалась в 60 см от открытых глаз испытуемого. Энергия первой вспышки всегда составляла 0,18 Дж, а второй в половине случаев была также 0,18 Дж, а в других случаях — 0,27 Дж. Чередуемость пары вспышек равной и разной интенсивности строилось по таблице случайных чисел. Интервал между парами вспышек составлял 3—10 с. За «сигнал» условно принималась пара вспышек разной интенсивности. Вероятность обнаружения сигнала составляла в этих исследованиях $50 \pm 25\%$ при вероятности ложных тревоги $30 \pm 15\%$. Обнаружение сигнала —

это правильное обнаружение пары разных вспышек; ложная тревога — случаи, когда испытуемый считал, что вспышки были разными, тогда как в действительности они были одинаковыми. Перед основным экспериментом испытуемые проходили предварительную тренировку. Эксперимент состоял из трех серий (аналогично эксперименту, проведенному на соматосенсорном анализаторе).

В первой серии испытуемому говорили, что ему будут предъявляться пары вспышек, причем в половине из них вторая вспышка будет ярче первой. Его задача состоит в том, чтобы как можно точнее определить, какую из двух пар он наблюдал. В случае наблюдения разных вспышек он должен был нажимать на кнопку правой рукой, в случае наблюдения одинаковых вспышек — левой.

Во II и III сериях испытуемого вводили в игровую ситуацию. Ему предлагали платежные матрицы (табл. 5), определяющие систему оценок в очках за правильные и ошибочные ответы (эта система аналогична описанной в разд. 1).

Во II серии система оценок была составлена таким образом, что создавала мотивацию предпочтительного обнаружения разницы между вспышками даже за счет ошибочных реакций на отсутствие различий в интенсивности вспышек. В III серии система оценок стимулировала испытуемого не давать ошибочных реакций в случае подачи двух одинаковых вспышек, т. е. избегать ошибок типа ложных тревог. В каждой серии предъявлялось 100 пар. Всего в эксперименте подавалось 300 пар вспышек.

В течение всего эксперимента на световые вспышки регистрировали вызванную активность головного мозга. Запись производили референциально с затылочной области коры. Активный электрод помещали на кожу головы по средней линии на 2,5 см выше $Ip10p$. Электрод на мочке уха был использован в качестве референтного. Запись ВП производилась на электроэнцефалографе «МБ 5202/Б» фирмы «Медикор» (ВНР) с полосой пропускания частот от 0,3 до 100 Гц. ВП суммировались и усреднялись с помощью ЭВМ «Саратов». В каждой серии получали усредненный ВП на первую и вторую вспышку (усреднение из 100 ответов). Возможность записи ВП на второй стимул в этих исследованиях в отличие от эксперимента на соматосенсорном анализаторе была обусловлена тем, что интервал между стимулами был существенно больше (1,2 с вместо 0,5 с). Вызванная активность суммировалась с эпохой анализа в 500 мс; в полученных ВП измерялись амплитудные и временные параметры. Амплитуду в этих экспериментах измеряли от пика до пика.

По результатам реакций испытуемого определяли величины вероятности обнаружения и ложной тревоги для каждой серии опытов. На основе полученных величин вычисляли показатель чувствительности и непараметрический аналог показателя критерия принятия решения (L_x) по В. Ходосу [Hodos, 1970].

ТАБЛИЦА 5
МАТРИЦЫ ОЦЕНОК В ОЧКАХ, ПРИМЕНЯВШИЕСЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

II серия			III серия		
Стимулы, Дж	Ответы испытуемого		Стимулы, Дж	Ответы испытуемого	
	равные	одинаковые		равные	одинаковые
0,18—0,27	+3	-3	0,18—0,27	+1	-1
0,18—0,18	-1	+1	0,18—0,18	-3	+3

На рис. 10 представлены усредненные по сериям результаты психофизического эксперимента. В табл. 6 приведены средние параметры ВП на первую и вторую вспышки по каждой из серий.

Для установления соотношения между параметрами ВП и психофизическими показателями был применен корреляционный анализ по Пирсону [Урбах, 1975]. Вычисляли три типа корреляций: 1) корреляция абсолютных значений показателя чувствительности и критерия с параметрами ВП; 2) корреляция изменений показателя чувствительности и критерия от I ко II серии, от I к III серии и от II к III серии с соответствующими изменениями параметров ВП. Кроме того, вычисляли коэффициенты подобия изменения показателя чувствительности и критерия и изменения параметров ВП по каждому из испытуемых с последующим усреднением по группе (способ подсчета взят из работы И. Н. Книпст с соавт. [1973]). Первый коэффициент, таким образом, был межиндивидуальным, второй и третий — внутрииндивидуальными.

Результат психофизического эксперимента, как это видно по РХП, в целом соответствует представлениям, принятым в современной психофизике. Введение дополнительной мотивации при неизменности физических параметров стимула приводило к изменению стратегии, что находило выражение в сдвиге критерия принятия решения. Характеристика сенсорной чувствительности при этом оставалась постоянной (рис. 10). Временные параметры ВП не претерпевали существенных изменений от серии к серии как по группе, так и у отдельных испытуемых. Корреляции между психофизическими характеристиками и временными параметрами ВП, как и при исследованиях на соматосенсорном анализаторе, не были в связи с этим значимыми. Далее рассматриваются поэтому корреляции между психофизическими индексами и амплитудой воли ВП. По первому способу — подсчету межиндивидуальных коэффициентов с абсолютными значениями амплитуды ВП — была установлена во многих случаях довольно высокая корреляция как ранних, так и поздних компонентов ВП с показателем чувствительности d^1 . Корреляционной связи между показателем критерия принятия решения и параметрами ВП не было выявлено. Среди полученных корреля-

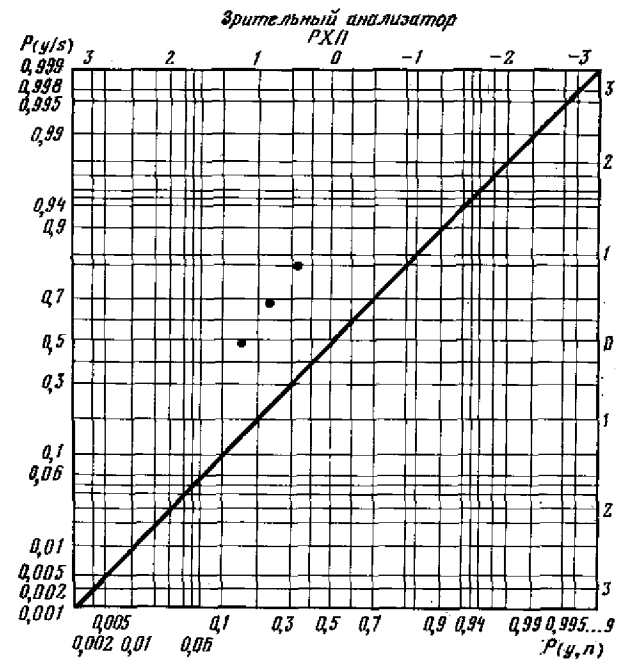


Рис. 10. РХП зрительного эксперимента (средние данные по группе испытуемых)

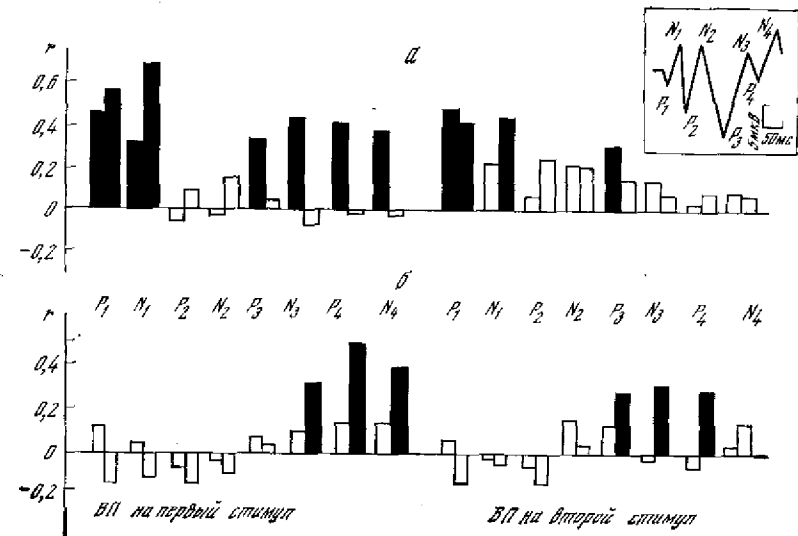


Рис. 11. Коэффициенты корреляции между амплитудой восьми волн зрительного вызванного потенциала на первый и второй стимулы и двумя перцептивными характеристиками: показателем сенсорной чувствительности d^1 (а) и показателем критерия решения (б)

Первый столбик в паре — межиндивидуальный, второй — внутрииндивидуальный коэффициенты, черным показаны статистически значимые коэффициенты, справа сверху — зрительный вызванный потенциал (средние данные по 32 испытуемым)

ТАБЛИЦА 6
ВРЕМЕННЫЕ (ВРЕМЯ ДО ПИКА ВОЛНЫ) И АМПЛИТУДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВП,
ПОЛУЧЕННЫЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ЗРИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗАТОРЕ
(ДАННЫЕ УСРЕДНЕНЫ ПО ГРУППЕ)

Серия	Параметр ответа	ВП на первую вспышку							
		P_1	N_1	P_2	N_2	P_3	N_3	P_4	N_4
I	Амплитуда, мкВ	3,23	8,4	13,1	12,8	18,45	16,3	5,3	8,4
	Латентный период, мс	32,0	54,8	85,0	120,6	178,1	245,5	283,8	331,4
II	Амплитуда, мкВ	2,7	8,7	13,0	12,1	19,0	17,9	5,9	9,2
	Латентный период, мс	34,7	55,2	83,5	122,0	179,8	247,3	287,6	329,4
III	Амплитуда, мкВ	3,01	8,3	15,6	13,1	19,9	18,2	7,4	9,8
	Латентный период, мс	32,6	53,2	85,6	122,6	180,8	249,8	295,8	339,8

Серия	Параметр ответа	ВП на вторую вспышку							
		P_1	N_1	P_2	N_2	P_3	N_3	P_4	N_4
I	Амплитуда, мкВ	2,5	6,0	11,2	13,2	17,7	15,5	5,6	5,8
	Латентный период, мс	34,8	53,9	82,0	118,4	179,0	249,8	299,5	347,3
II	Амплитуда, мкВ	2,4	6,0	11,3	12,7	17,3	16,4	6,2	5,3
	Латентный период, мс	36,9	54,8	83,6	121,4	180,0	254,8	307,8	352,8
III	Амплитуда, мкВ	2,2	5,6	11,9	13,4	17,8	16,2	6,2	5,5
	Латентный период, мс	33,5	52,5	80,0	122,5	179,6	259,5	309,8	355,7

ций нужно отметить положительную корреляционную связь волн P_1 и N_1 ВП на первую вспышку с показателем d' — в четырех случаях из шести, P_1 ВП на вторую вспышку — во всех трех случаях. Из других волн, имеющих значимую корреляцию с d' , можно указать на волну P_3 в ВП как на первую, так и на вторую вспышку и волны P_4 и N_4 ВП на первую вспышку в двух случаях из трех.

Наиболее интересные данные, касающиеся психофизических корреляций, были получены при втором и третьем способах обработки, т. е. при подсчете внутрииндивидуальных коэффициентов, которые, как уже отмечалось ранее, основаны на сравнительном анализе динамики психофизических и электрофизиологических показателей сенсорно-перцептивного процесса у одного и того же испытуемого в разных сериях. Данные, полученные при втором способе решения, представлены на рис. 11,

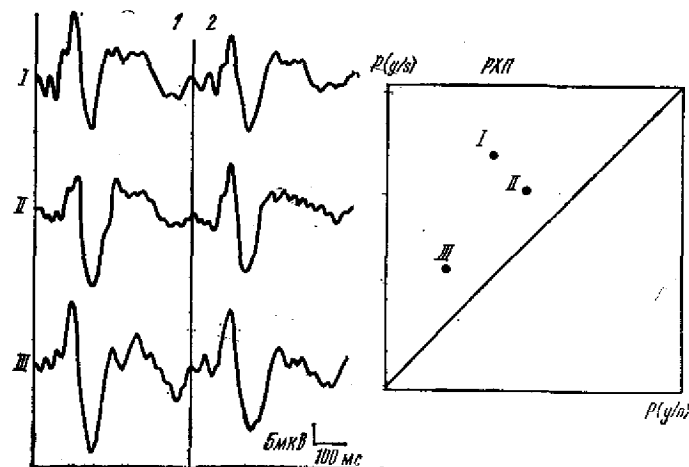


Рис. 12. Вызванные потенциалы одного из испытуемых

I — ВП на первую вспышку; 2 — ВП на вторую вспышку; I, II, III — обозначения серий эксперимента. На РХП обозначения те же, что и на рис. 10. Снижение чувствительности во II и III сериях по сравнению с I серией сопровождается снижением амплитуды ранних волн ответа, сдвиг критерия в III серии сопровождается повышением амплитуды поздней положительной волны ответа

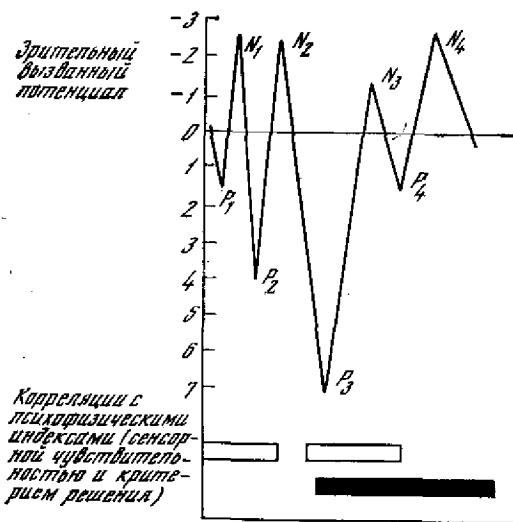


Рис. 13. Статистически значимые корреляции между усредненными на первую и вторую вспышки ВП и перцептивными индексами, полученные не менее чем при одном способе подсчета коэффициентов корреляции для всей группы здоровых лиц

Показан усредненный ВП на первую и вторую вспышки. Горизонтальные белые столбики обозначают статистически значимые корреляции между амплитудой ВП и d' ; горизонтальные черные столбики — между амплитудой ВП и критерием решения

12. Изменения физиологических и психологических характеристик от серии к серии коррелировали следующим образом:

а) изменение показателя d' сопровождалось главным образом изменением ранних волн ответа. Обращает на себя внимание достоверно значимая положительная корреляция между

показателем чувствительности d' и волнами P_1 во всех случаях, волной N_1 ВП на первую вспышку в одном случае из трех. Также можно отметить наличие корреляции волны P_2 ВП на первую и на вторую вспышку с d' в половине случаев;

б) изменение стратегии испытуемого, выражающееся в сдвиге критерия решения, сопровождалось изменением поздних волн ответа. Наиболее высокой была связь динамики критерия решения и волн N_3 , P_4 и N_4 ВП на обе вспышки.

Наиболее четкая картина зависимости проявляется в результате подсчета коэффициентов корреляции у одного и того же испытуемого (рис. 12). Значения коэффициентов корреляции распределяются следующим образом:

а) показатель чувствительности имеет довольно высокие положительные значения коэффициента корреляции с ранними волнами N_1 и P_1 вызванного ответа, особенно для ответа на первую вспышку (до 0,66);

б) показатель критерия обнаруживает положительную корреляцию с поздними волнами P_3 , N_3 , P_4 и N_4 ; самое большое значение коэффициента корреляции (0,44) приходится на волну P_4 (P_{300}).

Полученные результаты демонстрируют достаточно тесную связь между динамикой компонентов ВП и двумя основными психофизическими переменными.

Поскольку параметры ВП на первую и вторую вспышки выявили сходные корреляции с психофизическими характеристиками перцепции, результаты, полученные на обе вспышки, в дальнейшем суммировались и усреднились (рис. 13).

На рис. 13 представлены статистически значимые корреляции между усредненными на первую и вторую вспышки ВП и перцептивными индексами, полученные не менее чем при одном способе подсчета коэффициентов корреляции для всей группы здоровых лиц.

Как видно из рисунка, ранние сенсорные волны ВП — комплексы $P_1 - N_1$ (от максимума положительной волны P_1 до максимума отрицательной волны N_1 , $N_1 - P_2$ (от максимума отрицательной волны N_1 до максимума положительной волны P_2) и $P_2 - N_2$ (от максимума положительной волны P_2 до максимума отрицательной волны N_2) — обнаруживают значимые корреляции с сенсорным фактором перцепции d' по всем использованным способам подсчета коэффициентов. С этим же фактором обнаруживают значимые корреляции также «промежуточные» волны ВП — комплексы $P_3 - N_3$ (от максимума положительной волны P_3 до максимума отрицательной волны N_3) и $N_3 - P_4$ (от максимума отрицательной волны N_3 до максимума положительной волны P_4) по способу подсчета внутрииндивидуальных коэффициентов.

С несенсорным фактором, критерием принятия решения, обнаруживает значимую корреляцию ряд поздних волн — комплексы $P_3 - N_3$ (от максимума положительной волны P_3 до максимума

отрицательной волны N_3), $N_3 - P_4$ (от максимума отрицательной волны N_3 до максимума положительной волны P_4) и $P_4 - N_4$ (от максимума положительной волны P_4 до максимума отрицательной волны N_4) по способу подсчета внутрииндивидуальных коэффициентов.

Таким образом, ранние волны зрительного ВП, так же как ранние волны соматосенсорного ВП, коррелируют с сенсорным фактором психофизики. Это свидетельствует о том, что амплитуда их определяется сенсорной посылкой.

Однако с сенсорным фактором обнаруживает корреляцию также еще целая группа волн, которые можно отнести к промежуточным ($P_3 - N_3$) и поздним ($N_3 - P_4$). Эти же волны значимо коррелировали также и с критерием решения, т. е. на них выявлялась «двойная» корреляция с обоими перцептивными факторами, свидетельствующая о том, что на промежуточных волнах зрительного ВП (с латентностью 180—200 мс), так же как и на промежуточных компонентах соматосенсорного ВП, имеет место синтез двух видов информации о раздражителе. Однако в отличие от соматосенсорного ВП корреляция с сенсорным фактором и «двойная» корреляция с обоими перцептивными факторами для зрительного ВП наблюдается также и на более поздних компонентах (с латентностью около 300 мс).

Из этих данных можно сделать вывод, что амплитуда большинства волн зрительного ВП в значительной мере отражает уровень чувствительности сенсорной системы.

Если зависимость между ранней волной ответа и фактором сенсорной чувствительности d' представляется вполне закономерной, учитывая данные о ведущем значении сенсорных проекций в генезе этой волны, то связь между фактором d' и амплитудой поздних волн ответа требует специального объяснения. Можно считать, что эта зависимость находится в хорошем соответствии с известным физиологам фактом, что более сильный раздражитель вызывает больший по амплитуде ответ, причем это увеличение касается не только ранних, но и поздних волн ответа. Правда, увеличение поздних волн в этом случае не обязательно должно быть связано непосредственно с сенсорным механизмом, так как более интенсивный стимул обычно воспринимается и как более значимый или же имеет место повышение степени уверенности испытуемых в правильности опознания данного стимула. Весьма закономерной и понятной представляется также связь поздних волн зрительного ВП с показателем критерия решения, связанным с мотивацией и памятью. В целом полученные данные подтверждают гипотезу о различной информационной значимости ранних и поздних волн вызванного потенциала и устанавливают известную общность между представлениями физиологии и психологии, касающимися механизмов и организации сенсорно-перцептивного процесса. Можно попытаться также проанализировать вклад, который вносит каждый из двух видов информации в создание зрительного пер-

цептивного образа. Можно предполагать, что сенсорная информация ответственна за конкретные представления о пространственно-временных характеристиках стимула и таких его параметрах, как интенсивность, спектральный состав света (цвет) и т. д. Импульсы из гипоталамо-лимбических центров, являющихся подкорковыми центрами эмоций и мотиваций, а также из других отделов мозга придают информации о стимуле определенную эмоциональную окраску, благодаря которой возникающий образ вызывает ответное сопереживание и органически входит в целостное представление о внешнем мире. Такие взгляды на значение двух информационных посылок восприятия хорошо согласуются с представлениями о восприятии как «процессе формирования субъективного образа предмета» [Ломов, 1971] или как «совокупности процессов, обеспечивающих субъективное, пристрастное и вместе с тем адекватное отражение объективной реальности» [Зинченко, 1971].

3. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ ПЕРЦЕПЦИИ И СОМАТОСЕНСОРНЫМ ВП ЧЕТЫРЕХ МОЗГОВЫХ ОБЛАСТЕЙ

Как отмечалось в предыдущих разделах, два первых эксперимента по исследованию корреляций между психофизическими факторами перцепции и вызванными потенциалами проекционных областей показали, что амплитуда ранних компонентов ВП обнаруживает высокую корреляцию с показателем сенсорной чувствительности, а поздних компонентов ВП — с несенсорным фактором, критерием решения. Компоненты ответа, промежуточные между ранними и поздними, с латентностью 140—180 мс обнаруживают корреляцию с обоими перцептивными факторами. Кроме этих основных результатов, было также показано, что, с одной стороны, сенсорный фактор может оказывать влияние и на амплитуду достаточно поздних волн ответа, а несенсорный фактор, с другой стороны, может проявлять свое влияние и на самых ранних этапах обработки информации в коре мозга. Эти корреляции были изучены только для ВП проекционных областей мозга. В исследованиях, результаты которых излагаются ниже, корреляции между психофизическими показателями и ВП изучены в четырех корковых областях: правой и левой соматосенсорных и правой и левой лобных. Кроме того, вычислялись коэффициенты корреляции психофизических индексов перцепции не только с параметрами отдельных компонентов ВП, а со всеми амплитудными значениями ВП, измеренными через каждые 8 мс.

Было исследовано 7 здоровых испытуемых, которым предъявляли пары слабых электрокожных стимулов (межстимульный интервал составлял 1,5 с). Интервал между парами стимулов

был переменным и колебался от 2 до 10 с. Пары одинаковых и разных по интенсивности стимулов предъявляли в случайном порядке. Задача испытуемого состояла в их различении и нажатии кнопки на подачу разных стимулов. В отличие от предыдущих экспериментов первый стимул в паре имел переменную интенсивность: в 50% случаев его величина превышала интенсивность второго стимула, а в остальных случаях равнялась ему. Второй стимул служил эталоном, и его интенсивность была постоянной, несколько превышая пороговую величину. Электрокожные раздражения испытуемые воспринимали как чувство легкого покалывания. Первый стимул, предъявлявшийся через переменный интервал и имевший разную интенсивность, был, таким образом, более значимым, однако решение принималось только после второго стимула, что давало возможность как бы разделить собственно восприятие значимого раздражителя и перцептивное решение. С каждым испытуемым было проведено по три серии экспериментов, в которых интенсивность первого стимула последовательно возрастала, так что разница между раздражителями несколько увеличивалась. Увеличение силы стимуляции при этом было сравнительно небольшим, и даже в третьей серии раздражение далеко не достигало моторного порога. Индивидуальные значения абсолютного и дифференциального порогов определяли для каждого испытуемого в тренировочных экспериментах. Каждая серия состояла из 128 пар одинаковых и разных стимулов.

Электрокожные раздражения подавали с помощью генератора прямоугольных импульсов ЭСУ-2 с помехоподавляющим устройством. Длительность каждого импульса составляла 0,1 мс. Раздражающие электроды помещали на переднюю поверхность предплечья левой руки. Психофизические показатели восприятия вычисляли по методам теории обнаружения сигнала для каждой из трех серий эксперимента из вероятностей правильных обнаружений и ложных тревог. Определяли два перцептивных показателя: индекс сенсорной чувствительности d' и показатель критерия решения. Второй показатель соответствовал вероятности ложных тревог, переведенной в шкалу стандартного отклонения Z , а первый определялся разностью между вероятностью правильных обнаружений и ложных тревог, также вычисленных по шкале Z . Поскольку интенсивность первого стимула в данных исследованиях возрастала от первой к третьей серии, правомерность использования уровня ложных тревог для определения положения критерия требует специального обоснования. Можно отметить, что сила раздражителя в данном случае увеличивалась лишь в небольшой степени, поэтому влияние этого фактора на уровень ложных тревог было сравнительно небольшим, что видно из приведенных ниже данных. Кроме того, использованный метод определения критерия теоретически мог оказать некоторое влияние лишь на вычисление внутрииндивидуальных, но не межиндивидуальных коэффициентов кор-

реляции. Из полученных в результате исследований данных видно, что распределение этих коэффициентов было в принципе одинаковым, что подтверждает правомерность использованных методов расчета психофизических показателей.

В каждой серии у испытуемых регистрировали усредненные соматосенсорные ВП на первый и второй стимулы (рис. 14). Как уже отмечалось, записывались потенциалы от четырех областей мозга. Регистрирующие электроды помещали справа и слева на 7 см ниже вертекса и на 2 см кзади от линии, соединяющей вертекс с наружным слуховым проходом (соматосенсорные области, из которых правая соответствует проекции раздражения), и также на 7 см впереди от этой линии и на 7 см ниже саггитальной линии, что соответствует правой и левой лобным областям. Предварительное усиление потенциалов осуществляли с помощью усилителей электроэнцефалографа «ОТЕ Биомедика» (Италия) при полосе от 0,5 до 800 Гц. Когерентное накопление и усреднение проводили с помощью специализированной ЭВМ «Сигма». Период накопления составлял 500 мс, из них первые 100 мс — до подачи стимула. В каждой серии суммировали по 64 ответа на первый, переменный стимул и по 128 ответов на второй стимул, при этом в первой серии суммировали ВП на стимулы, равные по интенсивности второму, а во второй и третьей — на имевшие большую интенсивность.

Для последующего вычисления корреляций, как уже отмечалось, измеряли амплитудные значения (вверх и вниз от изолинии) электрической активности мозга через каждые 8 мс, начиная с момента подачи стимула (всего 40 ординат). Изолинию определяли по активности, предшествовавшей раздражению. По этим же ординатам, усредненным по трем сериям и по группе испытуемых (рис. 15, 16), строили графики усредненных ВП.

Вычисляли корреляции между значениями двух перцептивных индексов в каждой из серий эксперимента и 40 значениями амплитуды ВП. Вычисляли два вида коэффициентов: внутрииндивидуальные и межиндивидуальные. В первом случае вычисляли корреляции между амплитудой ВП в данный момент времени и соответствующими значениями d^1 и критерия в трех сериях эксперимента.

Полученные коэффициенты усредняли по группе испытуемых. Всего, таким образом, получали 640 коэффициентов (40 точек \times 4 области \times 2 ответа \times 2 перцептивных фактора). Для получения межиндивидуальных коэффициентов вычисляли корреляции между значениями амплитуды ВП в данный момент времени и двумя перцептивными индексами у 7 испытуемых в каждой из трех серий и данные по трем сериям усредняли. При этом также получали 640 коэффициентов корреляции. Все расчеты были выполнены на ЭВМ «Митра-225» (фирма «Семс», Франция). Если коэффициенты корреляции были достаточно высокими для ряда, состоящего из не менее пяти последовательных точек, их усредняли. В дальнейшем рассмотрены те

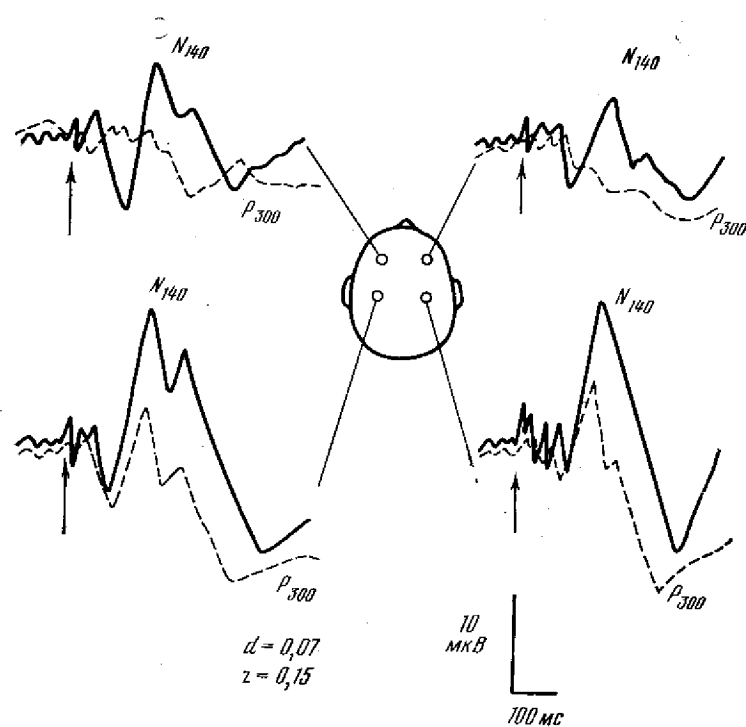


Рис. 14. Соматосенсорные вызванные потенциалы четырех областей коры, полученные в одной из серий эксперимента

Правый нижний кружок — проекционная зона; сплошная линия — ВП на первый; пунктир — ВП на второй стимулы; внизу — психофизические характеристики восприятия тех же стимулов, на которые записывались ВП; показатель сенсорной чувствительности d^1 и показатель критерия решения Z ложн. тр.; стрелка — момент нанесения стимула

усредненные коэффициенты, величина которых была равна или превышала 0,2. Это значение соответствует уровню статистической достоверности для числа вариантов, равного 100 (реальное их число колебалось от 100 до 200 в зависимости от продолжительности серии). В начальной стадии анализа рассматривали лишь те корреляции, знак которых совпадал с полярностью волны, т. е. те случаи, когда изменения абсолютного значения амплитуд ВП положительно коррелировали с изменениями психофизического индекса. В большинстве случаев ряды последовательных точек совпадали с определенной волной ВП, однако иногда они касались лишь части периода волны. Все корреляции психофизических индексов с латентностями компонентов ВП были незначимы.

Средние значения индекса сенсорной чувствительности d^1 и показателя критерия Z -ложн. тр. по трем сериям эксперимента были следующими:

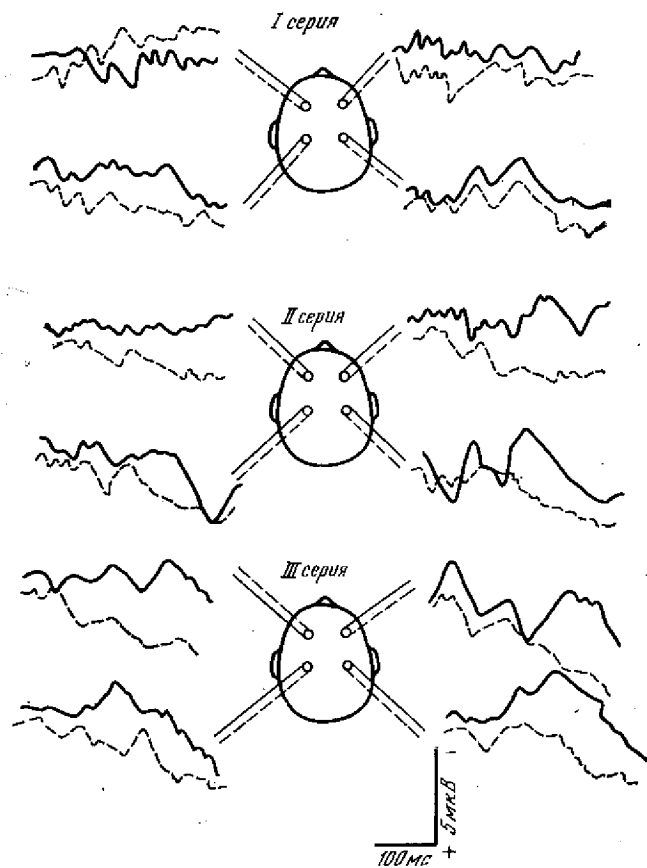


Рис. 15. Усредненные ВП (построенные методом средней арифметической ординат) в трех сериях эксперимента

Сплошная линия — ВП на первый стимул, прерывистая — ВП на второй стимул

I серия: $d' = 0,46$; $Z \text{ ложн. тр.} = -0,84$
 II серия: $d' = 1,12$; $Z \text{ ложн. тр.} = -1,16$
 III серия: $d' = 1,81$; $Z \text{ ложн. тр.} = -1,26$

Таким образом, в соответствии с возрастанием величины разницы между стимулами и понижением сложности задачи показатель сенсорной чувствительности от серии к серии увеличивался, а величина ложных тревог уменьшалась.

Вызванный потенциал четырех областей коры одного из испытуемых в одной из серий эксперимента показан на рис. 14. Как видно из рисунка, ВП проекционной правой соматосенсорной области коры состоял, как обычно, из последовательности волн чередующейся полярности, начиная от волны N_{20} и кон-

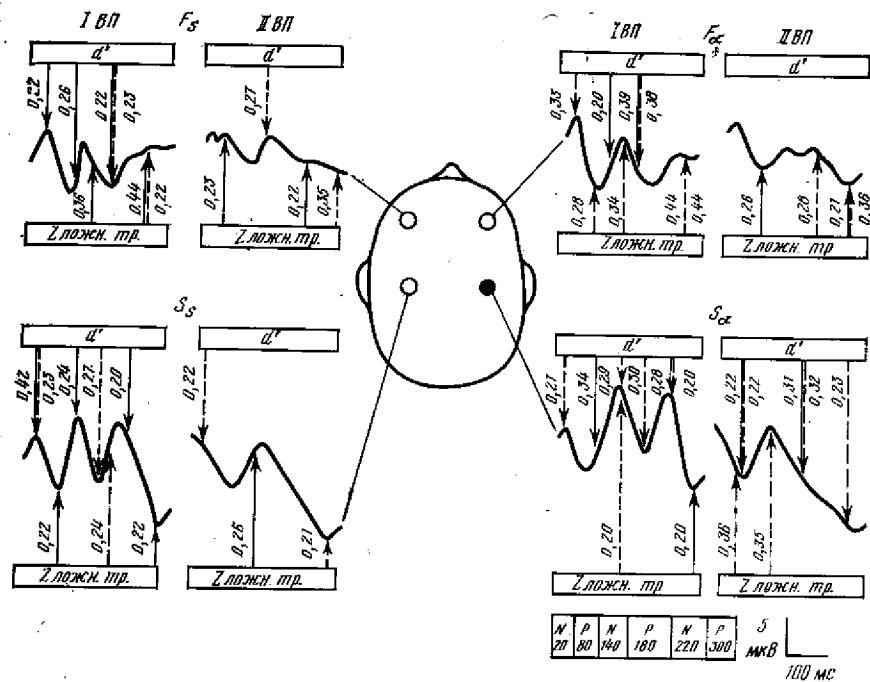


Рис. 16. Корреляции между ВП четырех областей коры на первый (I ВП) и второй (II ВП) стимулы и двумя психофизическими показателями (сенсорной чувствительности d' и критерия решения $Z \text{ ложн. тр.}$) у здоровых испытуемых. Сплошная линия — связи, полученные по внутриндивидуальным, прерывистые — по меж-индивидуальным коэффициентам; числа — значение коэффициентов; черный кружок — проекционная зона

чая волной P_{300} . Однако в связи с тем что в данной работе использовался относительно большой дискрет измерений амплитуды (8 мс), у некоторых испытуемых отмечалось уменьшение числа волн по сравнению с предыдущими работами. Это особенно отчетливо проявилось при суммировании отдельных амплитудных значений каждого из испытуемых (через 8 мс) для получения усредненных ВП по группе в целом (см. рис. 15) и при сложении результатов, полученных в трех экспериментальных сериях (рис. 16). В последнем случае вызванный потенциал проекционной зоны состоял из шести последовательных волн, условно обозначенных как N_{20} , P_{80} , N_{140} , P_{180} , N_{220} , P_{300} и составляющих три основных отрицательных и положительных комплекса. ВП левой соматосенсорной области по своей морфологии был близок к ответу проекционной области, хотя и имел несколько меньшую амплитуду, что было особенно выражено для ранних компонентов.

ВП лобных областей имели более простую структуру, чем ВП соматосенсорных областей, и большую вариабельность. Наиболее характерные компоненты ответа, а именно волны N_{140} и P_{300} , однако, были достаточно хорошо выражены и в лобных областях, причем латентность волны P_{300} была в лобных областях короче, чем в соматосенсорных. Следует также отметить, что ВП на второй стимул во всех областях были значительно изменены по сравнению с ВП на первый стимул, что можно связать с искажающим влиянием условной негативной волной (УНВ) и развивающейся вслед за ней позитивностью, а также, возможно, неполным завершением цикла восстановления ответа. Волна P_{300} в ответах на второй стимул имела, как правило, значительно большую амплитуду и продолжительность, чем в ВП на первый стимул (рис. 16). Три основных комплекса, состоявшие из волн чередующейся полярности, были, как уже отмечалось, лучше всего выражены в ВП проекционной зоны на первый стимул, но могли быть условно выделены и в других ВП, в том числе и в ВП на второй стимул, хотя какая-либо из волн, составляющих комплекс, в ряде случаев отсутствовала.

Как уже говорилось, корреляции двух перцептивных индексов вычислялись со значениями амплитуды ВП, измеренными в 40 ординатах (через каждые 8 мс, начиная с момента подачи стимула). Всего было найдено 40 значимых корреляционных связей (9 из них по обоим методам). На рис. 16 представлены значимые корреляции (полученные не менее чем по одному из способов подсчета коэффициентов).

Анализ этих корреляционных связей показывает следующее. Можно отметить, что данные, полученные в этих исследованиях с использованием несколько иных методов и на другой группе испытуемых, полностью подтвердили результаты, полученные ранее для ВП проекционных областей коры (см. разд. 1 настоящей главы), а именно наличие связи ранних волн с сенсорным показателем d' , а волны P_{300} — с критерием решения и волны N_{140} — с обоими перцептивными показателями. Показатель d' оказался также связанным со всеми волнами ответа, кроме наиболее поздней, что может быть объяснено особенностью использованного в данном исследовании метода: увеличением интенсивности первого стимула и, как следствие, возрастанием амплитуды всего ответа и показателя d' от серии к серии. Связи d' с амплитудой волн ВП характерны для ответов на первый стимул и в других исследованных областях: левой соматосенсорной, правой и левой лобных. Это может быть связано с наличием рассеянных проекций соматосенсорного анализатора, описанных в частности, О. С. Адриановым [1976]. В левой соматосенсорной области (а также в обеих лобных областях) отмечались несколько более тесные, чем в проекционной области, связи ответа с показателем критерия, хотя в проекционной зоне также наблюдалась значимая корреляция амплитуды волны P_{300} ВП на

первый стимул с критерием решения. Полное совпадение результатов исследования корреляций между параметрами ВП и психофизическими индексами во всех трех экспериментах показывает, что картина корреляционных связей между физиологическими и психологическими показателями обработки стимульной информации является стабильной. Она в принципе одинакова для зрительного и соматосенсорного анализатора и не зависит от того, использовали ли в экспериментальной схеме направленный сдвиг мотивации (первые два исследования) или же изменение интенсивности (третье исследование). Весьма существенно, что описанный ранее информационный синтез на промежуточных компонентах ВП оказался характерным лишь для проекционной области коры. В левой соматосенсорной области корреляция с обоими перцептивными факторами в одном случае приходилась на близкие, однако не полностью совпадающие между собой отрезки ВП, а в лобных областях такая «двойная» корреляция отсутствовала.

Связи с ВП на второй стимул были в целом менее выражены, чем на первый, переменный по интенсивности и поэтому более значимый раздражитель. Этот факт в значительной мере, очевидно, можно объяснить также некоторым искажением формы ответа условной негативной волной и неполным завершением цикла восстановления, о чем уже говорилось выше. Среди корреляций с ВП на второй стимул, прежде всего, обращает на себя внимание связь волны P_{300} с критерием решения, выраженная во всех областях, кроме проекционной, где эти связи, наоборот, проявлялись на ранних фазах ВП. Наиболее устойчивыми связи с критерием были в лобных областях. Обращают также на себя внимание менее тесные связи левой соматосенсорной области с показателем чувствительности и большие связи с показателем критерия решения по сравнению с правой проекционной областью, что может указывать на необходимость согласованной работы обоих полушарий в комплексной оценке сигнала. На рис. 16 были представлены данные, касающиеся корреляционных связей между психофизическими индексами и амплитудными значениями ВП, усредненными по меньшей мере для пяти последовательных точек и замеренными через 8 мс. На рис. 17 показаны эти же связи, но для каждой точки, в которой они наблюдались (без усреднения их значений). При этом, как и на рис. 16, представлены лишь те корреляции, знак которых совпадал с полярностью волны, т. е. случаи, когда изменения абсолютного значения амплитуд ВП положительно коррелировали с изменениями психофизического индекса. Из этого рисунка в более демонстративной форме видно «сплошную» зону корреляций ВП на первый стимул в проекционной зоне с d' , которая не охватывает только волну P_{300} . Следует обратить внимание на то, что с сенсорным фактором d' коррелирует также волна N_{200} на первый стимул во всех четырех облас-

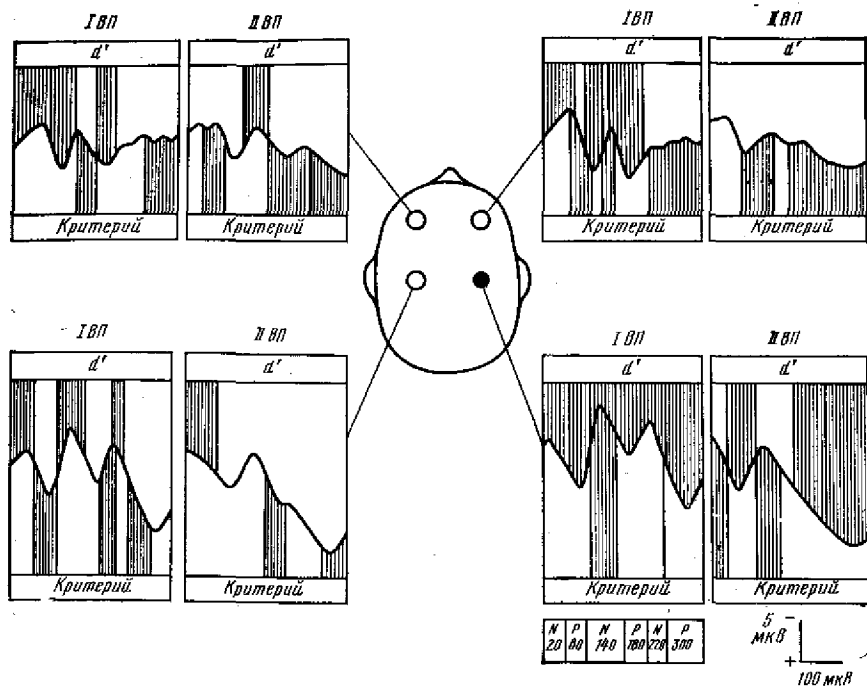


Рис. 17. Корреляция между вызванными потенциалами (ВП) четырех областей коры на первый и второй стимулы и двумя психофизическими показателями (сенсорной чувствительности d' — вверх от ВП и критерия решения — вниз от ВП) у здоровых испытуемых

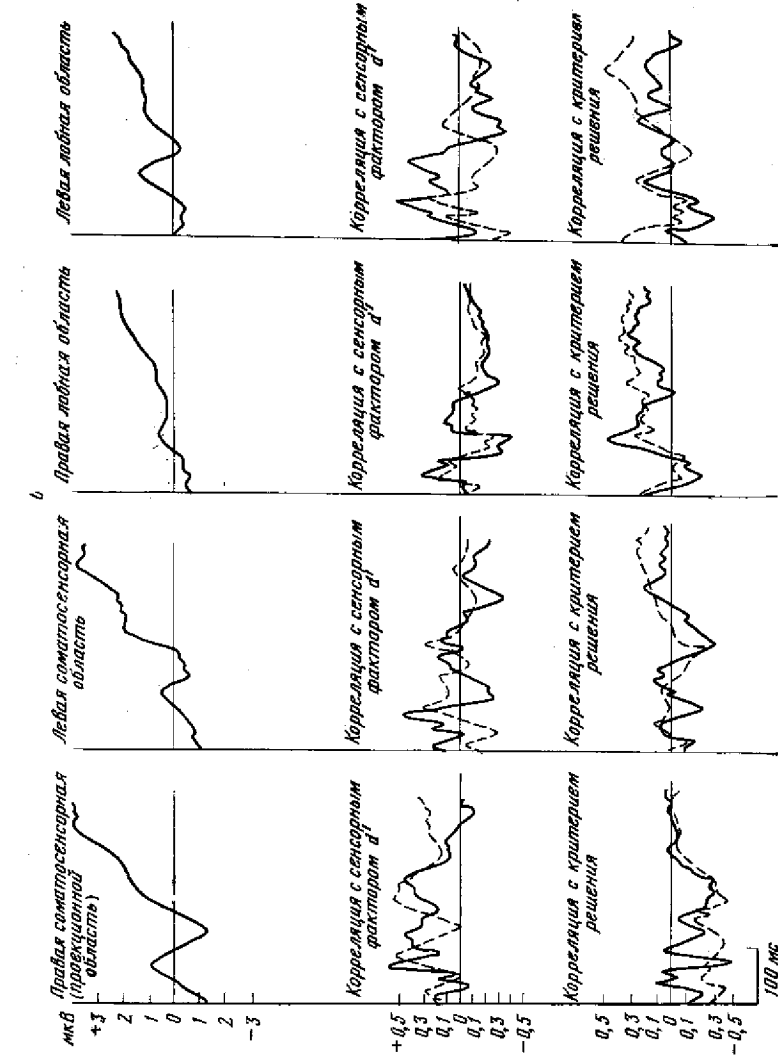
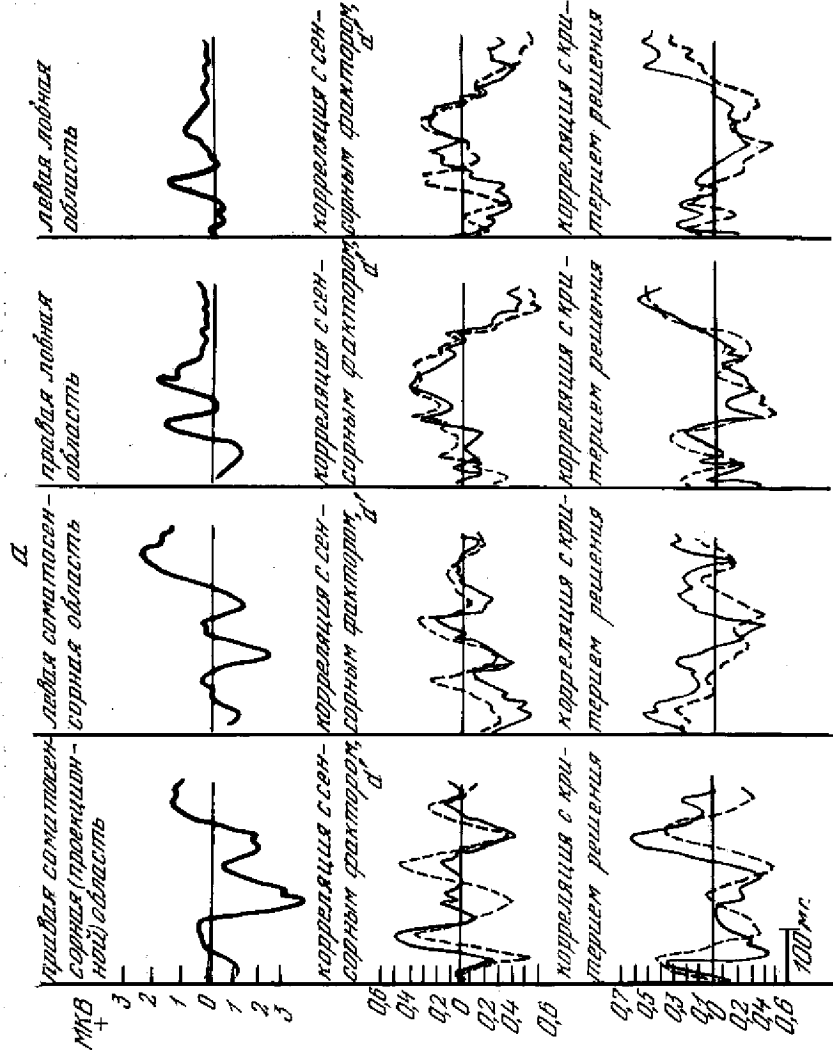
Корреляции достигают уровня значимости при наличии связи по пяти последовательным интервалам времени

тах. Это подтверждает предположение ряда авторов [Donchin et al., 1978; Ritter, 1978] о том, что волна N_{200} участвует в опознании непостоянного по силе стимула по его интенсивности, причем в этом процессе участвует не только проекционная, но и другие отделы полушарий. Видно также, что начальная корреляция с критерием решения в проекционной зоне наблюдается в области волны N_{140} (на которой имеет место синтез двух видов информации о стимуле), следующая корреляция с критерием в этой области относится к волне P_{300} . Рисунок также иллюстрирует, что во всех областях волна P_{300} в ВП на первый и второй стимулы (кроме, как уже отмечалось, волны P_{300} в ВП на второй стимул в проекционной зоне) коррелирует с критерием принятия решения. Еще одна форма представления корреляционных связей показана на рис. 18, а, б. Корреляционные зависимости изображены в виде кривой в системе прямоугольных координат. Представлены все связи, как положительные, так и

отрицательные. Показано, что графики корреляций с d' по одному или другому из двух использованных методов вычисления коэффициентов почти полностью совпадают с формой ВП. Некоторое соответствие наблюдается также в левой соматосенсорной области, однако оно не касается начальных, самых ранних компонентов ВП, которые, как известно, наиболее выражены в проекционной области. Для других областей и для корреляций с критерием такое соответствие между формой ответа и графиком корреляционных связей выражено в значительно меньшей степени или отсутствует (см. ниже).

На рис. 19 кривая ВП сопоставляется в верхнем ряду с графиком корреляций с d' , а в нижнем ряду — с критерием решения. Заштрихованные участки показывают значимые участки корреляций, полученных по одному из использованных методов, зачерненные — соответствие, полученное по обоим методам вычисления коэффициентов корреляций. Из этого рисунка отчетливо видно, что наиболее полное совпадение кривой ВП с графиком корреляций с d' наблюдается для волн N_{20} , N_{140} и N_{200} , а также частично для P_{300} . С графиком корреляций с критерием решения наибольшее соответствие имеет место для положительной волны, расположенной между компонентами N_{140} и N_{200} , а также для волны P_{300} . Для других ВП (на второй стимул в проекционной зоне и на оба стимула в левой соматосенсорной) эти закономерности менее выражены. Однако на рис. 19, б отчетливо видно, что ВП в лобных областях достаточно хорошо совпадают с графиком корреляций с критерием принятия решения.

На рис. 20 изображены в виде вертикальных линий по кривой ВП все полученные коэффициенты, независимо от того, совпадают ли они по полярности с волновой формой ВП. Сопоставление этих коэффициентов с кривыми ВП позволяет выявить ряд интересных закономерностей. Во-первых, и это особенно относится к корреляциям ВП проекционной зоны на первый стимул с сенсорным фактором d' (рис. 20, 1а), наблюдалось чередование групп отрицательных и положительных коэффициентов, причем изменение знака корреляций имело место в момент инверсии полярности волн ВП. Максимальные значения коэффициентов часто отмечались на пике волны, затем они начинали снижаться и, как уже говорилось, меняли знак в фазу инверсии полярности волны. В меньшей степени это характерно и для корреляций с d' ВП на первый стимул в левой соматосенсорной (рис. 20, 2, а) и лобных областях, а также частично для корреляций с критерием в ВП на первый стимул во всех областях, где знаки корреляции с критерием не выявляли такого отчетливого чередования, связанного с фазами волн ВП (рис. 20, 1, б; 2, б; 3, б; 4, б). В ВП на второй стимул характер взаимоотношений с графиком корреляций носил совершенно иной характер. В проекционной зоне (рис. 20, 1, б; 1, в) в ВП на второй стимул обнаруживалась четкая разнонаправленность связи с коэффи-



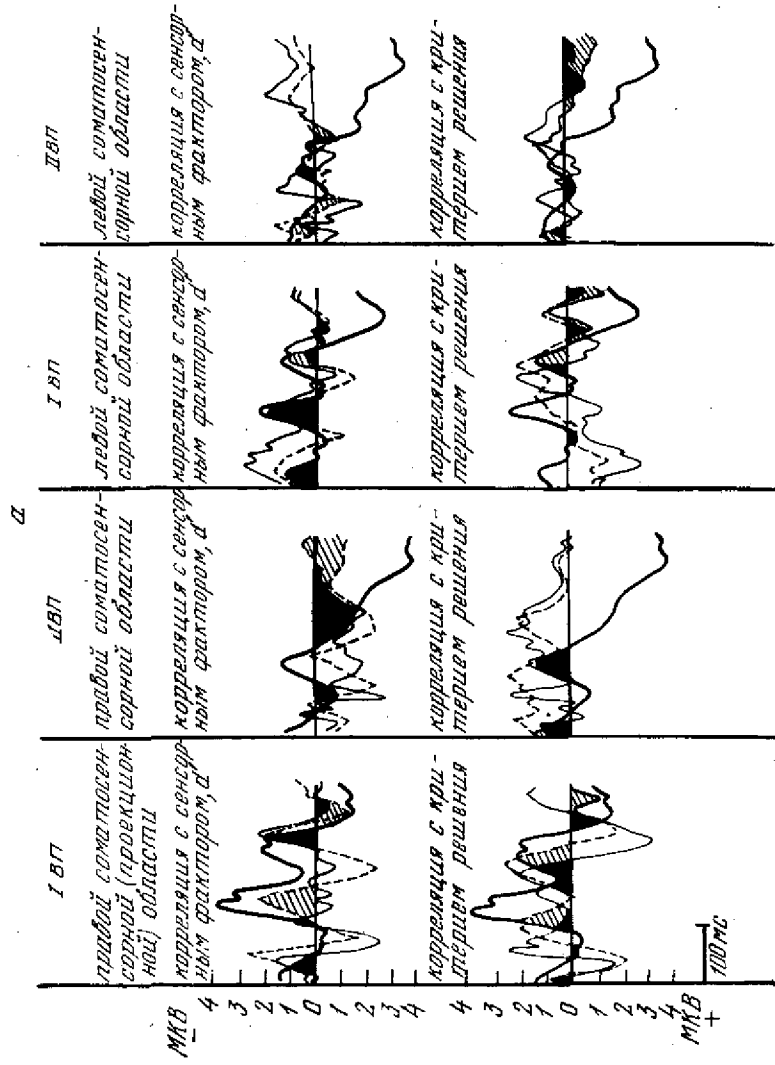
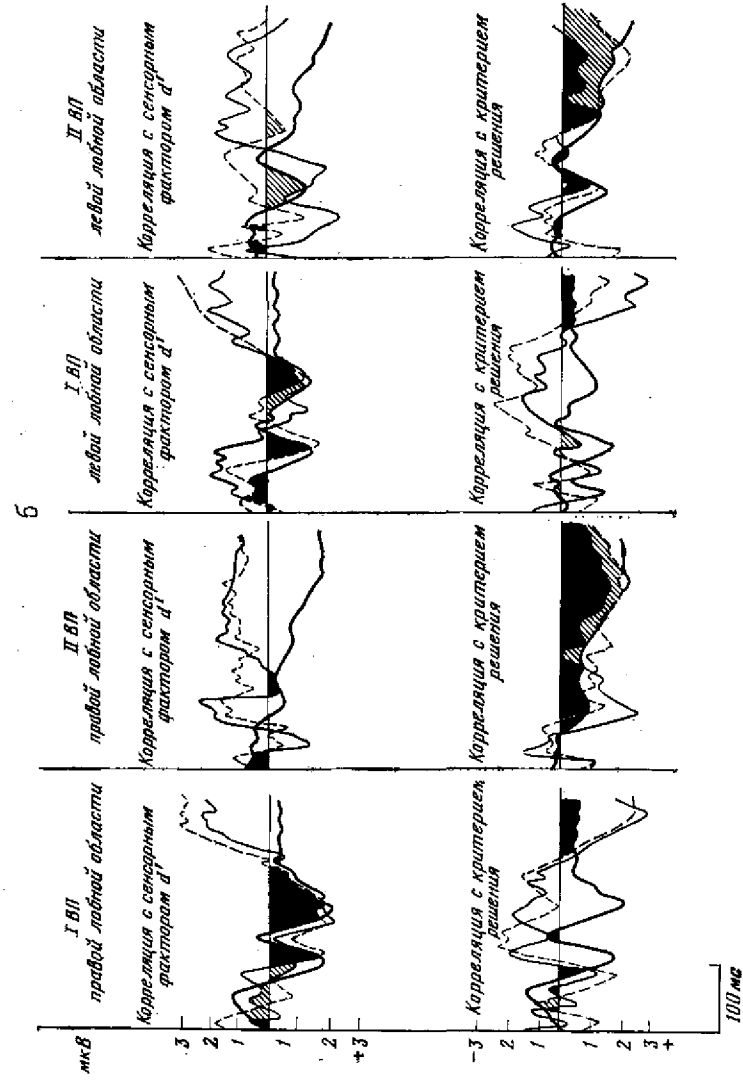


Рис. 19. Соответствие графиков ВП и графиков корреляций между амплитудой ВП соматосенсорных (а) и лобных (б) областей и перцептивными индексами

Верхний ряд кривых — наложение графиков ВП на графики корреляций с перцепцией, д'; нижний ряд — наложение графиков ВП на графики корреляции со вторым, несенсорным фактором, критерием решения. Участки, изображенные черным, показывают площади соответствия графиков ВП графикам корреляций с

психофизическими индексами по обоям из применявшихся способов подсчета коэффициентов. Заштрихованные участки показывают площади соответствия графиков ВП графикам корреляций по одному из применявшихся способов подсчета. Точные сплошные линии изображают кривые ВП, тонкие сплошные — графики корреляций с первым сенсорным фактором d'; прерывистые линии — графики корреляций со вторым, несенсорным фактором, критерием решения



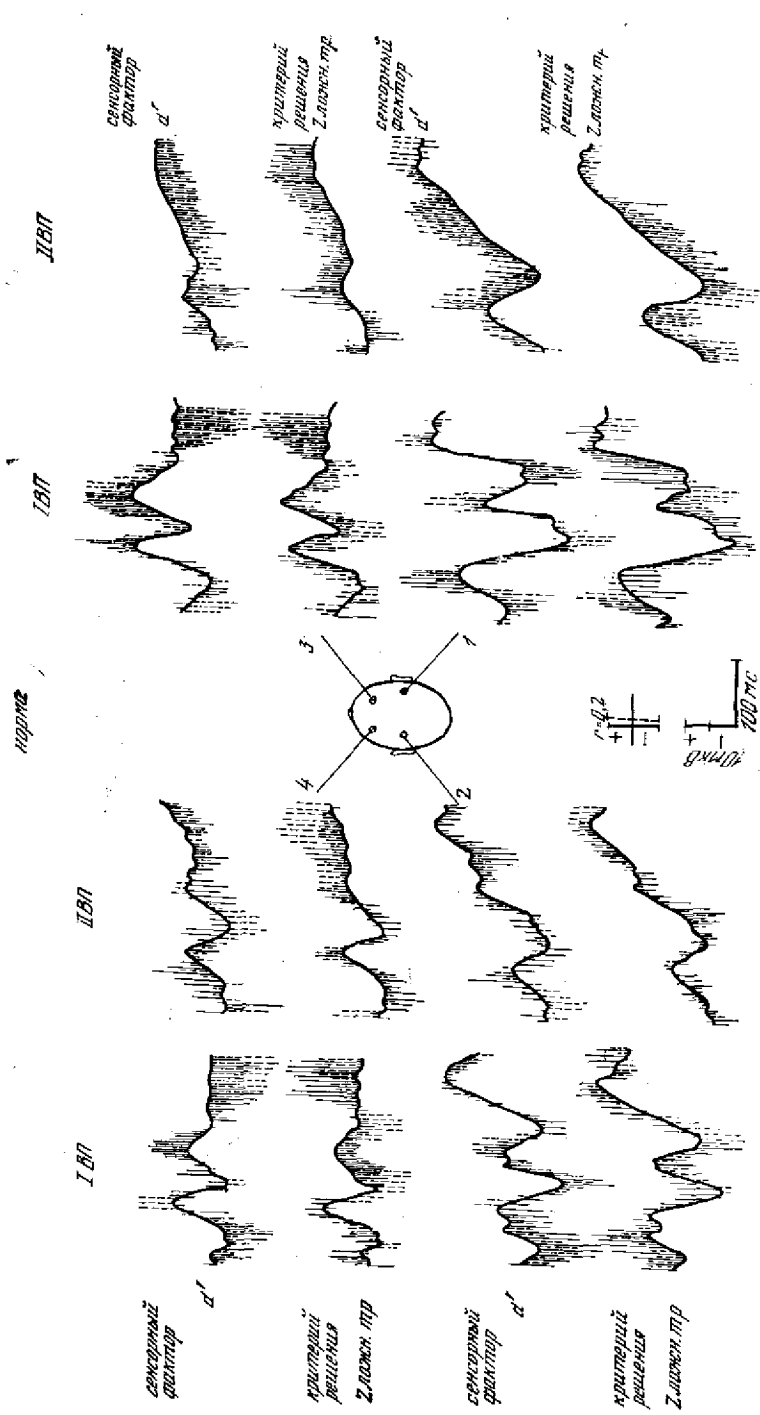


Рис. 20. Графическое изображение ВП на первый и второй стимулы и корреляций между амплитудой ВП и двумя психофизическими индексами перцепции
Тонкие сплошные линии изображают кривые ВП; тонкие вертикальные линии показывают коэффициенты корреляций между ВП и двумя

перцептивными индексами, полученные с помощью первого (сплошные линии) и второго (прерывистые линии) способов подсчета коэффициентов. Длина вертикальных линий показывает величину коэффициентов корреляции. Представлены все коэффициенты корреляции вне зависимости от совпадения знака корреляции с полярностью волны

циентами корреляции: корреляция всего ВП с d' была положительна, а с критерием — отрицательна. И наконец, ВП на второй стимул в трех других областях лишь отчасти выявили эту закономерность, причем из этих областей она в большей степени была выражена для правой лобной области (рис. 20, 3, в; 3, г).

Наряду с отмеченной картиной связей в ряде случаев на приведенном рисунке выявляется и иная зависимость: в некоторых участках наибольшая корреляция приходилась на момент пересечения кривой ВП изолинии, что было в большей степени замечено для ВП на первый стимул.

В связи с этим мы прибегли к еще одному способу исследования полученных закономерностей. Были исследованы корреляции двух психофизических факторов перцепции с приращением амплитуды A/t . Для получения этого приращения производилось вычитание из амплитуды ВП в первой точке (через 8 мс после начала стимуляции) значения амплитуды, полученного во второй точке (т. е. через 16 мс), затем из амплитуды второй точки — амплитуды третьей точки и т. д. Всего таких точек было 39; последняя из них была получена при вычитании из значения амплитуды ВП в 40-й точке амплитуды ВП в 39-й точке. Вызванный потенциал, полученный по приращению амплитуды A/t , мы условно назвали «производной ВП».

Наиболее выраженная корреляция с d' была получена для производной ВП на первый стимул в проекционной зоне (рис. 21, а). В производной ВП, так же как и в оригинальном ВП, можно было выявить три основные положительно-отрицательные фазы, каждая из которых продолжалась приблизительно 100 мс. Видно, что график корреляций с d' довольно хорошо соответствует этим фазам производной ВП, причем это соответствие выражено лучше, чем для основного ВП. Некоторое соответствие с графиком корреляции с d' наблюдалось также для производной ВП на первый стимул в правой лобной области (рис. 21, а), где оно касалось в основном промежуточных фаз производной ВП и в меньшей степени в левой лобной области, а также в левой самотосенсорной зоне (рис. 21, а), где оно касалось также первой фазы соответствующего раннего компонента ВП и третьей фазы соответствующей волны P_{300} . Это еще раз показывает, что при восприятии более интенсивного и значимого тактильного раздражителя имеет место связь вызванной активности проекционной зоны с чувствительностью сенсорного анализатора на всем протяжении эпохи анализа (400 мс). Такая же связь имеется и в левой самотосенсорной области, причем она выражена лучше в производной ВП, чем в оригинальном ВП. Каких-либо закономерных связей между производной ВП на первый стимул и критерием решения выявить не удалось, так же как и между производной ВП на второй стимул во всех областях с обоими перцептивными факторами (рис. 21, б).

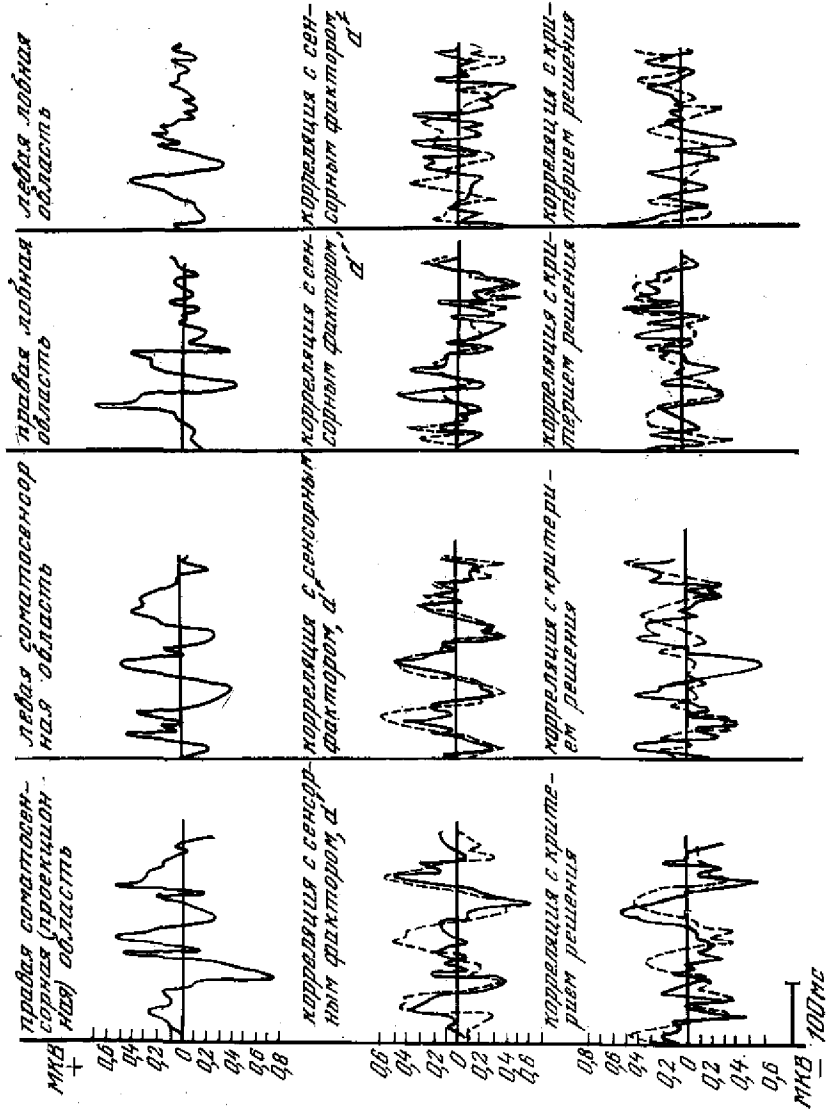
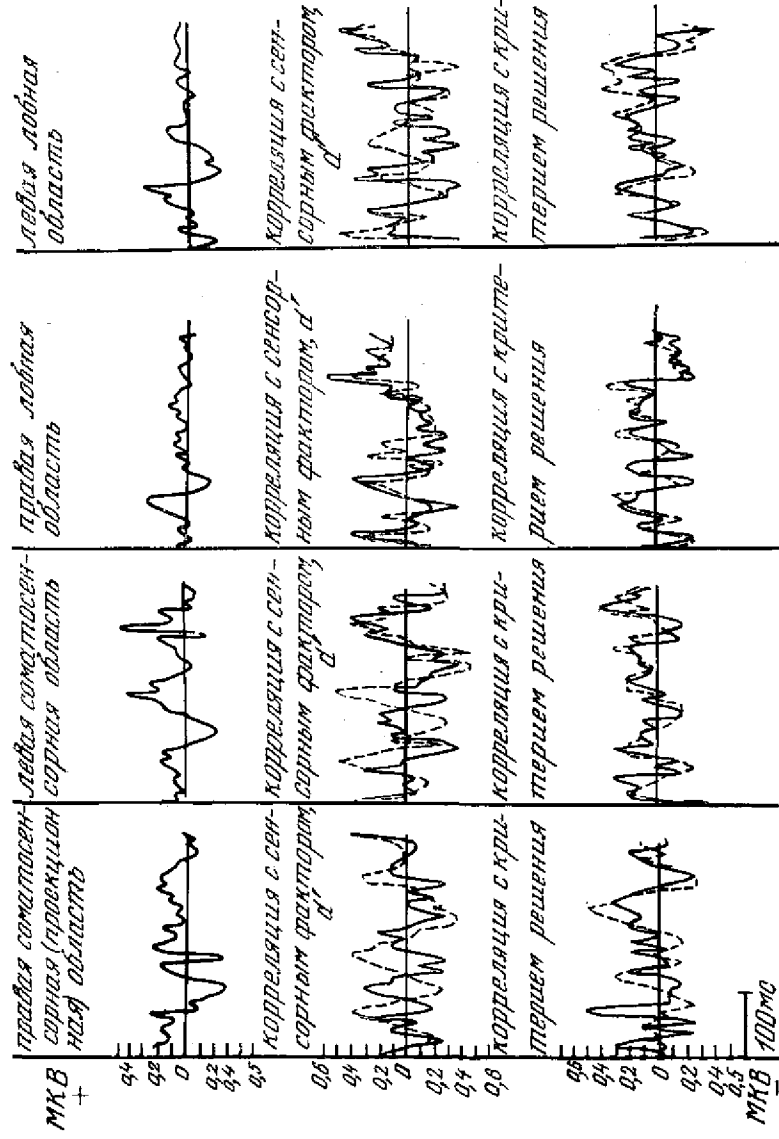


Рис. 21. Сопоставление графика «производной» ВП с графиками корреляции между амплитудой производной ВП и двумя психофизическими индексами перцепции: ВП на первый стимул (а) и ВП на второй стимул (б)

Верхний ряд кривых — график «производной» ВП; средний ряд кривых — корреляция между «производ-

б



ной» ВП и первым, сенсорным фактором перцепции α' ; нижний ряд кривых — корреляция между «производной» ВП и вторым сенсорным фактором перцепции, критерием решения. Сплошные линии — корреляции, полученные по способу подсчета коэффициентов (внутрииндивидуально); прерывистые линии — корреляции, полученные по второму (межиндивидуальному) способу подсчета

4. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ВЫЗВАННЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ЭЛЕКТРОКОЖНОГО РАЗДРАЖИТЕЛЯ

Исследования внутрикорткового взаимодействия на различных фазах развития вызванной активности проводились с помощью вычисления коэффициентов корреляции между вызванным потенциалом четырех корковых областей для трех его основных отрицательно-положительных фаз.

Исследование проведено на тех же 10 здоровых испытуемых, у которых вычислялись корреляции между ВП и психофизическими индексами перцепции, описанные в предыдущем разделе, однако в данном исследовании имелась еще одна дополнительная серия, проводимая в «покое», т. е. в условиях, когда испытуемый не должен был давать какой-либо произвольной ответной реакции на стимулы. С помощью электростимулятора подавались электрокожные раздражения длительностью 0,1 мс. Раздражающие электроды находились на передней поверхности предплечья левой руки. В первой серии этих исследований, т. е. в условиях «покоя», испытуемым в случайном порядке предъявляли пары одинаковых или разных стимулов, всего по 128 пар. Первый стимул предъявлялся через разные промежутки времени от 3 до 10 с; второй — через интервал 1,5 с после первого. При этом второй стимул (эталон) всегда имел одинаковую интенсивность (на 10 В выше физиологического порога); первый стимул в половине случаев был больше второго на величину, несколько превышающую дифференциальный порог. Никакой задачи перед испытуемым при этом не ставилось. Во второй серии испытуемым (также в случайном порядке) предъявлялись пары одинаковых и разных по интенсивности раздражений. Перед испытуемым в этой серии ставилась задача как можно точнее определить, какие раздражители ему предъявлялись, отвечая на предъявление разных стимулов нажатием кнопки после второго стимула. При этом в обеих сериях суммировались только ВП на равные по интенсивности раздражители, т. е. на пары одинаковых стимулов; предъявление которых не требовало ответной реакции испытуемого. Это было сделано с целью исключить возможные влияния двигательной реакции испытуемого (нажатие кнопки) на форму вызванного потенциала. Регистрировались ВП в лобной и соматосенсорной областях правого и левого полушарий. Суммацию проводили с помощью специализированной ЭВМ «Сигма». Эпоха анализа составляла 320 мс. В работе вычисляли взаимные корреляции между ВП четырех исследованных областей для трех последовательных периодов времени, приблизительно соответствующих трем выделенным в предыдущем эксперименте отрицательно-положитель-

ным фазам ВП: 0—80, 80—176 и 176—320 мс. При вычислении корреляций использовали амплитудные значения потенциала, измеренные через каждые 8 мс. Коэффициенты корреляции, полученные у разных испытуемых, усредняли.

Результаты исследования представлены на рис. 22. В первой серии опытов (без перцептивной задачи) связи между ответами различных областей были сравнительно мало выражены: только во втором временном периоде (фазе) ВП на первый и в третьей фазе ответа на второй стимул число значимых корреляций было равно трем (из возможных шести), а в остальных временных периодах оно не превышало двух.

В серии с перцептивной задачей число значимых корреляционных связей между областями увеличивалось, причем их распределение по временным периодам для ВП на первый и второй стимулы было неодинаковым. Так, в первом периоде (0—80 мс) в обоих ВП число связей между областями было сравнительно небольшим. Во втором периоде на первый, более значимый стимул наблюдалось максимальное число связей (шесть из шести возможных). В ответах на второй стимул число связей в этом периоде было равно трем. В третьем временном периоде (176—320 мс) максимальное число корреляционных связей (все шесть возможных связей) проявлялось в ВП на второй стимул, на который испытуемый принимал решение, в ВП на первый стимул число значимых связей в этом периоде равнялось трем.

Полученные данные указывают на то, что разные периоды ВП сопровождаются различной мозаикой корреляционных связей между корковыми областями. Первая фаза, соответствующая начальной сенсорным компонентам ВП и включающая анализ физических характеристик стимула, о чем будет подробнее говориться в следующей главе, по-видимому, осуществляется в проекционной зоне анализатора и не требует синхронной работы различных корковых областей.

Во второй фазе ВП на первый, значимый стимул наблюдается максимальное число корреляционных связей между областями. По временным параметрам этот период соответствует промежуточным, смешанным по своему генезу волнам ВП (в основном комплекс N_{140} — P_{180}) и важной фазе перцептивного процесса, о чем подробно будет сказано в следующей главе. На второй, эталонный стимул число корреляционных связей в этом временном периоде не столь велико, как на более значимый первый раздражитель.

Третий период, или третья фаза ВП, по временным параметрам соответствующий поздним компонентам (в основном волнам N_{220} и P_{300}), протекает при максимально выраженных корреляционных связях между ВП различных корковых областей на второй стимул, на который испытуемый принимал решение. Серия опытов без перцептивной задачи показывает, что такое возрастание связей необходимо только при наличии активного восприятия, т. е. при активной перцептивной деятельности. Важ-

в каждом круге (контуры гол-
ловы): верхние точки — ле-
вая и правая области лоб-
ной коры; нижние — то же,
соматосенсорной коры. Циф-
ры слева — диапазон вре-
менных интервалов после
подачи стимулов, мс; сплош-
ные линии — связи при до-
стоверности коэффициента
корреляции $r < 0,01$; пунктир-
ные — при $r < 0,05$. Левый
ряд кругов в паре — серия
опытов без перцептивной
задачи; правый — с перцеп-
тивной задачей

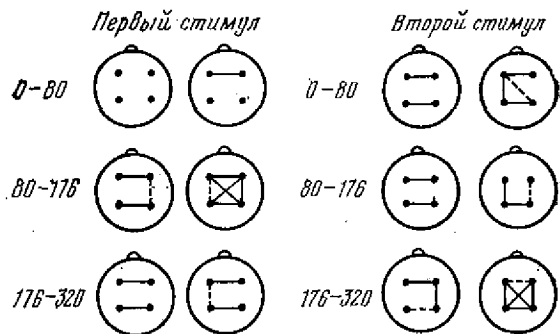


Рис. 22. Корреляционные связи между ВП четырех областей коры больших полушарий в трех временных интервалах после подачи стимулов

но отметить, что увеличение внутрикорковых связей может быть связано именно с принятием перцептивного решения, а не с подготовкой двигательной реакции, так как в наших исследованиях суммации подвергались только ответы на пары одинаковых стимулов, предъявление которых не требовало ответной реакции испытуемого.

Корреляционные связи между различными областями коры могут быть условно подразделены на поперечные, или межполушарные, связи, т. е. связи между симметричными областями правого и левого полушарий, продольные связи между разными областями одного полушария (интраполушарные), а также связи между разными областями противоположных полушарий. Вторая и третья фазы ВП, как будет показано далее, являются наиболее существенными в перцептивной деятельности и характеризуются возрастанием продольных связей между областями коры, в то время как межполушарные связи отмечаются и на первой фазе ВП. Интересно, что введение инструкции (вторая серия) вызывало преимущественное возрастание продольных связей в левом полушарии, тогда как без инструкции такие связи имели место только в правом полушарии, где находилась проекционная зона наносимых раздражений.

Обращает на себя внимание также некоторое увеличение во второй серии числа значимых связей в первой фазе ВП на второй стимул, что может быть обусловлено активацией сенсорных элементов непроекционных областей коры [Адрианов, 1976] в процессе мозговой интеграции, необходимой для решения перцептивной задачи.

Как было показано в ряде исследований [Ливанов, 1972; Мо-
нахов и др., 1973], синхронизация биопотенциалов является обязательным условием образования и воспроизведения временных связей. Синхронизация вызванной активности различных областей коры больших полушарий на этапах сенсорно-перцептивного процесса, протекающих позднее 80 мс от момента подачи

стимула, может указывать на важную роль условнорефлекторных механизмов в осуществлении функции восприятия раздражителя.

5. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНОСТНОЙ НЕГАТИВНОЙ ВОЛНЫ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА

В последние годы был проведен ряд исследований, показавших, что при привлечении внимания к стимулу в ВП мозга на этот стимул возникает относительно медленное негативное колебание. Одним из методов, которые позволяют зарегистрировать и изучить эту активность, является вычитание из ВП на стимул, к которому привлекается внимание, ВП на игнорируемый стимул. Таким образом можно получить достаточно точные данные о механизмах распределения внимания между раздражителями в различных, иногда весьма сложных ситуациях [Hillyard et al., 1973; Hink, Hillyard, 1976; Hink et al., 1977, 1978; Naatanen, Michie, 1979; Schwent, Hillyard, 1975; Schwent et al., 1976a]. Во многих работах этого цикла использовалась следующая методика. Через наушники испытуемому предъявляли различные звуковые стимулы и путем соответствующей инструкции привлекали внимание к сигналам, подаваемым с одной стороны и отличающимся теми или иными параметрами (например, высотой тона). Впервые данная методика была использована С. Хильярдом и др. [Hillyard et al., 1973]. На основании проведенных экспериментов было описано увеличение амплитуды определенных волн ВП на значимые, релевантные стимулы и изучены важные закономерности, связанные с механизмами избирательного, селективного внимания. Подробнее эти исследования будут рассмотрены в следующей главе. В настоящем разделе будут приведены работы, проведенные методом «разностной волны».

В исследовании Р. Наатанена и др. [Naatanen et al., 1978], проведенном на слуховом анализаторе, предъявлялись тоны с постоянными межстимульными интервалами, равными 800 мс. Все остальные условия были сходны с экспериментами С. Хильярда. Волна N_1 (латентность 150 мс) была одинакова в ВП на стимулы во внимаемом и невнимаемом каналах (когда испытуемый читал книгу). Однако в ВП на более редкие стимулы (вероятность предъявления — 9%), отличающиеся по высоте от более частых, которые авторы называли девиантными, обнаруживалась выраженная волна N_2 (латентность 200 мс). После вычитания амплитудных значений ВП на стандартные стимулы из амплитудных значений ВП на отклоняющиеся стимулы авторы выявили закономерный негативный сдвиг, время до начала которого приблизительно равнялось пиковой латентности компонента N_1 — 150 мс, а длительность — около 200 мс. Этот негативный сдвиг наблюдался как в канале, к которому привлекалось внимание, так и в невнимаемом канале, тогда как волна P_{300}

регистрировалась вслед за этим сдвигом лишь на отклоняющиеся стимулы во вниаемом канале (на стимулы — цели).

На основании полученных данных авторы высказали предположение, что этот негативный сдвиг отражает ориентировочную реакцию на изменение физических параметров стимула независимо от его значимости, о чем свидетельствует наличие его как в условиях привлечения внимания, так и вне этого. Р. Наатанен и Р. Миши [Naatanen, Michie, 1979] назвали этот сдвиг негативностью рассогласования [Mismatch negativity].

В серии экспериментов Р. Наатанен и др. [Naatanen et al., 1980a, б] исследовали свойства этого негативного сдвига и установили, что негативность рассогласования имеет две фазы, из которых вторая, более поздняя фаза в пассивных условиях, т. е. без привлечения внимания к стимулам (при чтении испытуемым книги), имеет более раннее начало, является более медленной и расположена более кпереди (передне-центральный локус), чем вторая фаза этой же негативности в условиях привлечения внимания к стимулу. В то же время первая фаза, связанная с отражением разницы в физических параметрах стандартных и отклоняющихся стимулов, в обоих условиях одинакова и имеет модально-специфическое топографическое распространение. Негативность рассогласования (или волна N_{200}) возникает даже на очень слабоотклоняющиеся стимулы, она одинакова на обнаруженные и пропущенные стимулы, на основании чего авторы приходят к выводу о том, что негативность рассогласования не отражает перцептивные и оценочные факторы. Все сказанное позволило авторам считать выявленный ими негативный сдвиг результатом нейронного процесса, отражающего автоматическую реакцию на изменение в физических свойствах раздражителя по сравнению со свойствами, заложенными нервной моделью стимула [Соколов, 1964].

Негативность рассогласования регистрируется в условиях отсутствия внимания к стимулу (авторы связывают ее в этих условиях с произвольным вниманием), длительность ее мала, и она быстро исчезает. Однако при придании стимулу значимости регистрируемая негативность (связанная уже с произвольным вниманием) становится более выраженной, длительной и устойчивой, отражая важные для организма процессы, связанные с перцептивными функциями. Такую негативность авторы обозначили как негативность переработки. Она обычно регистрируется в условиях, когда испытуемый должен оценить релевантность стимула, т. е. его соответствие условиям, оговоренным инструкцией. Вслед за ней обычно регистрируется волна P_{300} . Сочетание волн N_{200} и P_{300} рассматривается авторами как комплекс, отражающий релевантность стимула. Однако Р. Наатанен и др. [Naatanen et al., 1981] считают, что, если бы ориентировочная реакция была связана лишь с негативностью такого рода, это могло бы оказаться фатально поздно для организма, в связи с чем подчеркивается важность автоматизированной

ориентировочной реакции на изменение физических свойств внешнего раздражения.

Р. Наатанен [Naatanen et al., 1981] считает, что негативность рассогласования включает некогнитивные, «жесткие», экзогенные компоненты ВП; они связаны с быстрой оценкой физических свойств стимулов, которая происходит автоматически по механизму ориентировочной реакции. Вторая категория, к которой автор относит негативность переработки, представляет собой когнитивные, «гибкие», эндогенные компоненты более высокого уровня организации. По мнению Дж. Хансена и С. Хильярда [Hansen, Hillyard, 1980], корковая негативность, связанная с селективным вниманием, и прежде всего волна N_1 , имеет смешанный генез и включает как эндогенный, так и экзогенный компонент.

Во всех перечисленных работах полученные факты обсуждались только с точки зрения возможных психологических механизмов (межканальная селекция, поиск стимула, отвечающего критерию цели, и т. д.), тогда как возможные физиологические механизмы селективного внимания не анализировались.

В эксперименте, проведенном нами по исследованию селективного внимания на соматосенсорном анализаторе [Иваницкий, Стрелец, 1982], испытуемым (8 человек) предъявлялись пара разных и одинаковых по интенсивности слабых электрокожных стимулов с промежутками времени от 2 до 10 с. Межстимульный интервал составлял 4,5 с. Пары разных и одинаковых стимулов предъявлялись с равной вероятностью в случайном порядке. Первый стимул в паре имел переменную интенсивность: в 50% случаев его величина превышала интенсивность второго стимула, а в другой половине случаев равнялась ему. Вторым стимулом служил эталоном, и его интенсивность была постоянной, несколько превышая пороговую величину. Электрокожные раздражения воспринимались испытуемым как чувство легкого покалывания. Эксперимент состоял из двух серий. В первой серии перед испытуемым не ставилась никакой перцептивной задачи. Во второй серии испытуемый получал инструкцию различать пары разных или одинаковых по интенсивности стимулов, отвечая нажатием кнопки на подачу разных сигналов. Индивидуальные значения абсолютного и дифференциального порогов определялись для каждого из испытуемых в тренировочных экспериментах. Методика и порядок подачи электрокожных стимулов, а также запись и усреднение ВП были аналогичны описанным в предыдущем разделе. Чтобы исключить влияние интенсивности стимула на параметры ВП, суммировались только ВП на те из первых стимулов, интенсивность которых была равна интенсивности вторых стимулов.

Для последующего анализа измерялись амплитудные значения (вверх и вниз от изолинии) электрической активности мозга через каждые 8 мс после подачи стимула (всего 40 ординат). Изолиния определялась по активности, предшествовав-

шей раздражению. По этим ординатам, усредненным по всем группам испытуемых, строили графики усредненных ВП для каждой из серий. Индивидуальные ВП одного из испытуемых во второй серии (с перцептивной задачей) представлены на рис. 23. Был использован уже упоминавшийся метод вычисления разности между ВП на стимулы разной значимости, который дает возможность представить изменения их амплитуды в весьма демонстративной форме и облегчает их последующий анализ. Вычислялись разности между значениями амплитуды ВП на первый, значимый стимул и амплитуды ВП на второй, эталонный стимул в сериях без перцептивной задачи и с перцептивной задачей, а также разность между ВП на первые стимулы в обеих сериях и на вторые стимулы в обеих сериях эксперимента (рис. 24, 25).

Результаты исследований показали, что ранние компоненты ВП, зарегистрированных в первой и второй сериях, не различались между собой. Напротив, амплитуда волны N_{140} на первый стимул в первой серии была значительно меньше, чем на второй; поздняя положительная волна P_{300} в первой серии практически отсутствовала в ответах как на первый, так и на второй стимул.

В ВП левой соматосенсорной и обеих лобных областей ранние компоненты в обеих сериях были выражены значительно хуже, чем в проекционной зоне, однако во второй серии (с перцептивной задачей) наиболее выраженные волны N_{140} и P_{300} имели достаточно высокую амплитуду во всех мозговых областях.

При сравнении ВП на первый и второй стимулы было обнаружено, что в обеих сериях амплитуда волны N_{140} во всех областях была значительно выше на первый стимул, который был более значимым, поскольку предъявлялся через различные промежутки времени и имел разную интенсивность, чем на второй, который предъявлялся через равные межстимульные интервалы и имел одинаковую интенсивность. Амплитуда волны P_{300} во второй серии во всех областях, напротив, была выше на второй стимул, после которого принималось перцептивное решение.

Результат вычитания из амплитуды ВП на первый стимул амплитуды ВП на второй стимул в серии без перцептивной задачи

При вычитании из амплитуды ВП на первый, более значимый стимул, предъявлявшийся через случайные интервалы времени и с переменной интенсивностью, соответствующих значений амплитуды ВП на второй, менее значимый, эталонный стимул, предъявлявшийся через постоянные межстимульные интервалы и с постоянной интенсивностью, в первой серии (без перцептивной задачи) в проекционной области обнаруживалась относительно поздняя негативная волна. Начало этой негативности приходилось на 120 мс после начала стимуляции; она состояла

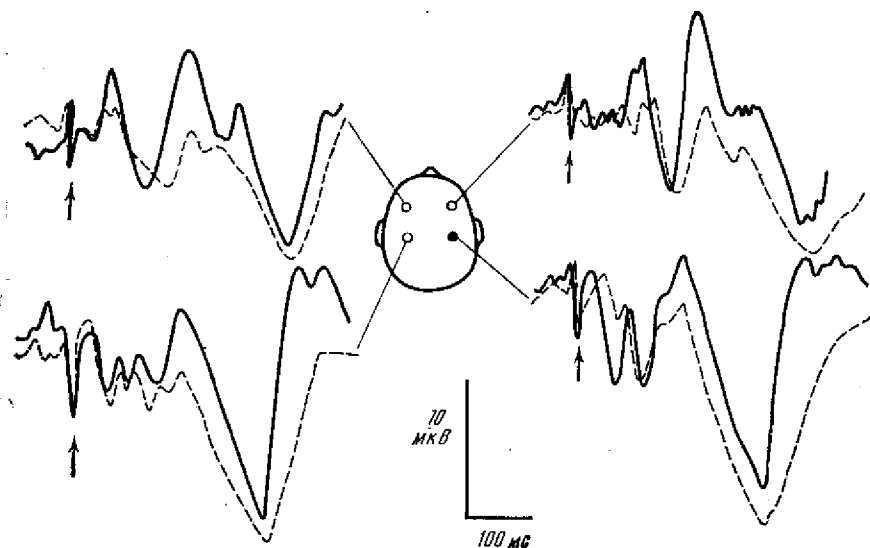


Рис. 23. Вызванный потенциал одного из здоровых испытуемых на первый и второй стимулы в серии с перцептивной задачей

Стрелка — момент предъявления стимула. Сплошные линии — ВП на первый стимул, прерывистые — ВП на второй стимул

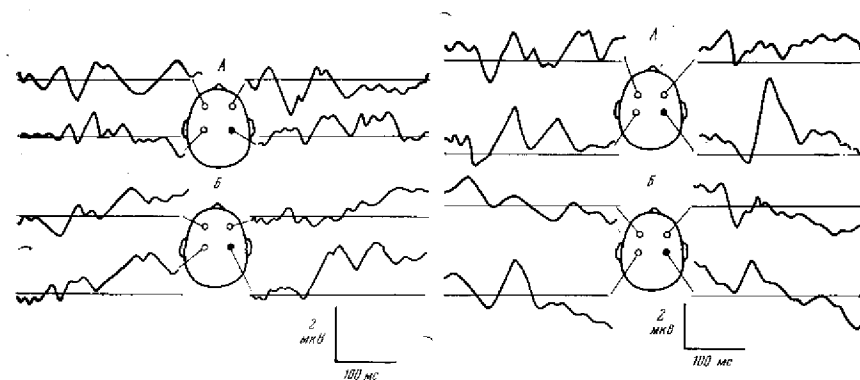


Рис. 24. Негативная разностная волна, выявляющаяся при вычитании из амплитуды ВП на первый, более значимый стимул амплитуды ВП на второй, менее значимый стимул

А — первая серия, без перцептивной задачи; Б — вторая серия, с перцептивной задачей

Рис. 25. Разность между амплитудой ВП в серии с перцептивной задачей и амплитудой ВП в серии без перцептивной задачи

А — ВП на первый стимул; Б — ВП на второй стимул

из двух пиков приблизительно равной амплитуды и длительности. Время до максимума первого пика составляло 140 мс; второй пик был несколько более растянут во времени, чем первый, и его максимум регистрировался в промежутке времени от 200 до 240 мс. В других областях этот негативный сдвиг отсутствовал.

Результат вычитания из амплитуды ВП на первый стимул амплитуды ВП на второй стимул в серии с перцептивной задачей

Во второй серии в условиях решения испытуемым перцептивной задачи в проекционной области обнаруживалась поздняя негативная волна, также состоящая из двух пиков. Временные параметры этих пиков в основном соответствовали обнаруженным в серии без перцептивной задачи, однако начало негативности было сдвинуто на 100 мс после начала стимуляции; время до максимума первого пика составляло 160 мс, а второго 220 мс. Амплитуда обоих пиков поздней негативности в серии с перцептивной задачей была приблизительно в два раза выше, чем в серии без перцептивной задачи.

В этой серии в условиях решения испытуемым перцептивной задачи поздняя негативность регистрировалась также в трех других исследованных областях, однако в этих областях был отчетливо выражен лишь второй пик негативной волны. Амплитудные и временные параметры второго пика поздней негативности во всех четырех исследованных областях существенно не различались.

Результат вычитания из амплитуды ВП на первый стимул в серии с перцептивной задачей амплитуды ВП на первый стимул в серии без перцептивной задачи

При вычитании из значений амплитуды ВП на первый стимул с перцептивной задачей соответствующих значений амплитуды ВП на тот же стимул в серии без перцептивной задачи в проекционной области, так же как и в двух предыдущих случаях, обнаруживалась негативная волна, состоящая из двух пиков. Время до максимума первого пика составляло 140 мс, время до максимума второго пика, который был более протяженным, составляло от 200 до 240 мс. Амплитуда первого пика негативности в нашем третьем случае, т. е. при вычитании из амплитуды ВП на первый стимул в серии с перцептивной задачей амплитуды ВП на первый стимул в серии без перцептивной задачи в проекционной зоне, была значительно выше — 3,5 мкВ, чем во втором случае, т. е. при вычитании из амплитуды ВП на первый стимул амплитуды ВП на второй стимул в серии с перцептивной задачей. Во втором случае, в свою очередь, амплитуда первого пика была выше, чем в первом случае, т. е. при вычитании из амплитуды ВП на первый стимул амплитуды ВП на второй стимул в серии без перцептивной задачи. Амплитудные и временные параметры второго пика этой негативности не отличались от анало-

гичных показателей, полученных при вычитании из амплитуды ВП на первый стимул амплитуды ВП на второй стимул в серии с перцептивной задачей (в нашем втором случае).

Результат вычитания из амплитуды ВП на второй стимул в серии с перцептивной задачей амплитуды ВП на второй стимул в серии без перцептивной задачи

При вычитании из амплитуды ВП на второй стимул, связанный с принятием перцептивного решения, в серии с перцептивной задачей амплитуды ВП на этот же стимул в серии без перцептивной задачи во всех областях обнаруживалась позитивная волна, время до максимума которой составляет приблизительно 300 мс. В обеих соматосенсорных областях этой позитивности предшествовала отрицательная волна, соответствующая первому пику описанной выше негативности; амплитуда первого пика этой негативности в проекционной правой соматосенсорной области, однако, не была так велика, как при вычитании амплитуды ВП на первые стимулы, и не отличалась от амплитуды аналогичного пика в левой соматосенсорной области.

Результаты настоящего исследования показывают, что при вычитании из ВП на более значимый (релевантный) стимул ВП на менее значимый стимул выявляется относительно медленная поздняя волна, состоящая из двух пиков с латентностью в 140 и 200 мс, топографическое распространение и амплитуда которых меняются в зависимости от экспериментальных условий. Эти условия включали как предъявление стимулов разной интенсивности без получения испытуемым какой-либо инструкции, так и эксперименты, в которых испытуемый получал задание сравнивать силу раздражителей.

В ситуации без перцептивной задачи разностная волна была выражена слабо и регистрировалась лишь в проекционной зоне с амплитудой около 1 мкВ.

В серии с перцептивной задачей амплитуда негативности возрастала более чем вдвое. При этом первый пик негативности по-прежнему регистрировался с наибольшей амплитудой в проекционной зоне коры, хотя он наблюдался также и в ипсилатеральной области. Второй пик в этих условиях возникал уже во всех исследованных областях, включая лобные.

Сравнение результатов, полученных при различных способах обработки данных, показывает также, что выраженность первого пика негативности тем больше, чем больше разница между значимостью стимулов, на которые записывались ВП. Параметры полученных нами негативных пиков в общем соответствуют описанным в литературе. При этом небольшой негативный пик, полученный при первом и втором способах обработки, очевидно, соответствует «негативности рассогласования» [Näätänen, Michie, 1979]. В третьей ситуации более высокая двухфазная волна соответствовала «негативности переработки» или включала взаимодействие обеих волновых форм. Полученные данные поз-

воляют также сформулировать некоторые представления о физиологических механизмах двух пиков негативности.

Модально-специфическое топографическое распространение первого пика выявленной негативности указывает на его связь с локальной активацией коры, которая, как известно, осуществляется при участии таламических систем [Нарикашвили, 1967; Jasper, 1960]. Эти системы контролируют сенсорный вход в кору, как бы «открывая» его лишь для значимых стимулов и блокируя для нерелевантных. Детальные исследования [Skipper, Yingling, 1977; Yingling, Skinner, 1977] показали, что этот селективный тормозный контроль над сенсорными входами в кору осуществляется при участии ретикулярного ядра таламуса, на которое конвергируют обе неспецифические мозговые системы — мезенцефалическая и неспецифическая таламическая. Последняя из них тесно связана с фронтальной корой, вместе с которой она образует общую «медиоталамическую фронтокортикальную систему». Данные названных авторов позволяют следующим образом описать механизм селективной активации. Во фронтальной коре имеется группа нейронов, которая держит под контролем проведение импульсов в кору через таламические ядра. Этот контроль осуществляется путем активации соответствующих клеток ретикулярного ядра. Эти клетки, в свою очередь, осуществляют тормозное влияние на проведение нерелевантных стимулов через специфические релейные ядра. В процессе вовлекается также медиоталамическая неспецифическая система, которая в отличие от ретикулярной обладает определенной модальной специфичностью. Этот тормозный контроль, однако, не затрагивает проведения импульсов на релевантные сигналы. При этом мозаика возбужденных или заторможенных нейронов фронтальной коры, определяющая состояние сенсорных входов, детерминирована прошлым опытом субъекта и полученной им инструкцией.

Как следствие такого активного торможения нерелевантных модальностей, диффузная активация, которая могла бы проявиться вслед за возбуждением мезенцефалической ретикулярной формации, подавляется и в коре регистрируется лишь локальный негативный сдвиг.

Таким образом, первый пик выявленной негативности отражает локальную активацию проекционной зоны коры. Важную роль при этом играет также «пре-стимульная» инструкция. При этом, правда, остается открытым вопрос, почему этот механизм оказывает влияние лишь на относительно поздние компоненты, не изменяя ранних.

В этой связи заслуживают внимание представления В. С. Русинова [1969] о механизме локальной активации. Исходя из данных о том, что по мере повторения раздражителя неспецифический ответ приобретает максимальную выраженность в проекционной зоне анализатора, В. С. Русинов высказывает предположение, что неспецифическая афферентация вызывает ответ на

фоне повышенной возбудимости коры, вызванной пришедшей ранее специфической афферентацией. Локальная активация, таким образом, является результатом динамического взаимодействия специфической и неспецифической восходящих систем.

Интересно, что этот первый пик негативности регистрируется, хотя и с меньшей амплитудой, и в условиях, когда испытуемому не давалось инструкции различать стимулы по интенсивности. В какой-то мере поэтому он может быть связан с процессами непроизвольного внимания.

Второй пик негативной разностной волны в отличие от первого регистрируется не только в проекционной, но и в остальных областях коры. По-видимому, он связан уже с диффузной активацией коры. Эта активация осуществляется, очевидно, за счет возбуждения уже не таламических неспецифических ядер, а мезенцефалической ретикулярной формации.

Можно также предположить, что второй пик негативности в большей степени связан с произвольным вниманием, так как он регистрировался в наших экспериментах лишь в той серии, в которой внимание испытуемого путем инструкции привлекалось к решению перцептивной задачи.

Полученные данные дают основание считать, что механизмы селективного внимания связаны с дополнительной активацией проекционных зон коры, проводящих анализ информации о сигнально значимых стимулах. Эти центральные механизмы в принципе отличны от преимущественно периферических процессов так называемого «афферентного поиска», или «гейтинга», которые обусловлены настройкой сенсорных систем на восприятие значимых в данной ситуации сигналов.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВОСПРИЯТИЯ

Исследование корреляций между параметрами вызванного потенциала и психологическими характеристиками восприятия выявило закономерные связи между ними. Наиболее значимые корреляции сводились к следующему. Ранние волны вызванных потенциалов коррелировали с психофизическим показателем сенсорной чувствительности, поздние волны обнаружили связи с показателем критерия решения. Промежуточные волны были связаны с обоими перцептивными факторами. Закономерный характер этих связей подчеркивается тем, что, несмотря на некоторые различия в использованных методах обработки, они были в принципе одинаковы для обоих исследованных анализаторов: соматосенсорного и зрительного.

Весьма знаменателен тот факт, что обнаруженные корреляции связывают явления физиологии и психологии, которые соответствуют друг другу. Так, сенсорный показатель психофизики коррелировал с амплитудой сенсорных волн ВП, а показатель критерия, определяемый такими факторами, как мотивация и память, — с теми компонентами, которые, по физиологическим данным, отражают оценку раздражителя по значимости, зависящую от тех же факторов мотивации и памяти. Исползованный в работе подход к сравнению данных физиологии и психологии через теоретические концепции оказался полностью оправданным. Он позволил выбрать для сравнения такие показатели, которые действительно оказались тесно связанными между собой.

Из этого следует вывод, что сходство между концепцией информационного синтеза и теорией обнаружения сигнала, их изоморфизм, не является случайным. Он, очевидно, объясняется тем, что эти теоретические концепции действительно обобщают на уровне физиологии и психологии феномены, функционально связанные между собой. Полученные данные позволяют говорить и о соответствии между сходными терминами физиологии и психологии, используемыми при описании сенсорно-перцептивного процесса. Таким образом, понятия двух наук, сформулированные в значительной степени независимо друг от друга на основании изучения и анализа качественно различных феноменов физиологии и психологии, оказались в тесной связи. Мысль И. М. Сеченова о родстве физиологического и психологического по происхождению, т. е. по механизмам, нашла в этих исследованиях свое конкретное экспериментальное подтверждение. Это представляет собой один из главных выводов проведенного исследования.

Закономерный характер полученных связей дает основание сделать важный шаг к переходу от корреляционной связи к установленной функциональной зависимости между явлениями физиологии и психологии, т. е. к тому, чтобы подвести под изучаемые психологические феномены определенный физиологический базис. При этом полученные данные позволяют сформулировать представления как о физиологических процессах, обеспечивающих отдельные составляющие сенсорно-перцептивного процесса, так и описать мозговой механизм их объединения в целостный акт восприятия.

Разумеется, это не означает, что проведенные исследования позволяют изучить физиологические механизмы восприятия с исчерпывающей полнотой. Скорее можно считать, что установлены лишь некоторые основные факты. Однако ввиду большой методологической трудности проблемы и сложности мозговых механизмов обеспечения психики каждый шаг в решении поставленной задачи приобретает большое значение. Особенно это относится к первым, самым трудным шагам.

Прежде чем перейти к подробному изложению полученных данных, хотелось бы подчеркнуть, что речь здесь идет не об

участии сенсорных и несенсорных составляющих в генезе определенных волн вызванного потенциала. Данные по этому вопросу могут быть получены другими, чисто физиологическими методами анализа. Они достаточно хорошо представлены в литературе. В нашем случае речь идет о другом: в какой степени мозговые механизмы, получающие отражение в определенных волнах вызванного потенциала, связаны с обеспечением сенсорных и несенсорных составляющих психического акта восприятия. Данные по этому вопросу в литературе крайне ограничены.

Итак, высокая корреляция ранних волн ВП с психофизическим показателем сенсорной чувствительности d^4 говорит о том, что этот показатель тесно связан с поступлением импульсов в проекционную кору по сенсорным путям и корковыми процессами по обработке поступившей информации. При этом наиболее высокую корреляцию обнаруживают самые ранние колебания ВП, особенно волна N_{20} соматосенсорного ответа. Эта волна, как говорилось в гл. II, является аналогом позитивной фазы первичного ответа у животных. Тесная зависимость с сенсорным фактором психофизики была выявлена и для двух первых волн зрительного ответа.

Более высокие значения коэффициентов корреляции были получены при вычислении корреляций с пиковыми значениями амплитуд волн ответа. При определении корреляции с точками ВП, взятыми через каждые 8 мс кривой, коэффициенты были заметно ниже, хотя и достигали уровня статистической достоверности. Этот факт, однако, как уже говорилось, легко объяснить, учитывая малый период ранних волн ответа, которые при таком способе обработки выявлялись менее четко.

Данные о связи сенсорного показателя психофизики с поступлением импульсов по сенсорным путям соответствуют и результатам, полученным другими авторами. Так, в работе К. Н. Дудкина, В. Д. Глезера [1975] было установлено в опытах на животных, что количество нервных импульсов в пачке в различных участках зрительного пути связано с показателем d^4 . Помимо наиболее ранних волн, амплитуда и некоторых промежуточных компонентов ВП с латентностью от 100 до 200 мс обнаружила связь с сенсорным показателем психофизики. Такая корреляция более поздних волн ВП с показателем сенсорной чувствительности, очевидно, выявляет действительно участие сенсорных составляющих в генезе этих волн. Отметим, что в работе Д. Пол и С. Саттона [Paul, Sutton, 1972] также были получены данные о корреляции волны ВП с латентностью несколько больше 100 мс с сенсорным показателем психофизики. О значении сенсорных составляющих в генезе промежуточных по своей латентности волн ВП, которые отражают важнейший этап в обработке стимульной информации, подробно будет сказано ниже.

Можно также отметить, что и ряд компонентов ВП непроекционных областей выявил связь с показателем d^4 . Это относится как к ипсилатеральной раздражению левой соматосенсорной

зоне, так и к лобным областям. Эти связи выражены для компонентов с латентностью приблизительно до 200 мс, т. е. для ранних и промежуточных волн ВП. Такие корреляции могут быть объяснены наличием рассеянных элементов анализатора в этих областях, которые связаны с подкорковыми сенсорными реле и восходящими проекциями, а также поступлением в эти области сенсорной информации по горизонтальным путям из первичной проекционной коры. Наличие проекций такого типа было описано О. С. Адриановым [1976].

Эти данные показывают, что в обработке сенсорной информации участвуют с самого начала не только проекционные зоны, но и другие отделы полушарий. Об этом же свидетельствует и наличие ограниченного числа корреляционных связей в раннем периоде между волнами ВП проекционной и некоторыми непроекционными областями коры, о чем говорилось в разд. 4 предыдущей главы. Можно предполагать, что такие корреляции создают условия для обмена сенсорной информацией между этими областями. Несмотря на значение указанных механизмов для функций, описываемых показателем d^4 , не вызывает сомнения, что наибольшее значение в обеспечении данной перцептивной составляющей имеют процессы, протекающие в первичной корковой зоне, о чем свидетельствуют наиболее высокие корреляции ранних волн ВП проекционной коры с показателем d^4 . Мозговые процессы, связанные с показателем сенсорной чувствительности, захватывают первые 200 мс, однако наиболее интенсивно они протекают в первые 100 мс после раздражения.

В отличие от сенсорного фактора показатель критерия решения обнаружил наиболее высокие корреляции не с ранними, а с поздними волнами ВП. Такая связь была выявлена с волной P_{300} проекционной области коры всеми использованными методами. Достаточно выраженные связи с показателем критерия имели также волны ВП ипсилатеральной раздражению соматосенсорной коры. Особое внимание привлекают многочисленные связи правой и левой лобных областей, которые охватывают большую часть ответа, за исключением его ранних волн. Связи на второй стимул, на который принималось решение, выражены в большей степени, чем на первый. Эти данные могут указывать на ведущую роль лобных областей в принятии перцептивного решения. Интересно, что и некоторые сравнительно ранние волны ВП, особенно непроекционных областей, также выявили связи с критерием решения.

Полученные данные указывают на то, что перцептивный фактор критерия решения обеспечивается сложными мозговыми механизмами, в которых решающую роль играют два процесса: поступление в кору импульсации из подкорковых отделов мозга, в первую очередь из гипоталамо-лимбических центров эмоций и мотиваций, и внутрикорковое взаимодействие. Оба эти фактора, как говорилось в гл. II, принимают участие в генезе поздних волн ВП. Полученные данные дают также указание на то, что мозго-

вые процессы, обеспечивающие перцептивный фактор критерия решения, развиваются в основном в интервалах от 100 до 300 мс после раздражения, но наиболее интенсивны они в периоде от 200 до 300 мс.

Таким образом, физиологические механизмы, обеспечивающие оба перцептивных фактора, оказываются разделенными как во времени, так и в пространстве. Такой вывод как будто бы хорошо согласуется с общими представлениями о специализации функций в нервной системе. В частности, данные о преимущественной связи сенсорного фактора с задними отделами полушарий, где расположены проекционные корковые зоны, а фактора решения — с передними, в частности лобными, областями соответствуют представлениям А. Р. Лурия [1973] об информационном и управляющем блоках мозга.

Вместе с тем эти данные ставят кардинальный для понимания механизмов восприятия вопрос: каким же образом происходит интеграция отдельных составляющих в единую систему, обеспечивающую целостный акт восприятия? Результаты проведенных исследований дают важный материал для ответа на этот вопрос. Отметим вначале, что при рассмотрении рисунка корреляционных связей между отрезками ВП и перцептивными показателями обращает на себя внимание, что связи с сенсорным фактором и фактором решения приходятся на различные, хотя иногда и весьма близкие отрезки кривой. Таким образом, можно предполагать, что в мозге происходит попеременное переключение с механизма, обеспечивающего один из факторов, на другой, как бы перебор и сопоставление сенсорной и несенсорной информации о стимуле. При исследовании психофизиологических корреляций на соматосенсорном анализаторе (разд. I, гл. IV) было показано, что отрицательные волны в целом обнаружили более тесную связь с сенсорным, а положительные — с несенсорным фактором восприятия с общей тенденцией к повышению первых связей в ранней и вторых — в поздней части ВП.

Из этой закономерности, однако, имеется одно, но весьма важное исключение. В одном случае происходит точное совпадение обеих связей во времени и пространстве. Речь идет об отрицательном компоненте с латентностью 140 мс для соматосенсорного и положительном компоненте с латентностью 180 мс для зрительного ВП, причем для ВП только проекционных областей. Эти промежуточные компоненты ВП проекционных областей коры обнаружили корреляцию с показателями как сенсорной чувствительности, так и критерия решения. Эта двойная корреляция позволяет связать генез данных волн ВП с функцией корковых нейронов, на которых осуществляется конвергенция двух афферентных потоков: сенсорного и несенсорного. Речь идет, таким образом, о наложении на сенсорный послеразряд импульсации из подкорковых отделов мозга и других отделов полушарий. Существенно, что такая двойная корреляция для одной из промежуточных волн ВП обоих исследованных анализаторов,

соматосенсорного и зрительного, была получена при всех использованных способах обработки, давших идентичные результаты.

Собственно говоря, данные о такой двойной корреляции промежуточных волн ВП не являются полностью неожиданными. Известно, что эти волны являются смешанными как по своему генезу, так и по информационной значимости. Их амплитуда закономерно изменяется как при изменении физических характеристик стимула, так и их значимости. Например, волна N_{140} соматосенсорного ответа увеличивается и при усилении стимуляции (см. рис. 2), и при привлечении внимания к стимулу [Стрелец, Шумская, 1975]. Аналогичные данные были получены и для промежуточных волн ВП других модальностей [Schwent et al., 1976b].

Весьма важно, однако, что в результате проведенных исследований было показано, что промежуточные волны не только имеют двойной генез с точки зрения их физиологических механизмов, но и обнаруживают двойную корреляцию с обоими психологическими показателями восприятия. На этом основании можно сделать предположение, что мы имеем здесь дело с одним из существенных этапов оценки сигналов мозгом, который связан с синтезом отдельных перцептивных составляющих в единый акт восприятия.

Обоснование этого положения, а также рассмотрение конкретных механизмов, обеспечивающих этот синтез, требует более детального анализа информационных процессов мозга, связанных с оценкой внешнего стимула. Такой анализ может быть проведен на базе концепции информационного синтеза. Как уже говорилось, данная концепция позволила благодаря ее изоморфизму с теорией обнаружения сигнала выбрать физиологические параметры, которые следует сопоставлять с перцептивными характеристиками. Здесь, опираясь на положения этой концепции, мы можем сделать и следующий шаг — подойти к анализу информационного содержания физиологических процессов, закодированных в ВП, и таким путем подойти к пониманию их назначения для осуществления психической функции восприятия.

Корреляция сенсорного фактора d^1 с первыми волнами ответа показывает, что на начальном этапе содержание мозговых процессов составляет преимущественно анализ физических характеристик стимулов, выявление их наиболее существенных для организма признаков. Эти процессы составляют первый этап сенсорно-перцептивного процесса, который может быть обозначен как сенсорный этап.

Информация о физических параметрах сигнала, однако, сама по себе не может еще явиться основой для выработки адаптивного поведения. Это может быть осуществлено лишь после определения значимости стимула для данного индивидуума. Такое определение значимости может быть сделано на основании прошлых встреч организма с данным раздражителем, т. е. на базе условного рефлекса.

Для определения значимости физические характеристики стимула должны быть сопоставлены со следами памяти. Механизмы извлечения следов памяти изучены еще недостаточно, и их описание выходит за рамки данной книги. В этом принимают участие ассоциативные зоны коры, вторичные и третичные поля данного анализатора и структуры гиппокампа. Отражением этих процессов, возможно, являются волны ВП с латентностью от 50 до 100 мс, которые некоторые авторы относят к ассоциативным ответам. В том случае, если в прошлом опыте организма данный (или аналогичный) стимул совпадал с определенной биологически важной деятельностью, происходит активация следов памяти с передачей возбуждения на соответствующие данной деятельности подкорковые центры эмоций и мотиваций. Все эти стадии обработки стимульной информации представляются достаточно очевидными.

Однако дальнейший ход информационных процессов мозга не является столь очевидным, и его нельзя было бы предсказать на основании одних только умозрительных рассуждений. Исследования вызванных потенциалов показывают, что из подкорковых центров возбуждение вновь восходит к коре мозга по системам диффузных проекций. Эти импульсы несут к коре информацию уже не о физических характеристиках стимула, а о его значимости для организма. На этом этапе также имеет место синхронизация активности различных областей коры. Механизм этой синхронизации также, очевидно, связан с приходом возбуждения по неспецифическим проекциям. Синхронизация корковой активности создает оптимальные условия для обмена импульсаций между корковыми областями. При этом в проекционную кору поступает информация как о значимости стимула, так, очевидно, и сведения об иных сенсорных характеристиках физического объекта, обычно связанного с действующим раздражителем.

Представляет интерес рассмотрение соотношения между описанным механизмом информационного синтеза и условным рефлексом. Как уже говорилось, в определении значимости стимула ведущую роль играет механизм условного рефлекса. Классическая схема условного рефлекса включает приход возбуждения в проекционную кору по сенсорным путям, а затем движение возбуждения через проторенные в результате замыкания синапсы к центрам безусловного рефлекса, представленным двигательными отделами коры и подкорковыми центрами эмоций и вегетативных функций организма. Информационное содержание этих процессов также связано с последовательной оценкой стимула по его физическим и биологическим характеристикам. Все это роднит механизмы условного рефлекса и информационного синтеза. Но информационный синтез, как уже говорилось, включает еще одно звено, которое не входит в условный рефлекс, — возврат возбуждения от исполнительных центров к центрам первичной проекции. Значение такого возврата возбуждения на первый взгляд кажется непонятным. После того как определены

физические и биологические параметры сигнала и включены исполнительные механизмы, возвращение в первичную кору как будто бы не имеет особого смысла. Тем не менее оно имеет место, что и находит свое отражение в соответствующих волнах вызванного потенциала, имеющих смешанный генез и обнаруживающих двойную корреляцию с сенсорным и несенсорным индексами перцепции.

Следует отметить, что само по себе понятие обратного хода возбуждения хорошо известно в физиологии. Известны исследования Э. А. Асратяна [1980] по обратным условным связям, труды П. К. Анохина [1968] по обратной афферентации. Здесь хотелось бы, однако, подчеркнуть, что в случае информационного синтеза речь идет не о сумме двух условных рефлексов и не о кольце возбуждения, заменяющем рефлекторную дугу. Не идет в данном случае речь об элементарной обратной связи типа Н-рефлекса, так как такая связь, как правило, представляет собой новый рефлекс, запускаемый предыдущим и вносящий коррекцию в результат совершенного действия. Можно предположить, что хорошо отработанный в эволюции и широко используемый на нижних этапах нервной системы принцип приобретает здесь, при осуществлении высших мозговых функций, новое качество.

В чем же смысл этих процессов? На этот вопрос можно дать следующий ответ. Благодаря механизму возврата возбуждения осуществляется встреча двух информационных потоков, один из которых представляет физические характеристики наличного сигнала, а другой — информацию о субъективной оценке стимула, которая основывается на прошлом опыте, личностных установках и мотивации индивидуума. Тем самым создаются условия для синтеза в проекционной коре всей информации о стимуле, как наличной, так и хранящейся в памяти. Эти процессы составляют второй этап восприятия, который может быть обозначен как этап синтеза. Описывая механизмы восприятия на основе представлений теории обнаружения сигнала, К. В. Бардин и Ю. М. Забродин [1972] говорят о том, что в его основе лежит наложение субъективных оценочных критериев на параметры стимульного ряда. Изученные нами физиологические процессы указывают на конкретный механизм того, как это осуществляется в нервной системе.

Ряд важных фактов указывает на то, что данный механизм синтеза двух видов информации представляет собой существенное, если не ключевое, звено в возникновении ощущения уже как явления не физиологического, а психического порядка. За это говорят следующие соображения. Прежде всего, наличие двойной связи одной из волн вызванного потенциала с перцептивными факторами сенсорной чувствительности и критерия решения имеет место лишь в проекционной коре данного анализатора. В то же время не вызывает сомнения, что возникновение ощущения тесно связано именно с проекционной корой, так как только

возбуждение нейронов этой коры обладает свойством вызывать специфические психические феномены, связанные с восприятием раздражителей данной модальности.

Так, например, во время операции раздражением участков только зрительной коры можно вызвать у больного ощущение света, а раздражением слуховой коры — ощущение звука. Наоборот, никаким воздействием нельзя вызвать обратный эффект, т. е. ощущение звука раздражением зрительной коры. Нельзя также получить стимуляцией, например, соматосенсорной коры ощущение звука или света. Данные о связи специфического для данной модальности ощущения с функцией проекционной коры подтверждаются также на материале клиники, при поражении корковых полей патологическим процессом, например опухолью или кровоизлиянием. Человек с выпадением данной доли коры утрачивает способность испытывать соответствующие ощущения.

Итак, свойство вызывать специфические субъективные ощущения данной модальности тесно связано с возбуждением строго ограниченной группы нейронов проекционной зоны данного анализатора. Интересные соображения по поводу природы этого специфического свойства нервных клеток первичных корковых зон были высказаны Н. И. Чуприковой [1977].

В то же время изложенные ниже данные показывают, что возбуждение данных нейронов является необходимым, но еще недостаточным условием для возникновения ощущения. Это позволяет предположить, что появление ощущения требует прихода в кору второй эфферентной посылки, содержащей информацию о значимости стимула, т. е. «отклика» других отделов мозга на это первичное возбуждение. Интересны в связи с этим соображения А. Н. Леонтьева [1981], что «уже простое восприятие предмета есть отражение его не только как обладающего формой, цветом и т. д., но вместе с тем как имеющего определенное значение» (с. 228).

Анализ психофизиологических корреляций позволяет (и достаточно точно) рассчитать время этого синтеза двух видов информации. Как уже говорилось, оно составляет 140 мс для соматосенсорного и 180 мс для зрительного анализатора. Это время весьма близко к тому, которое получено в психологических исследованиях по определению времени восприятия. Такие исследования были проведены несколькими методами, которые дали в принципе сходные результаты. Дополнительно об этом будет сказано в гл. VII, при изложении результатов собственных исследований по определению времени восприятия.

Главным результатом всех этих работ является неожиданный на первый взгляд факт, что ощущение возникает значительно позднее того момента, когда афферентные посылки приходят в кору мозга, что занимает всего 20—40 мс. Большинство проведенных ранее исследований времени восприятия основано на сопоставлении результатов действия некоторых стимулов. Так, в

одном из экспериментов Ф. Фрелиха [Fröhlich, 1929] по коже предплечья проводили заостренным стержнем, и в это время давалась яркая вспышка света. Испытуемый должен был показать, где находился заостренный стержень в тот момент, когда он увидел световую вспышку. Оказалось, что кажущееся положение стержня было смещено на некоторое расстояние по сравнению с его истинным местонахождением в момент вспышки. Отсюда можно было рассчитать время зрительного восприятия. В действительности, правда, здесь правильное было говорить не об абсолютном времени возникновения ощущения, а об относительном сдвиге между временем зрительного и тактильного ощущения. Это же замечание может быть отнесено к другим исследованиям этого автора. В экспериментах Ф. Фрелиха время ощущения оказалось около 100 мс, т. е. значительно больше того, которое требуется для прихода сенсорных импульсов в первичную кору.

Другим методом, использовавшимся для определения времени восприятия, является метод обратной маскировки [Riegon, 1960]. Он заключается в подаче двух световых стимулов, разделенных небольшим интервалом времени. Второй раздражитель имеет большую интенсивность, чем первый, и в зависимости от интервала между стимулами вызывает различные изменения восприятия первого стимула. При небольших интервалах первый раздражитель не воспринимается, т. е. наступает маскирующий эффект. Отставляя постепенно второй стимул от первого, можно найти то время, когда испытуемый видит первый стимул. Принимается, что это указывает на то, что его восприятие до прихода импульсов от второго сигнала закончено, что и позволяет измерить это время. В среднем оно составляет около 100 мс, хотя оно и зависит от многих факторов, в том числе и от яркости маскирующего раздражителя. Кроме того, поскольку интеграция двух сигналов осуществляется в коре, к этому времени следует прибавить время, которое требуется для прихода маскирующих импульсов в зрительную кору, т. е. 30—40 мс, а возможно, и больше, если маскировка осуществляется не в первичных, а во вторичных полях. Таким образом, общее время восприятия, измеренное методом обратной маскировки, составляет 130—150 мс.

Одним из вариантов данного метода является тахистоскопическая смена изображений. Данные, полученные этим методом, указывают на время восприятия, равное 110—150 мс [Невская, 1967]. К этому интервалу также, очевидно, следует прибавить те же 30—40 мс, требующиеся для прихода импульсов в кору. Правда, в случае смены изображений, возможно, следует говорить уже не столько о времени возникновения ощущения, сколько о его минимальной длительности. По некоторым данным, эта длительность составляет 150—170 мс [Гольдбург, Макаров, 1971].

Время тактильного восприятия исследовалось в меньшем числе работ. Ряд авторов указывают на время в 130 мс. Это время определялось, в частности, путем прикалывания к коже зубца

того колеса, вращаемого с различной скоростью. При этом было показано, что испытуемый воспринимает каждое прикосновение зубца шестерни к коже, если интервал между ними составляет не менее 130 мс [Ананьев, 1961]. Такое же время указано и в некоторых учебных пособиях. Здесь, однако, так же, как и при тахистоскопическом предъявлении зрительных изображений, правильно, вероятно, говорить не о времени, а о минимальной длительности ощущения. Такой временной «квант ощущения» получил в когнитивной психологии название перцептивного момента. Внутри него последовательные перцептивные события воспринимаются как одновременные [Величковский, 1982].

Все указанные методы измерения времени восприятия построены, однако, на сопоставлении действия двух или нескольких сигналов. Результат определяется при этом на основании сравнительной оценки восприятия этих сигналов. Полученные данные поэтому могут дать лишь косвенные указания на действительное время восприятия. Более точные результаты могли бы быть получены, если бы удалось связать возникновение ощущения с определенным объективным внутримозговым феноменом. В этом случае, измерив время между моментом предъявления стимула и данным мозговым процессом, можно было бы получить более точные указания на время возникновения ощущения.

Нам удалось найти форму эксперимента, позволившего провести такие измерения. Результаты этих исследований подробно описаны в главе VII, посвященной изучению медленной активности мозга и ее роли в механизмах восприятия. В основе этих измерений лежит установленная связь между оценкой сравнительной интенсивности зрительных стимулов и колебаниями медленной активности коры. Проведенные исследования дали результат в 175 мс для времени зрительного восприятия.

Некоторые указания о времени восприятия дают также исследования Б. Либет и др. [Libet et al., 1967], которые изучали соматосенсорные ВП обнаженной коры на слабые соматосенсорные раздражения. При этом было установлено, что подпороговые стимулы вызывают в коре появление лишь ранних, но не поздних волн ВП. Поздние компоненты начинают регистрироваться лишь в том случае, если раздражения достигают порогового уровня и осознаются испытуемым. Латентность этих поздних волн ВП составляла около 130 мс. Интересно, что в другой работе Б. Либет [Libet, 1966] было показано, что одиночного краткого раздражения соматосенсорной коры недостаточно для возникновения тактильного ощущения. Чтобы вызвать ощущение, раздражитель должен действовать при этом в течение известного периода времени.

Таким образом, данные, полученные в наиболее точных исследованиях, когда восприятие связывается с внутримозговым феноменом, а не с результатом относительного действия нескольких стимулов, дают для времени восприятия цифры, почти пол-

ностью совпадающие с латентностью волн зрительного (180 мс) и соматосенсорного (140 мс) ответов, отражающих процессы информационного синтеза. Это обстоятельство дает веское подтверждение положению о том, что этот синтез связан с ощущением.

Выше уже говорилось о том, что в данном временном интервале имеет место синхронизация активности различных областей коры, что создает условие для обмена информации между ними. На этой основе было высказано предположение, что в проекционную кору поступает при этом информация о других сенсорных характеристиках воспринимаемого объекта, полученных в прошлом опыте индивидуума с помощью других анализаторов. По мнению некоторых авторов [Ливанов, 1972; Кратин, 1982], такая полимодальность сенсорного образа является необходимым условием для возникновения субъективного ощущения. Так, например, зрительный образ ножа дополняется данными, полученными ранее с помощью других анализаторов, например тактильного. Элементарный сенсорный образ дополняется, следовательно, информацией, полученной в течение предшествующей жизни, что соответствует описанному И. М. Сеченовым принципу развития рефлекторной деятельности от элементарных рефлексов к их сложным системам, являющимся основой психических образов. Этот же вывод хорошо согласуется и с представлениями П. Г. Костюка [1977] о механизмах построения субъективного образа на основе активации временных связей, образовавшихся в онтогенезе в ответ на данный стимул.

Такая интеграция предполагает и наличие определенного центра, куда сходятся различные виды информации о стимуле. Проведенные исследования показывают, что в качестве такого центра выступает проекционная зона данного анализатора, функция которой, таким образом, значительно выходит за рамки простой проекции периферических раздражений. Дополнительные данные в пользу этого факта приведены в главе VII при изложении данных о микрополяризации коры. Значение процессов, происходящих в проекционной коре, подчеркивается и избирательной активацией этой коры, проявляющейся в виде разностной отрицательной волны, развитие которой по времени совпадает со вторым этапом восприятия — этапом синтеза.

Локализация центра интеграции в проекционной коре определяет и тот существенный момент, что «воспоминания» о прошлых раздражениях, конвергируя к месту проекции наличного сигнала и составляя важное звено в возникновении субъективного образа, не заменяют вместе с тем ощущения реальности действующего стимула, его модальной специфичности. Так, видя перед собой нож и зная, что им можно резать хлеб, мы в то же время знаем, что в данный момент мы только видим его, а не чувствуем его прикосновение. По выражению И. В. Гете, мы, к сожалению, можем вызвать у себя в сознании лишь воспоминания, но не ощущения.

В пользу высказанной точки зрения о генезе ощущения на основе синтеза информации о физических и сигнальных свойствах стимула можно также привести следующий факт. Из психологии восприятия известно [Ломов, 1966; Завалишин и др., 1976, Шектер, 1981], что субъективный образ имеет свойство как бы разворачиваться во времени. Сначала человек замечает некоторые более общие признаки стимула, например контур изображения, и лишь затем на нем проступают детали наиболее ценные, информативные. Это было бы совершенно непонятно, если бы ощущение определялось только приходом сенсорной информации в кору, ведь такая информация, «фотография объекта» приходит в кору практически одновременно, одномоментно. В то же время данный феномен легко объясним с развиваемой нами точки зрения. Информация о значимости стимула приходит в проекционную кору последовательно, после срабатывания механизмов, извлекающих соответствующие данные из памяти, и тем самым «высвечивает», «проявляет» необходимые детали, которые только после этого возникают в ощущении, переводятся в сферу осознанного восприятия.

Таким образом, ощущение основано на синтезе физических и сигнальных свойств стимула, хотя эти последние присутствуют в ощущении в неявной форме, и значимость объекта на данном этапе, как правило, еще не осознается. Осознание значимости стимула осуществляется лишь на следующем, третьем этапе восприятия.

Прежде чем перейти к подробному описанию этого этапа, целесообразно, однако, остановиться на большой группе работ, посвященных связи промежуточных волн ВП, отражающих процесс информационного синтеза, с процессами внимания и межканальной селекцией поступающей информации. Хотя авторы этих исследований и исходили из несколько иных установок, результаты этих исследований, с нашей точки зрения, дают ценный материал для подтверждения развиваемой нами системы взглядов. Эти исследования были проведены в основном в трех ведущих психофизиологических лабораториях во главе с С. Хильярдом, Р. Наатаненом и Ж. Десмедтом.

В одном из таких исследований [Hillyard et al., 1973] стимулы различной высоты в случайном порядке предъявлялись через наушники к правому или левому уху, причем только тоны определенной высоты и только подаваемые с одной стороны определялись инструкцией как значимые, релевантные. При этом было установлено, что волна N_1 слухового ВП с латентностью около 140 мс увеличивалась в канале, к которому привлекалось внимание и на релевантные, и на нерелевантные стимулы, в то время как волна P_{300} регистрировалась только на релевантные стимулы, так называемые «стимулы-цели». Авторы сделали вывод, что волна N_1 отражает процессы селективного внимания, т. е. предварительной селекцией, которая позволяет исключить из дальнейшего анализа целый класс незначимых стимулов.

В следующем эксперименте [Schwent, Hillyard, 1975] использовалось не два, а четыре пространственных источника стимуляции, или «канала». Четыре вида тонов, различающихся по высоте, предъявлялись к четырем точкам головы испытуемого: к левому уху, к точке, расположенной слева на поперечной линии, соединяющей оба уха, к точке, расположенной справа по этой линии, и к правому уху. Этот эксперимент подтвердил наличие « N_1 -эффекта» (т. е. увеличения данной волны), связанного с селективным вниманием, также и в условиях наличия четырех стимульных каналов.

Далее, В. Швент с соавт. [Schwent et al., 1976] предлагали испытуемому различать стимулы — тоны трех различных высот только по высоте (испытуемый нажимал кнопку на тон нужной высоты) или же только по пространственному источнику (т. е. нажимать кнопку в каждой последовательной серии на тоны, предъявляемые либо к левому, либо к правому уху, либо к центру головы). « N_1 -эффект» обнаруживался в обеих модификациях эксперимента, однако, лишь для двух «крайних» высот или для двух «крайних» пространственных локализаций; при привлечении внимания к тону средней из трех высот или к тонам, предъявляемым к центру головы, этот эффект отсутствовал. Отсюда возникло предположение об ограниченности ресурсов для переработки информации в канале, к которому привлекается внимание.

Р. Хинк и др. [Hink et al., 1977] поставили также эксперимент, в котором внимание привлекалось не к одному, а сразу к нескольким каналам. Они предположили, что информация в этих каналах будет перерабатываться конкурирующим образом, что должно найти отражение в изменении амплитуды N_1 ВП на стимулы, к которым будет одновременно привлечено внимание. Использовались две стимульные категории: четыре бессмысленных слога — «ба, да, джа и га», произносимые мужским голосом и предъявляемые в одно ухо, и четыре звука, напоминающие естественные — падение воды, пиление дерева, удар молотка по металлу и собачий лай, предъявляемые в другое ухо. В каждой серии имелось два «целевых» стимула: в одной ситуации оба «целевых» стимула относились к одной и той же категории (например, слоги «ба» и «да»), в другой — к разным категориям (например, слог «ба» и стук молотка по железу). Первая ситуация называлась «фокусированным вниманием», вторая «разделенным вниманием». Записывались также ВП на стимулы в «пассивной» ситуации, при предъявлении данного стимульного материала без каких-либо инструкций, требующих выполнения задания.

Результаты этого эксперимента, как и предполагали авторы, показали, что в условиях «фокусированного внимания» амплитуда волны N_1 ВП на стимулы, предъявлявшиеся к уху, к которому привлекалось внимание, была больше, чем на стимулы,

предъявлявшиеся в противоположное ухо. В ситуации «разделенного внимания» волна N_1 в ВП на «внимаемые» стимулы имела амплитуду, среднюю между ее величиной на значимые и незначимые стимулы, предъявлявшиеся в первой серии. В «пассивной» ситуации амплитуда волны N_1 была равна аналогичному показателю в «игнорируемом» канале, т. е. в ВП на стимулы, подаваемые к уху, к которому не привлекалось внимание.

Во всех изложенных выше экспериментах со слуховой модальностью использовалась приблизительно одинаковая экспериментальная схема: внимание привлекалось то к одному, то к другому стимульному источнику (каналу), применялись более частые стандартные стимулы и более редкие «целевые»; использовалась случайная последовательность предъявления стандартных и целевых стимулов и очень короткие межстимульные интервалы (их средние значения варьировались в разных экспериментах в диапазоне 200—400 мс), которые также были рандомизированы. Все эти условия стимуляции сводятся к относительно легкой «дискриминации» или различению стимулов по пространственному источнику (канальная селекция), относительно трудной дискриминации по высоте (селекция «цели») и высоким требованиям к испытуемому в смысле необходимости очень быстро, в крайне сжатые временные периоды («time pressure») давать реакцию на нужный стимул, чтобы этому не помешало предъявление следующего стимула.

Результаты этих экспериментов оказались в целом сходными в том отношении, что они выявили увеличение амплитуды компонента N_1 на стимулы, к которым привлекалось внимание (« N_1 -эффект»). Следует отметить, что этот эффект отмечался как для целевых, так и для стандартных (дифференцируемых) стимулов, следовательно, он не зависел от значимости стимула как «цели» (релевантности) и от вероятности предъявления, а только от канала, к которому привлекалось внимание. В отличие от этого волна P_3 (P_{300}) регистрировалась только на «стимулы-цели».

Ж. Десмедт и Д. Робертсон [Desmedt, Robertson, 1977] провели аналогичные эксперименты на соматосенсорном анализаторе. Они производили стимуляцию двух пальцев на каждой руке (второго и третьего) в случайном порядке и регистрировали ВП на стимуляцию каждого из пальцев отдельно, причем в разных сериях внимание привлекалось то к правой, то к левой руке. Кроме того, стимулы, предъявляемые к одному из пальцев руки, к которой привлекалось внимание испытуемого, по инструкции являлись «целями»; испытуемый должен был их считать. Было обнаружено, что амплитуда хорошо выраженного компонента N_{140} соматосенсорного ВП была значимо выше при отведении от той руки, к которой привлекалось внимание, причем это увеличение амплитуды N_{140} относилось как к ВП, записываемым на целевые стимулы (стимулы, предъявляемые к одному из пальцев, которые следовало считать), так и к ВП, записываемым на

стандартные стимулы (стимулы, предъявляемые к смежному пальцу); вероятность стандартных и целевых стимулов была одинаковой. Скорость предъявления стимулов была высокой, межстимульные интервалы варьировали от 250 до 570 мс (средний интервал составил 410 мс). Таким образом, данные этих авторов показали, что волна N_{140} соматосенсорного ВП также связана с селективным вниманием и не зависит от того, является ли стимул во «внимаемом» канале «целью» или «стандартом», тогда как последующая, хорошо выраженная позитивная волна P_{300} отчетливо регистрировалась лишь на целевые стимулы.

Данные, полученные в этих экспериментах на соматосенсорном анализаторе, были определены почти в тех же условиях, что и на слуховом; исключение составляла только равная вероятность предъявления целевых и стандартных стимулов. Как видно из эксперимента, вероятность предъявления не оказывает влияния на эффект межканального селективного внимания (в данном случае «каналами», или стимульными источниками, являлись правая или левая рука испытуемого). При медленной скорости предъявления стимулов (межстимульный интервал, МСИ, от 500 до 4000 с, средний МСИ 500 мс) авторам [Desmedt et al., 1977] не удалось выявить эффекта селективного внимания на волну N_{140} . Однако при тех же больших межстимульных интервалах Ж. Десмедт и Д. Робертсон [Desmedt, Robertson, 1977] получили « N_1 -эффект» в эксперименте с двумя модальностями, когда слуховые стимулы (щелчки) предъявлялись наряду с электрической стимуляцией пальцев в единой рандомизированной последовательности. Таким образом, в бимодальном эксперименте « N_1 -эффект» также может быть выявлен и при относительно медленной скорости предъявления стимулов.

Аналогичный эффект отражения селективного внимания в промежуточных волнах ВП (N_1 -эффект) был получен и на зрительном анализаторе [Van Voorhis, Hilliard, 1977]. ВП записывались на световые точки (зрительный угол в 1°), предъявляемые на 20° латеральнее точки фиксации взора, отдельно в каждую половину поля зрения. Внимание привлекалось то к левой, то к правой точке. Латентность « N_1 -эффекта» на зрительной модальности варьировала от 50 до 200 мс. Этот эффект для зрительной модальности выявлялся в затылочной области лишь на быстрой скорости стимуляции (рандомизированные интервалы от 300 до 600 мс со средними МСИ 450 мс). При двух более медленных скоростях предъявления (средние МСИ 2500 мс соответственно) « N_1 -эффект» в затылочной области отсутствовал, однако в отличие от слуховой модальности отмечалось значительное повышение амплитуды позитивных компонентов P_1 , P_2 , P_3 в ВП затылочной области; особенно выраженным это повышение было для волны P_2 (P_{200}). В области вертекса имелся устойчивый « N_1 -эффект» при всех межстимульных интервалах.

Таким образом, в зрительной модальности также был обнаружен « N_1 -эффект» в проекционной зоне только при высокой ско-

рости предъявления стимулов со случайными интервалами, что, по-видимому, было необходимо для создания у испытуемых настройки на быстрое выполнение задания по межканальной селекции. Однако у них отмечалось также повышение амплитуды позитивных компонентов, особенно волны P_2 в затылочной области.

Дополнительные исследования, проведенные, в частности, Р. Наатаненом и П. Миши [Näätänen, Michie, 1979], показали, что увеличение амплитуды промежуточных волн ВП на стимулы, находящиеся в области селективного внимания, имеет двойкий генез. Наряду с экзогенным увеличением их амплитуды имеет место и развитие в этом интервале эндогенной негативной волны, отражающей селективную активацию коры. Как показали наши эксперименты, описанные в главе IV, эта активация может быть связана с функцией медиоталамической фронто-кортикальной системы.

Современная когнитивная психология рассматривает процессы внимания и сознания как весьма тесно связанные. Ряд авторов даже ставят между ними знак равенства, хотя такая крайняя точка зрения, очевидно, не может считаться правильной [Величковский, 1982]. Результаты приведенных выше исследований, указывающих на то, что промежуточные волны ВП отражают процессы привлечения внимания к определенному классу сигналов, как нам кажется, по своему внутреннему смыслу близки к развиваемой нами точке зрения о связи этих волн с мозговыми механизмами, лежащими в основе ощущения, с «выходом физиологических процессов на уровень сознания». Мы ощущаем, осознаем весь класс сигналов, имеющих в данный момент наибольшее значение, и игнорируем, не замечаем раздражения, не актуальные для решения стоящих перед организмом задач. В пользу связи промежуточных волн ВП с ощущением и два отмеченных выше факта — большая выраженность N_1 -эффекта для слухового и соматосенсорного анализатора по сравнению со зрительным и отражение селективного внимания в позитивных компонентах зрительного анализатора. Первый факт может быть сопоставлен с тем, что способность «не замечать раздражитель» в большей степени свойственна в отношении слуховых и особенно тактильных сигналов, чем зрительных. Второй факт интересно сопоставить с тем, что для зрительного анализатора именно позитивная (а не негативная, как для соматосенсорного анализатора) волна ВП обнаружила двойную связь с психофизическими индексами. Подтверждением высказанной точки зрения являются и данные М. Веласко с соавт. [Velasco et al., 1980] о том, что волна N_{140} регистрируется только в бодрствующем состоянии, исчезая и заменяясь другими колебаниями во время медленного сна.

Говоря о тесной связи процессов селективного внимания с сознанием и ощущением, уместно вспомнить и представления И. П. Павлова о физиологической природе сознания. И. П. Павлов писал: «Сознание представляется мне нервной деятельно-

стью определенного участка коры больших полушарий, в данный момент, при данных условиях обладающего известной оптимальной (вероятно, это будет средняя) возбудимостью. В этот момент вся остальная часть больших полушарий находится в состоянии более или менее пониженной возбудимости. В участке больших полушарий с оптимальной возбудимостью легко образуются новые условные рефлексы и вырабатываются дифференцировки. Это есть, таким образом, в данный момент, так сказать, творческий отдел больших полушарий»¹.

Итак, второй этап восприятия, отражающий синтез всей информации о стимуле, как наличной, так и хранящейся в памяти, связан с возникновением ощущения. На данном этапе внешний объект предстает в сознании преимущественно как совокупность его физических характеристик. Осознание значимости стимула, его опознание составляет содержание третьего этапа восприятия, который может быть обозначен как этап перцептивного решения. Как показывает изучение корреляций между параметрами вызванного потенциала и перцептивными факторами, наиболее четко этот этап выражается в волне P_{300} . Центр интеграции при этом перемещается в лобные отделы полушарий, где связи компонентов ВП с фактором критерия решения более выражены, по сравнению с проекционными отделами коры.

Этап решения также требует согласованной работы различных мозговых отделов, о чем свидетельствует и достаточно высокая степень синхронизации электрической активности мозга в период после 200 мс от момента нанесения стимула. Особенно такая синхронизация выражена при действии второго раздражителя, после которого испытуемый должен был решать, предъявлялись ли ему пары одинаковых или разных стимулов. Интегративный характер процессов, обеспечивающих принятие перцептивного решения, подчеркивается диффузной активацией коры в этом временном интервале. Это было показано при изучении разностной отрицательной волны. Третий этап восприятия совпадает со вторым пиком этой волны, который в отличие от первого, локального пика, выявляемого лишь в проекционной коре, регистрируется во всех корковых отделах.

Некоторые дополнительные данные о сущности мозговых процессов, связанных с перцептивным решением, могут быть получены из исследований, посвященных анализу функционального смысла и информационной значимости волны P_{300} , которая в наших исследованиях обнаружила наиболее высокую корреляцию с критерием решения.

Волна P_{300} тесно связана с оценкой информативности стимулов, что было известно, начиная с ранних работ С. Саттона и др. [Sutton et al., 1965]. Более детальные исследования показали, что эта волна отражает не только собственно опознание стиму-

ла, но и изменение стратегии субъекта, связанное с изменением стереотипа стимуляции [Sutton et al., 1967]. Такое изменение стратегии определяется соотношением априорной и апостериорной вероятности предъявления стимула [Squires et al., 1973a, 1973b; Sutton, 1979]². Оно связано с перестройкой следов памяти о стимульной последовательности [Squires et al., 1977], причем процесс перестройки, отражающийся в волне P_{300} , может быть описан определенной константой (0,4 и 0,6 для стимулов различной значимости и модальности). Важно, что эти константы совпадают с константой разрушения памяти на предшествовавшие события, полученной в психологических экспериментах.

Е. Дончин [Donchin, 1981], основываясь на концепции У. Найсера [1981] о «перцептивном цикле», высказывает точку зрения о том, что роль P_{300} в информационных процессах мозга состоит в отражении информации, встречающейся в «контексте», окружающем субъекта («context updating»). У субъекта существует определенная «перцептивная готовность», он постоянно конструирует ожидания определенного типа информации, которые дают ему возможность воспринять ее, когда она станет доступной. Информация, поступившая после решения, «питает обратно» генератор гипотезы, модифицируя будущую гипотезу. P_{300} наблюдается в условиях, когда ожидания субъекта «ломаются»: стимулы, которые вызывают удивление, попадают на текущие когнитивные процессы, что приводит к «ревизии» этих процессов и моделей окружающей среды. Подобная точка зрения сходна с положением об ориентировочной реакции при наличии «рассогласования» между ожидаемой и наличной ситуацией [Соколов, 1960]. Е. Дончин, однако, расширяет это представление до «нейронной модели когнитивных ожиданий» субъекта. В известной мере сходные взгляды на значение волны P_{300} были высказаны также А. Ангеловым с соавт. [Anglov et al., 1980], которые рассматривают ее как отражение процессов перестройки вероятностного прогноза.

В некоторых исследованиях [McCarthy, Donchin, 1978] волна P_{300} рассматривается как отражение деятельности центрального когнитивного процессора с ограниченными ресурсами (или ограниченной мощностью), причем в зависимости от характера задания и его сложности имеет место перераспределение ресурсов, что находит отражение в амплитуде данного компонента ВП. В случае полного использования ресурсов когнитивного процессора волна P_{300} может уже не реагировать на изменения условий стимуляции. В этом случае могут также наблюдаться диссоциации между параметрами ВП и поведенческими показателями. Отметим также, что уже в упомянутых работах С. Хильярда с соавт. [Hilliard et al., 1973] и Ж. Десмедта с соавт. [Desmedt et al., 1977] волна P_{300} регистрировалась лишь на предъявление

¹ Павлов И. П. Поли. собр. соч. М.; Л.: Изд-во АМН СССР, 1951, т. 3, кн. 1, с. 247—249.

² Можно провести, очевидно, известную параллель между этими понятиями и формулой эмоций, предложенной П. В. Симоновым [1981].

значимых стимулов — стимулов-целей. По этому признаку она существенно отличалась от промежуточных компонентов ВП, например волны N_{140} , которая увеличивалась на все стимулы, поступающие по релевантному каналу. Следовательно, в отличие от промежуточных волн ВП, отражающих предварительную селекцию сигналов, волна P_{300} отражает процессы, связанные с опознанием только значимых стимулов.

Некоторые авторы [Hillyard, 1971; Paul, Sutton, 1972; Squires et al., 1973] отмечают положительную корреляцию между амплитудой волны P_{300} и критерием решения, описываемым теорией обнаружения сигнала. При этом более высокая амплитуда волны соответствовала большей уверенности субъекта в правильном решении. Несмотря на некоторые различия в методике эксперимента, можно считать, что эти данные находятся в хорошем соответствии с полученными в наших исследованиях, в которых характер инструкций ориентировал испытуемого на большую степень уверенности в своих действиях в одной из серий. Это сопровождалось более высоким уровнем ложных тревог и повышением амплитуды P_{300} .

Таким образом, значение третьего этапа восприятия — этапа перцептивного решения — заключается в том, что после возникновения ощущения субъект должен опознать стимул, отождествив его с определенным, известным ему по прошлому опыту классом объектов. Может показаться, что сказанное вступает в некоторое противоречие с тем, что говорилось ранее, а именно с тем, что в ощущении уже присутствует (хотя и не явно) значимость стимула. Суть дела здесь, очевидно, заключается именно в том, что на втором этапе восприятия значение стимула, как об этом говорил А. Н. Леонтьев [1981], интроспективно не осознается, тогда как на третьем этапе — этапе решения — значение в большинстве случаев переводится в сферу сознания. Отметим, что в понятие перцептивного решения может входить как опознание, категоризация сигнала, так и решение о невозможности его опознания из-за недостаточности имеющейся информации.

Различия между двумя типами опознания стимула, осуществляемыми на втором и третьем этапах восприятия, весьма демонстративно выступают в различных типах реакций. Подробно об этом будет сказано ниже. Здесь важно подчеркнуть, что осознанное определение значимости стимула требует использования понятийного аппарата, включая во многих случаях и вовлечение в функцию речевых корковых зон. Диффузная активация мозговых структур и высокая степень корреляции между активностью различных корковых отделов говорят в пользу этого предположения.

Э. Коурчесн с соавт. [Courchesne et al., 1975, 1978] показали, что P_{300} отражает процесс категоризации стимула, т. е. огнесение данного стимула к какой-либо стимульной категории. В поддержку точки зрения об осознанном характере перцептивного решения, составляющего суть третьего этапа восприятия, можно

привести мнение М. Познера [Posner, 1975, 1978]. М. Познер высказал предположение, что амплитуда волны P_{300} отражает функцию «центрального процессора», что, по его мнению, отождествляется с «сознательным восприятием» («conscious awareness»).

Е. Дончин высказывает точку зрения на P_{300} , более близкую к той, которую выдвигает М. Познер, что P_{300} отражает «единый когнитивный процессор», но в отличие от М. Познера Е. Дончин считает, что функция этого процессора не обязательно осуществляется на осознанном уровне. В пользу последнего свидетельствуют данные Э. А. Костандова [1983], показавшего, что на предъявление неосознанного эмоционального стимула амплитуда волны P_{300} больше, чем на нейтральный стимул. Правда, в работах Э. А. Костандова использовались преимущественно раздражители, не воспринимаемые в результате феномена «перцептивной защиты», которые следует отличать от стимулов, не имеющих для субъекта определенного значения и поэтому не выходящих на уровень сознания.

Перцептивное решение, составляющее третий этап восприятия, в свою очередь, следует отличать от решения произвести то или иное действие, например нажимать или не нажимать кнопку. Решение о выполнении определенного действия уже выходит за рамки собственно восприятия, хотя и основывается на его результатах. В наших исследованиях третий этап восприятия приблизительно занимал период времени от 200 до 300 мс после стимула. Однако в отличие от первого и второго этапов, длительность которых достаточно строго фиксирована, третий этап, очевидно, может занимать и более длительное время. Это определяется в первую очередь сложностью задачи, в том числе количеством альтернатив, которые стоят перед испытуемым. В наших исследованиях испытуемый должен был сделать лишь один выбор: предъявлялись ему пары разных или одинаковых стимулов. При более сложных задачах решение требует перебора значительно большего числа возможностей, причем известно, что время, в течение которого производится опознание, строго зависит от этого числа. Для описания этих закономерностей выведен ряд эмпирических формул. А. Н. Лебедевым [Забродин, Лебедев, 1977] была сделана интересная попытка связать определенной математической зависимостью время, необходимое для принятия решения при разном числе альтернатив, с некоторыми фундаментальными мозговыми закономерностями.

Все эти данные указывают на сложность мозговых процессов, лежащих в основе третьего этапа восприятия — этапа перцептивного решения. Важно, однако, что психический процесс, связанный с опознанием, также обнаруживает хорошую корреляцию с определенными физиологическими показателями, в том числе с волнами вызванного потенциала.

Таким образом, проведенные исследования дали возможность описать определенные физиологические механизмы, лежащие в

основе одного из центральных психических актов — восприятия (рис. 26). Эти механизмы могут быть подразделены на три этапа: сенсорный этап, этап синтеза и этап перцептивного решения, каждый продолжительностью около 100 мс. Существенной чертой этих механизмов является интегративный характер физиологических процессов, обеспечивающих психическую функцию, что особенно выражено для двух последних этапов восприятия. В этих процессах важную роль играет не только анализ конкретных характеристик действующего стимула. В оценку сигнала вовлекаются многие структуры мозга, связанные с эмоциями, мотивацией и селективным вниманием. Большое значение при этом имеют процессы памяти, индивидуальный опыт субъекта, который является неотъемлемым элементом психики. Используя слова поэта Р. Рождественского, можно сказать, что психика «всегда диалог прошлого с настоящим».

Восприятие, таким образом, это не столько реакция определенных отделов мозга на внешнее воздействие, сколько реакция всего мозга или по крайней мере его важнейших отделов на эту первичную реакцию. Психическая функция возникает на стыке, на соединении внешнего и внутреннего, наличного стимула и памяти. Возникновение ощущения на основе синтеза двух видов информации о стимуле — его физических характеристик и сигнальной биологической значимости — определяет и характер ощущений, в котором соединяются, интегрируются физические свойства стимула и его чувственная, личностная окраска, что делает восприятие внешнего мира эмоционально насыщенным и активным. По мысли П. К. Анохина [1978], функция психики состоит именно в суммарной оценке полезности и вредности данного стимула для организма.

Положение об интегративном характере мозговых процессов, обеспечивающих психические функции, в том числе восприятие, в известной мере позволяет ответить на вопрос, в чем же отличие психического отражения от более простых реакций на внешний стимул. Схематически на этот вопрос можно ответить следующим образом. При простых реакциях в функцию вовлекается лишь необходимый минимум мозговых структур, тогда как в реакциях, опосредованных на уровне сознания, участвуют все важнейшие отделы мозга.

В организации этих функций значительную роль играет описанный выше механизм возврата возбуждения. Как говорилось выше, этот возврат возбуждения представляет собой «дополнительное звено» в классической схеме условного рефлекса. При этом включение исполнительных механизмов относительно простых, автоматизированных реакций может быть осуществлено еще до возврата возбуждения в кору и процессов информационного синтеза. Так, время простой двигательной реакции, по данным разных авторов, может быть равно или несколько больше 100—150 мс. Это время практически полностью совпадает с тем, которое, по теоретическим расчетам, требуется для кратчайше-

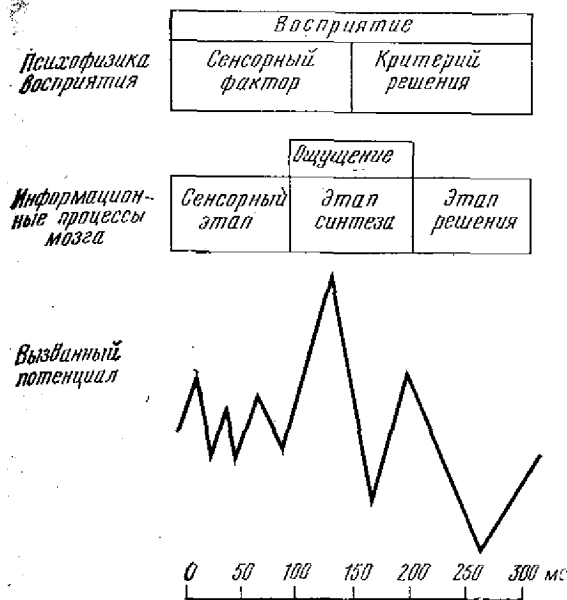


Рис. 26. Три этапа восприятия и их отражение в рисунке ВП мозга

Сенсорный этап включает анализ физических характеристик стимула; на этапе синтеза осуществляется синтез информации физических и сигнальных характеристик стимула; на третьем этапе перцептивного решения осуществляется опознание, категоризация стимула

го проведения возбуждения по афферентному и эффекторному звеньям рефлекса. Во многих таких реакциях движение может, очевидно, опережать возникновение ощущения или же осуществляться без него. Так, могут опережать ощущения некоторые реакции боксера, действия водителей транспорта в экстренных ситуациях, когда нога «сама нажимает на педаль тормоза».

Дискуссии первой половины XIX в., когда обсуждался вопрос о том, сопровождаются ли рефлекторные ответы ощущением, или же это удел только «произвольных» движений, очевидно, не потеряли полностью своего значения и до настоящего времени. Говоря о том, что эмоция (например, страха) иногда приходит после поступка, поэт Н. Доризо [1982] использует красивое сравнение — «как звук приходит после света». Это же сравнение, очевидно, может быть использовано для описываемого нами случая автоматизированных реакций с последующим их осознанием.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что, очевидно, можно говорить и еще об одном типе реакций, которые нельзя отнести ни к полностью автоматизированным и ни к реакциям, сопровождающимся полным опознанием и осознанием стимула. По мнению ряда авторов [Pritchard, 1981], в этом случае роль идентификации стимула «выполняет» не волна P_{300} , а компонент N_{200} или даже P_{165} , т. е. компоненты, относимые нами к промежуточным. Такое заключение было сделано на основании экспериментов, в которых на данный стимул регистрировались не только ВП, но и время реакции. При этом было установлено, что в одних случаях латентность волны P_{300} была

короче, чем время реакции (ВР), и тогда «мозговой ответ» предшествовал двигательному, а в других превышала ВР, в результате чего двигательный ответ предшествовал «мозговому». На основании этих данных некоторые авторы даже ставили под сомнение возможность использовать P_{300} как показатель мозговой функции или «мозговой код» [Uttal, 1973].

Однако последующие детальные исследования рассеяли эти сомнения. Было показано, что имеющиеся расхождения были связаны с тем, что речь шла о различных типах реакций, отличающихся степенью осознания значимости стимула и полной его опознания [Donchin, 1981]. При решении более сложной перцептивной задачи, требующей полного осознания, корреляция между латентностью волны P_{300} и ВР оказывается весьма высокой, хотя ее латентность при этом возрастает иногда до 600—700 мс. В тех случаях, когда имеет место более автоматизированная переработка стимульной информации, она может завершаться на более ранних этапах, и P_{300} либо совсем не возникает (если степень «сознательного усилия» субъекта в когнитивной переработке слишком мала), либо возникает с более короткой латентностью, причем ее корреляция со временем реакции при этом нарушается.

Таким образом, определенная связь между латентностью P_{300} и ВР не обязательна. Е. Дончин считает, что латентность P_{300} определяется одним подвидом процессов, вызываемых стимулом, тогда как ВР определяется другим подвидом. Латентность P_{300} зависит от времени, которое требуется для завершения оценки стимула и почти не зависит от селекции ответа и времени его выполнения, если этот ответ не требует полного опознания.

Утверждение, что латентность P_{300} пропорциональна времени оценки стимула, конечно, не означает, что эта волна есть непосредственное проявление самой оценки стимула. Волна P_{300} представляет собой относительно простой мозговой феномен, связанный с процессами избирательной активации мозговых структур, осуществляющих когнитивные функции. По мнению некоторых авторов, данная волна развивается сразу после того, как процесс опознания завершен. Важно однако, что этот феномен позволяет проводить эффективный анализ ряда важных мозговых функций.

Гипотеза об отражении «времени оценки стимула» в латентности волны P_{300} подтверждается несколькими исследованиями [Squires et al., 1977; Adam, Collins, 1978]. М. Кутас и соавт. [Kutas et al., 1977] провели эксперимент, в котором испытуемым предъявляли стимулы различной сложности. В первой, наиболее легкой серии предъявлялись имена «Нэнси» и «Дэвид» с вероятностью 20 и 80% соответственно. Во второй серии с такой же вероятностью предъявлялось уже несколько женских и несколько мужских имен; в третьей, самой трудной серии, использовались слова-синонимы, при этом одно из слов, составляющих пару, предъявлялось более часто — в 80% случаев, а другое — в ос-

тальных 20% случаев. Результаты этого исследования показали, что корреляция между латентностью P_{300} и ВР оказалась зависящей от трудности задания и от того, какие инструкции (на «скоростной» или «точностный» режим) были даны испытуемому. Латентность волны P_{300} была больше при трудных заданиях, чем при легких; когда испытуемые ошибались, латентность P_{300} превышала ВР. Детальный анализ одиночных («trial-to-trial») предъявлений показал, что корреляции между ВР и латентностью P_{300} были низкими при «скоростном» режиме и весьма высокими при «точностном».

В следующем эксперименте [McCarthy, Donchin, 1981] было показано, что при предъявлении сложных перцептивных тестов латентность волны P_{300} обнаруживала строгое соответствие с процессом опознания, или категоризации стимула, но не коррелировала с латентностью двигательной реакции, если после опознания стимула испытуемый должен был выбрать один из двух типов двигательного ответа. Авторы приходят к заключению, что регистрация P_{300} является поэтому эффективным методом, который позволяет измерять некоторые мыслительные операции, которые могут непосредственно и не отражаться в двигательных реакциях испытуемого.

Специальными работами было также установлено, что латентность волны P_{300} находится в достаточно строгой зависимости от числа альтернатив при опознании объектов [Adam, Collins, 1978; Ford et al., 1979]. Удалось также измерить время, необходимое для извлечения из памяти каждого из эталонов в процессе опознания предъявляемого стимула. Данные закономерности обнаружили хорошее соответствие с гипотезой механизмов опознания, предложенной С. Стернбергом [Sternberg, 1969].

Мозг человека, таким образом, обладает целым диапазоном различных по классу реакций: автоматизированных реакций, реакций с неполным опознанием, реакций высшего уровня, когда ситуация требует нестандартного, творческого решения задачи и мобилизации всего прошлого опыта субъекта, всех возможностей мозга.

Л. А. Орбели писал в свое время: «Мы не можем себе представить, чтобы человек, правильно наблюдавший ряд субъективных явлений, разошелся бы с человеком, правильно наблюдавшим ряд явлений объективных»². Проведенные исследования показывают, что при правильной постановке задачи, обеспечивающей сопоставление на психическом и физиологическом уровнях действительно однородных, родственных явлений, можно выявить закономерные связи между ними и тем самым подойти к описанию физиологических механизмов психики. В то же время не следует недооценивать трудностей, которые стоят при

² Орбели Л. А. Лекции по физиологии нервной системы. Л.: Биомедгиз, 1935, с. 235.

этом перед исследователем. Материалы, изложенные в следующей главе, показывают, что в проблеме соотношения мозговых механизмов и психики есть еще один «пласт», еще один уровень, поднявшись на который можно подойти к пониманию еще более высокой сложности мозговой интеграции, обеспечивающей психическое отражение.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВОСПРИЯТИЯ У БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Исследования вызванных потенциалов мозга у больных шизофренией начали проводить лишь около 15 лет тому назад. В 1969 г. одним из авторов данной монографии было показано понижение амплитуды поздних компонентов зрительного ВП (с латентностью более 100 мс) у больных ядерной формой шизофрении в состоянии дефекта [Стрелец, 1968, 1969]. Эти результаты нашли подтверждение в целом ряде последующих работ [Кирпиченко, 1970; Иваницкий, Стрелец, 1973; Levit et al., 1973; Buchsbaum, 1976; Shagass, 1976; Shagass et al., 1977; Ладик, 1982]. Снижение амплитуды поздних волн ВП особенно выражено для волны P_{300} [Sutton, Tueting, 1978; Roth, Cannon, 1972; Shagass et al., 1978; Timsit-Berthier, Gerono, 1977; Стрелец, 1979]. У детей с проявлениями аутизма, а также у детей с высоким риском заболевания шизофренией (рожденных от больных матерей) также отмечалась тенденция к некоторому понижению амплитуды поздних компонентов ВП [Shagass et al., 1978], хотя отличия от ВП здоровых детей едва достигали статистически значимого уровня (вероятность не превышала 0,05). В процессе лечения наблюдалась тенденция к нормализации амплитуды компонентов ВП. Надо отметить, что более однозначные результаты, касающиеся амплитуды ВП при шизофрении, были обнаружены для соматосенсорной модальности; в отношении ВП зрительной модальности данные менее однородны [Shagass et al., 1977; Rappaport et al., 1975]. С точки зрения концепции информационного синтеза снижение амплитуды поздних волн при шизофрении отражает дефицит информации о сигнальной, биологической значимости стимула при этом заболевании. Это положение хорошо согласуется с некоторыми кардинальными клиническими признаками данного заболевания [Иваницкий, 1976]. Что касается психофизиологических исследований, то проведение таких работ в психиатрической клинике связано с рядом

трудностей. Причина этого, во-первых, заключается в наличии у больных шизофренией определенных затруднений в выполнении инструкций, причем это касается не столько формального понимания инструкции, которое может быть ненарушенным, сколько нарушения мотивации, т. е. отношения к этой инструкции. Иногда больные недостаточно вникают в задание, поэтому необходим строгий контроль за его выполнением.

Ч. Шагас и соавт. [Shagass et al., 1977] обнаружили у больных хронической формой шизофрении более высокую амплитуду и низкую вариабельность ранних компонентов ВП, тогда как для поздних компонентов ВП, напротив, наблюдалась более низкая амплитуда и высокая вариабельность по сравнению с больными острой формой шизофрении.

Ч. Шагас [Shagass, 1976] считает, что понижение амплитуды и увеличение вариабельности поздних компонентов ВП может быть связано с поломкой механизма «фильтрации» сенсорного входа, которая создает невозможность его модуляции и отбора наиболее важных сигналов. Мнение о нарушении «общей регуляции» при шизофрении разделяет также Е. Каллавей [Callaway, 1978]. В доказательство своей точки зрения Е. Каллавей приводит данные о действии нейролептиков на ВП больных шизофренией, которые улучшают состояние больных, как находящихся в состоянии возбуждения, так и в состоянии апатии. На основании этого делается вывод, что нейролептики, по-видимому, налаживают нарушенную регуляцию. Ч. Шагас [Shagass, 1976] обнаружил также определенные особенности соматосенсорного ВП при шизофрении. Так, он нашел, что у больных шизофренией относительно ранняя волна N_{60} соматосенсорного ВП (последний из компонентов, который, по мнению автора, можно связать с функцией специфической сенсорной системы) имеет наибольшую выраженность в задней зоне проекционной области соматосенсорного анализатора, а не в передней, как у здоровых людей. Автор склонен связывать это явление с нарушением функциональной организации афферентных потоков при данном заболевании и высказывает предположение о том, что оно открывает возможность создания экспериментальной модели шизофрении на животных, что очень важно для изучения ее механизмов. Кроме того, Ч. Шагас обращает внимание на то, что снижение амплитуды волны $N_{130-140}$, часто наблюдающееся при исследовании ВП у больных шизофренией, может быть связано с нарушением селективного внимания.

С. Саттон и П. Тьютинг [Sutton, Tueting, 1978] считают запись ВП мозга полезным инструментом для наблюдения мозговой активности, связанной со специфическими процессами мышления. Они, так же как и другие исследователи, занимающиеся анализом ВП при психических заболеваниях, отмечают повышенную вариабельность ВП при шизофрении. Однако они считают, что вариабельность поздних компонентов ВП уменьшается при предъявлении больному «полных требований» («full demands»),

связанных с анализом стимулов. Хорошим способом понижения variability и достижения контроля над выполнением задания, по мнению авторов, является применение методов теории обнаружения сигнала одновременно с регистрацией ВП (в психофизическом эксперименте). Кроме того, они считают, что, поскольку идентификация отдельных компонентов у больных шизофренией может быть затруднена, надо анализировать лишь наиболее выраженные компоненты ВП, связанные с перечисленными выше хорошо исследованными психологическими переменными. Авторы предлагают исследовать такие относительно хорошо изученные компоненты, как P_{100} , P_{200} и N_{250} и P_{300} , а также компонент N_{400} , имеющий большую функциональную значимость.

С. Саттон и П. Тьютинг [Sutton, Tueting, 1978] справедливо считают, что, когда больным предъявляются «полные требования» к выполнению задания, появляется другая опасность, связанная с патологией мотивационной сферы. Формально больные шизофренией могут правильно выполнить инструкцию, так как показатели выполнения тестов у них не отличаются от нормы, и все же они как бы «отделены» от задания в идеаторной (мыслительной) сфере. Об этом авторы судят на основании опроса больных, когда даже при правильных угадываниях стимулов в сообщениях они делают много ошибок, касающихся интерпретации своих угадываний. Высказывается предположение, что больные не вникают в задание, по-видимому, в связи с трудностью в поддержании внимания. В то же время авторы считают, что эти осложнения, наблюдающиеся в ситуации, где больному предъявляются «полные требования» к выполнению задания, не столь серьезно отражаются на результатах эксперимента, как в ситуации, где инструкций больному вообще не дается, так как в подобных ситуациях больные склонны к «самоинструкциям», которые могут оказывать значительное влияние на ВП.

Рассматривая работы по исследованию ВП у больных шизофренией, находящихся в процессе терапии нейролептиками, С. Саттон и П. Тьютинг [Sutton, Tueting, 1978] приходят к выводу, что ВП в обоих случаях в большей степени отражает изменение клинического состояния больных, а не влияние нейролептиков, так как в лаборатории С. Саттона были собраны катанестические данные о том, что при улучшении состояния под влиянием терапии ВП обнаруживают тенденцию к нормализации, а при отсутствии улучшения остаются измененными [Levit et al., 1973; Saletu et al., 1973]. Эти данные позволяют авторам считать, что ВП мозга могут явиться ценным дополнительным методом для диагностики некоторых психических заболеваний. Так, имея усредненный «эталон» ВП какой-либо хорошо изученной и четко очерченной психопатологической группы и сравнивая с этим эталоном ВП исследуемого больного, можно в известной мере получить информацию о принадлежности этого больного к данной группе.

Интересную точку зрения на нарушение механизма восприя-

тия при шизофрении высказывает Буксбаум [Buchsbaum, 1976], который разработал гипотезу о том, что наблюдаемая при этом заболевании повышенная variability физиологических реакций объясняется тем, что больные не способны справиться с чрезмерным для их нервной системы «наводняющим» потоком раздражителей (событий и явлений) из внешней среды. М. Буксбаум применил к исследованию ВП данные, полученные А. Петри [Patrie, 1976] на кинестетическом анализаторе. В соответствии с этим он разделил испытуемых на «огменторов», которые увеличивают выраженность ответной реакции при повышении силы раздражителя, и «редьюсеров», которые не увеличивают (или уменьшают) реакцию на интенсивности, при которых «огменторы» еще выявляют повышение реакции. У больных острой формой шизофрении в его исследованиях уменьшалась амплитуда некоторых компонентов ВП, особенно волны N_{140} , в значительно большей степени, чем у больных хронической шизофренией [Landau et al., 1975]. Позднее это исследование было вновь проведено на других больных и подтвердило полученные результаты [Schooler et al., 1976]. Автор связывает способность к редуцированию интенсивности раздражителей с лучшей способностью больных острой формой шизофрении «защищаться» от перегрузки избыточной информацией и считает это хорошим диагностическим признаком. У больных хронической формой шизофрении, по его мнению, этот механизм или вообще не был выражен, или разрушился по мере прогрессирования заболевания. У больных параноидной формой шизофрении он отмечал даже тенденцию к «огментированию».

В исследовании Буксбаума предпринимаются также попытки сопоставить изменения ВП, обнаруживаемые при шизофрении, в том числе и функцию огментирования-редуцирования, с нарушением нейрохимических процессов при этом заболевании. В частности, способность к редуцированию, по его наблюдениям [Sitagam et al., 1977], может быть связана с накоплением ацетилхолина, так как оба эти фактора в его экспериментах приводили к ослаблению болевых ощущений в ответ на действие неприятных тактильных стимулов.

Представляют интерес также данные М. Буксбаума с соавт. [Buchsbaum et al., 1978] о связи изменений ВП в экспериментах с селективным вниманием с показателями успешности выполнения ряда тестов и с нарушениями обмена биогенных аминов, определяемыми на основе исследования тромбоцитарной моноаминоксидазы (МАО) и допаминбетагидроксилазы (ДБГ) плазмы. Испытуемые с низким уровнем обоих ферментов, которые биологически являются индивидуумами с высокой степенью риска заболеть шизофренией, значительно хуже справлялись с предлагаемыми тестами. Ухудшение показателей в подобных экспериментах было обнаружено также у больных шизофренией [Roth, Cannon, 1972; Levit et al., 1973; Zubin, 1975; Zahn, 1975], но у них нельзя было исключить влияния ряда неспецифических фак-

торов, например госпитализации, тогда как в случае отбора испытуемых на основании низкого содержания ферментов этот фактор исключался. Авторы делают вывод о том, что полученные данные связывают биохимическую концепцию, объясняющую шизофрению низким уровнем МАО, с электрофизиологическими данными о нарушении селективного внимания и характера выполнения некоторых тестов при этом заболевании.

Учитывая важную роль нарушения катехоламинового обмена в патогенезе шизофрении [Морозов, Анохина, 1981], попытки соотносить физиологические изменения с биохимическими представляют несомненный интерес.

В работе Л. фон Кнорринга и соавт. [1981] предпринята попытка соотнести феномен огментирования-редуцирования с нейрофизиологическими процессами, основываясь на павловской концепции об уравновешенности процессов возбуждения и торможения. У огменторов с ростом интенсивности стимулов согласно закону силы наблюдается усиление возбудительного процесса; у редьюсеров при достижении некоторой критической величины интенсивности стимула (она зависит от индивидуальной чувствительности и работоспособности ЦНС) возникает, по терминологии авторов, переключение и закон силы начинает действовать в отношении тормозных процессов. Однако при продолжающемся возрастании интенсивности стимула и снижении амплитуды ответа достигается новая точка «переключения», в которой выключаются процессы торможения и вновь доминируют возбудительные процессы, что обеспечивает оптимальный уровень реагирования.

Ряд нарушений, характерных для больных шизофренией, описан Р. Леви с соавт. [Levit et al., 1973]. Они исследовали ВП (комплексы N_1-R_2 , измеренные «от пика до пика») и обнаружили, что у больных шизофренией в отличие от нормы амплитуда этого комплекса более высокая в условиях определенности в отношении характера стимула (т. е. в условиях, когда было заранее известно о том, какой стимул будет предъявлен), чем в условиях неопределенности. Корреляции между амплитудой ВП и правильностью и неправильностью угадывания у больных шизофренией не было. Авторы исследовали также изменение амплитуды ВП при изменении модальности стимула («кроссмодальное» исследование) и при повторении стимуляции одной и той же модальности («мономодальное» исследование) и нашли, что в норме большая амплитуда имеет место в кроссмодальных экспериментах, тогда как при шизофрении — в мономодальных.

В исследованиях этих авторов, таким образом, более выраженные изменения ВП всегда наблюдались у здоровых лиц при изменении экспериментальной ситуации; у больных шизофренией изменения ВП носили менее выраженный характер или были обращены по сравнению с нормой. Однако по данным о времени реакции (ВР) в работе названных авторов наблюдались противоположные результаты — более выраженные изменения этого

показателя при изменении эксперимента имели место у больных шизофренией.

Расхождение между этими показателями авторы объясняют неправомерностью попыток однозначного соотнесения показателя моторного ответа с показателем корковой активности. Авторы предполагают, что подобное «расхождение» есть результат того, что эти два показателя могут отражать то же самое поведение по-разному. В подтверждение такой трактовки приводится высказывание Е. Бурдоха [Burdoch et al., 1958], что наблюдение за физиологическими, сенсорными, перцептивными, психометрическими и концептуальными аспектами поведения может обеспечить рамки для обнаружения различных паттернов поведения «на разных уровнях психологической и физиологической организации».

Выше уже говорилось о некоторых методических трудностях, которые возникают при проведении психофизиологических исследований у психически больных, а также о путях их преодоления. При проведении исследований, результаты которых излагаются ниже, больные шизофренией находились не в пассивном, а в активном состоянии, необходимом для выполнения перцептивного задания — обнаружения сигнала. Таким образом, условия эксперимента приближались к тем, которые предлагают С. Саттон и П. Тьютинг [Sutton, Tueting, 1978] как наиболее оптимальные для подобных исследований, т. е. с предъявлением больным «полных требований».

В то же время, поскольку в таких экспериментах в связи с активностью субъекта имеется опасность влияния патологически измененной при шизофрении мотивационной сферы на результаты исследования ВП, нами были использованы два типа методик.

В одной модификации эксперимента изменение характеристик восприятия достигалось путем воздействия на несенсорный, мотивационный фактор (создание доминирующей мотивации к предпочтительному обнаружению того или иного вида раздражителей), в другой — путем воздействия на сенсорный фактор (через изменения интенсивности стимуляции). Больные, которые плохо справлялись с выполнением задания, из исследования исключались.

Основной целью исследований являлся анализ корреляционных связей между показателями вызванного потенциала мозга и психофизическими характеристиками перцепции.

Так же, как у здоровых испытуемых, у больных шизофренией было проведено три эксперимента по исследованию корреляционных связей между вызванными потенциалами и психофизическими факторами перцепции. Два из этих экспериментов были выполнены при отведении ВП только от проекционной зоны: первый — при регистрации соматосенсорного ВП, второй — зрительного (с участием Л. В. Матвеевой); третий эксперимент был проведен на соматосенсорном анализаторе при отведении ВП от четырех мозговых областей.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ СОМАТОСЕНСОРНЫМ ВП ПРОЕКЦИОННОЙ ЗОНЫ ДАННОГО АНАЛИЗАТОРА И ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПЕРЦЕПЦИИ

Эксперимент был проведен на 10 больных шизофренией, сопоставимых по возрасту и полу со здоровыми испытуемыми, участвовавшими в аналогичном эксперименте (см. гл. IV).

Клинически у исследованных больных преобладал апатико-абулический синдром без выраженной продуктивной симптоматики. Методика этих исследований аналогична той, которая описана в разд. 1, гл. V. Больным, так же как и здоровым, предъявлялись парные стимулы, из которых первый всегда имел одинаковую интенсивность (эталон), а второй в половине случаев был равен интенсивности первого, эталонного стимула, а в другой половине случаев превышал ее на величину, близкую к дифференциальному порогу для каждого испытуемого. Регистрировались ВП только на первые стимулы в трех экспериментальных сериях: в первой, «нейтральной» серии за правильный и неправильный ответы присуждали одинаковое поощрение или штраф в очках (симметричная платежная матрица), во второй серии создавали доминирующую мотивацию к предпочтительному обнаружению разницы между стимулами, в третьей серии поощряли обнаружение идентичности стимулов. Сдвиг мотивации достигался с помощью асимметричных платежных матриц. Вычислялись величины индекса сенсорной чувствительности d' и критерия решения Z ложн. тр., после чего проводился корреляционный анализ между параметрами ВП и этими перцептивными индексами.

Индивидуальный ВП больного шизофренией в трех экспериментальных сериях и численные показатели двух перцептивных индексов представлены на рис. 27. В ВП больных шизофренией отмечалось снижение по сравнению со здоровыми лицами (см. рис. 7) амплитуды всех компонентов начиная с волны N_{140} за исключением волны N_{200} . Особенно заметным было это понижение амплитуды для позитивных волн, в частности волны P_{300} , которая в отличие от здоровых не выявляла различий между «нейтральной» серией и сериями с созданием доминирующей мотивации. Таким образом, создание доминирующей мотивации у больных шизофренией не находило отражения в амплитуде волны P_{300} , что соответствует литературным данным.

Психофизические индексы в трех сериях эксперимента у больных шизофренией имели следующие значения:

- I серия: $d' = 1,58$; Z ложн. тр. = $-0,69$
- II серия: $d' = 2,01$; Z ложн. тр. = $-0,77$
- III серия: $d' = 2,18$; Z ложн. тр. = $-1,19$

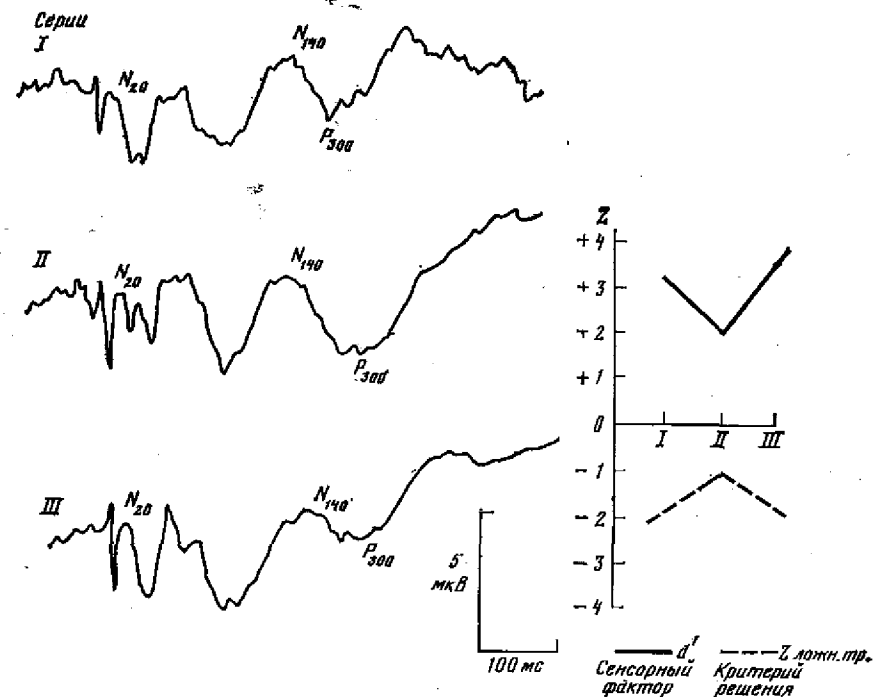


Рис. 27. Индивидуальный соматосенсорный ВП больного шизофренией в трех сериях эксперимента и графическое изображение численных показателей двух психофизических индексов перцепции

Понижение численной величины первого, сенсорного фактора не сопровождается в отличие от нормы понижением амплитуды ранней сенсорной волны N_{20}

По сравнению с аналогичными значениями индексов у здоровых у больных шизофренией отмечалось повышение величины первого, сенсорного фактора d' .

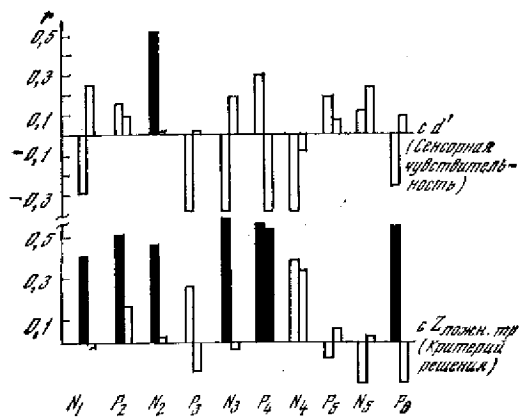
Численные значения коэффициентов корреляции между ВП проекционной зоны и каждым из двух психофизических индексов перцепции, полученные с помощью двух способов вычисления (внутрииндивидуальные коэффициенты и межиндивидуальные коэффициенты) представлены на рис. 28.

Как видно из рис. 28, у больных шизофренией в отличие от нормы (см. рис. 8) отсутствуют корреляции между амплитудой ранних компонентов ВП N_1 и P_2 с индексом сенсорной чувствительности d' ; отмечается лишь значимая корреляция волны N_2 с этим фактором (по внутрииндивидуальному способу вычисления корреляций).

С критерием решения, напротив, у больных шизофренией отмечается большее число значимых корреляций. С этим несенсорным показателем у них значимо коррелируют все ранние компоненты ВП — N_1 , P_2 , а также волна N_2 (по внутрииндивидуально-

Рис. 28. Корреляционные связи между амплитудой соматосенсорного ВП и двумя психофизическими индексами перцепции у больных шизофренией

Черным показаны статистически значимые коэффициенты корреляции. Первый столбик в паре — межиндивидуальный, второй — внутриндивидуальный коэффициент корреляции



му способу вычисления коэффициентов); с критерием решения у больных коррелирует также волна P_4 (по обоим из применявшихся способов вычисления коэффициентов) и волна P_6 (P_{300}) по внутриндивидуальному способу. Таким образом, с критерием принятия решения у больных шизофренией коррелируют ранние и поздние компоненты ВП, но промежуточные компоненты в отличие от нормы с этим фактором не коррелируют.

Полученные данные показывают, что у больных шизофренией наблюдается двойная корреляция, т. е. корреляция с обоими перцептивными факторами — на относительно ранней волне N_2 (N_{10}), тогда как в норме такая корреляция имеет место с волной N_4 (N_{140}). С волной N_{140} у больных отсутствует корреляция как с первым, сенсорным, так и со вторым, несенсорным фактором перцепции.

Имеющаяся при шизофрении корреляция критерия решения с ранними компонентами ВП может указывать на наличие у больных предраспорядки сенсорного входа. Подобное состояние афферентных систем получило обозначение «априорной перцептивной готовности» [Брунер, 1977; Найссер, 1981]. Эта «перцептивная готовность» могла обуславливать корреляция с несенсорным фактором; при этом сенсорный анализ стимульной информации у больных шизофренией, напротив, запаздывал по сравнению с нормой — корреляция с сенсорным фактором в группе больных отмечалась лишь на волне N_2 , тогда как в норме она была выражена на самой ранней волне ВП — N_1 (N_{20}). Таким образом, корреляция с критерием у больных шизофренией наблюдались еще до того, как начинался сенсорный анализ, что говорит о нарушении адекватной оценки сигналов при этом заболевании.

Можно предполагать, что повышенная активация, вызывающая неадекватную «априорную перцептивную готовность» у больных, связана с недифференцированной реакцией на инструкцию, которая направлена на создание доминирующей мотивации к предпочтительному обнаружению пар разных или одинаковых

стимулов. По-видимому, у больных с нарушением мотивационного аспекта психических процессов создание дополнительной мотивации связано с усилением патологического состояния этих систем.

Подобный механизм может лежать в основе также и некоторых других особенностей, выявляющихся при корреляционном анализе между параметрами ВП и психофизическими факторами перцепции. Так, он может обуславливать многочисленные корреляции волн ВП с критерием решения, в частности корреляция амплитуды волны P_4 (P_{300}) с критерием решения при отсутствии в отличие от нормы повышения амплитуды этой волны в серии с созданием доминирующей мотивации по сравнению с «нейтральной» серией. Эти нарушения, таким образом, могут быть в значительной мере связаны не с нарушением собственно восприятия, а с нарушением мотивационного аспекта психических процессов. Поэтому в дальнейшем мы провели эксперимент на соматосенсорном анализаторе, в котором регистрировались ВП четырех мозговых областей (см. разд. 3 настоящей главы) без создания доминирующей мотивации в отношении какого-либо вида реакций. В этом эксперименте требовалось лишь обнаруживать наличие разницы между стимулами в условиях постепенного увеличения этой разницы от серии к серии.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ЗРИТЕЛЬНЫМ ВЫЗВАННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРОЕКЦИОННОЙ ЗОНЫ ДАННОГО АНАЛИЗАТОРА И ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ ПЕРЦЕПЦИИ

Исследования корреляционных связей между параметрами вызванного потенциала проекционной зоны и психофизическими факторами перцепции у больных шизофренией были проведены также и на зрительном анализаторе. Исследования проведены Л. В. Матвеевой. Подробно методика эксперимента описана в гл. IV (разд. 2), где излагаются результаты исследования корреляций у здоровых лиц.

Было исследовано 20 больных шизофренией, в клиническом состоянии которых отмечалось преобладание апатико-абулического синдрома. Больным, так же как и здоровым, в подобном эксперименте предъявлялись пары вспышек, различающихся по яркости, с интервалом между вспышками 1,2 с (100 пар в каждой серии). Испытуемый должен был различать эти вспышки по интенсивности, нажимая правой рукой кнопку два раза на предъявление разных и один раз — на предъявление одинаковых стимулов. При регистрации ВП от проекционной зоны в экспериментах на зрительном анализаторе также было проведено три серии исследований: одна «нейтральная» и две — с созданием доминирующей мотивации к предпочтительному обнаружению разницы между стимулами (вторая серия) или идентичности стиму-

лов (третья серия). Таким образом, на протяжении всего эксперимента объективные параметры стимула оставались неизменными, но вводились условия, изменяющие мотивационный аспект обнаружения сигнала.

В каждой серии регистрировались ВП на первую и вторую вспышки: амплитуда поздних компонентов ВП была снижена, что соответствует данным литературы. Так же как у здоровых лиц, на зрительном анализаторе у больных шизофренией вычислялся показатель сенсорной чувствительности d' и непараметрический аналог показателя критерия решения (L_x), по В. Ходосу [Hodos, 1970], для каждой из серий. В дальнейшем вычислялись корреляции между параметрами ВП и численной величиной каждого из двух психофизических факторов перцепции; применяли способы вычисления межиндивидуальных коэффициентов корреляции (с абсолютной величиной амплитуды ВП) и внутрииндивидуальных коэффициентов (с динамикой изменения амплитуды от серии к серии). В работе обсуждались корреляции, достигающие статистически значимого уровня хотя бы по одному из применявшихся способов подсчета. Полученные результаты представлены на рис. 29.

Как видно из рисунка, положительная корреляция с сенсорным фактором d' обнаруживается для амплитуды раннего комплекса P_1-N_1 (от максимума положительной волны P_1 до максимума отрицательной волны N_1). Значимые корреляции с несенсорным фактором — критерием решения отмечались для двух относительно ранних комплексов: N_1-P_2 , а также двух комплексов поздних волн P_3-N_3 .

Таким образом, у больных шизофренией, так же как у здоровых испытуемых, отмечалась корреляция амплитуды ранних сенсорных волн ВП с сенсорным фактором перцепции и амплитуды поздних волн — с критерием решения. В отличие от нормы у больных шизофренией не было корреляции между амплитудой промежуточных волн ВП и сенсорным фактором психофизики, в связи с чем у них, так же как в эксперименте на соматосенсорном анализаторе, отсутствовала и двойная корреляция — с обоими перцептивными факторами, наблюдавшаяся в норме на этих компонентах ВП. Однако подобная двойная корреляция при шизофрении наблюдалась на самом раннем периоде развития ВП — комплексе N_1-P_2 , на котором обнаруживалась корреляция с сенсорным фактором d' , а также с несенсорным фактором, критерием принятия решения. Несенсорный фактор у больных коррелировал также со следующим относительно ранним комплексом волн — P_2-N_2 .

Таким образом, двойная корреляция на ранних компонентах ВП отмечается на обоих анализаторах — и зрительном, и соматосенсорном, на которых были проведены психофизические эксперименты с созданием доминирующей мотивации к предпочтительному обнаружению пар разных или пар одинаковых стимулов. Однако эта корреляция не может явиться достовер-

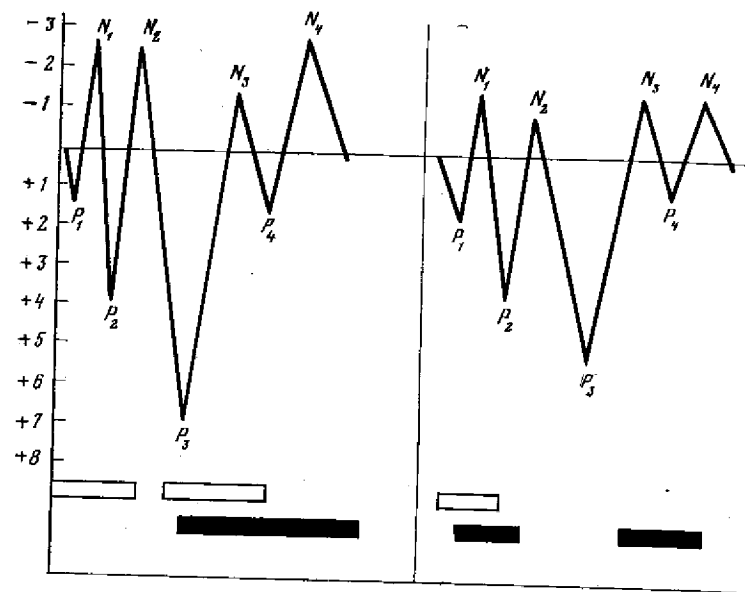


Рис. 29. Корреляционные связи между амплитудой зрительного ВП и двумя психофизическими индексами перцепции у больных шизофренией

Слева — у здоровых испытуемых; справа — у больных шизофренией; белые горизонтальные столбики показывают статистически значимые корреляции с первым сенсорным фактором перцепции, черные — со вторым, несенсорным фактором, критерием решения

ным показателем нормального синтеза двух видов информации о раздражителе, как это имеет место в норме, поскольку в норме двойная корреляция наблюдалась на компонентах ВП, промежуточных между ранними и поздними, в период, когда уже закончился сенсорный анализ раздражителя (по его физическим характеристикам) и начинался анализ значимости этого раздражителя.

У больных шизофренией корреляция с критерием решения появлялась на ранних компонентах ВП, когда сенсорный анализ еще не был произведен (комплексы P_1-N_1 и N_1-P_2 на зрительном анализаторе, волна N_2 на соматосенсорном анализаторе), в связи с чем значение двойной корреляции может быть иным, чем у здоровых испытуемых на промежуточных компонентах ВП. Дело в том, что значимость раздражителя на данном этапе ввиду незаконченного анализа физических характеристик стимула еще не может быть определена.

Корреляция ранних волн ВП с критерием решения у больных шизофренией на раннем этапе развития ВП в какой-то степени может быть связана с патологическим состоянием неспецифической активирующей системы и мотивационного аспекта психических процессов при этом заблуждении, которые, в свою очередь, обуславливают усиление настройки сенсорного входа, или

«априорной перцептивной готовности» [Найссер, 1981]. Поэтому наблюдающийся на ранних волнах синтез отражает лишь сопоставление параметров раздражителя с ожидаемым, но не реальным значением стимула и не может иметь того адаптивного значения, которое он имеет в норме.

Таким образом, психофизические эксперименты, проведенные при регистрации ВП от проекционной зоны анализатора как на зрительной, так и на соматосенсорной модальности в условиях создания доминирующей мотивации к предпочтительному обнаружению того или иного вида стимулов, дали в принципе сопоставимые результаты. Они могут быть кратко суммированы как более раннее, чем в норме, появление корреляций с несенсорным фактором перцепции — критерием принятия решения; наличие своеобразного раннего «синтеза», т. е. наличие двойной корреляции — с обоими перцептивными факторами — на относительно ранних компонентах ВП и, что наиболее важно, отсутствие синтеза двух видов информации о раздражителе на промежуточном этапе развития вызванного потенциала.

Полученные данные позволяют прийти к заключению, что если в норме корреляции между параметрами ВП и психофизическими факторами перцепции носят строго закономерный характер, то у больных шизофренией эти корреляции заметно изменены. Частично это могло быть обусловлено патологией мотивационной сферы при данном заболевании и в связи с этим неадекватной реакцией на инструкцию. Для исключения влияния данного фактора на нарушение корреляций был проведен эксперимент на соматосенсорном анализаторе без создания доминирующей мотивации к какому-либо виду реакции.

3. КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ПСИХОФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ ПЕРЦЕПЦИИ И СОМАТОСЕНСОРНЫМ ВЫЗВАННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ЧЕТЫРЕХ МОЗГОВЫХ ОБЛАСТЕЙ У БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ

Данные исследования были проведены при записи вызванных потенциалов от четырех мозговых областей: правой и левой соматосенсорных и правой и левой лобных у семи больных простой формой шизофрении с апатико-абулическими проявлениями, сопоставимых по возрасту со здоровыми испытуемыми, участвовавшими в аналогичном эксперименте (разд. 3 гл. IV).

Больным предъявляли пары электрокожных стимулов, одинаковых и разных по интенсивности. Первый стимул в паре в отличие от экспериментов, описанных в этой главе ранее, имел переменную интенсивность: в 50% случаев его величина превышала интенсивность второго стимула, а в остальных случаях равнялась ему. Второй стимул служил эталоном, и его интенсивность была постоянной, несколько превышая пороговую величину. Та-

ким образом, первый стимул предъявлялся через переменный интервал и имел разную интенсивность, однако решение принималось только после второго стимула. С каждым больным было проведено по три серии экспериментов, в которых интенсивность первого стимула последовательно возрастала, так что разница между раздражителями увеличивалась. Изменение характеристик восприятия в этом исследовании в отличие от первых двух достигалось, таким образом, не за счет введения дополнительной мотивации, а путем изменения физических характеристик стимула.

Каждая серия состояла из 128 пар одинаковых или разных стимулов. Психофизические показатели восприятия по методам статистической теории обнаружения сигнала вычисляли для каждой из трех серий эксперимента из вероятностей правильных обнаружений и ложных тревог. По этим показателям, как обычно, вычисляли индекс сенсорной чувствительности d' и показатель критерия решения. В каждой серии у больных регистрировали усредненные соматосенсорные ВП на первый и второй стимулы. По амплитудным значениям, полученным в 40 ординатах (через каждые 8 мс начиная с момента подачи стимула), строили графики ВП для группы больных шизофренией в трех экспериментальных сериях (рис. 30) и график ВП, усредненных по трем сериям (рис. 31).

Вычисляли корреляции между значениями двух перцептивных индексов в каждой из серий эксперимента и 40 значениями амплитуды ВП — у семи испытуемых и в трех сериях по двум способам: подсчитывались внутри — и межиндивидуальные коэффициенты корреляции. В первом случае вычисляли корреляцию между амплитудой ВП в данный момент времени и соответствующими значениями d' и критерия в трех сериях эксперимента; полученные коэффициенты усредняли по группе испытуемых. Всего, как и для группы здоровых испытуемых, этим способом было получено 640 коэффициентов (40 точек \times 4 области \times 2 ВП \times 2 перцептивных фактора). Для получения межиндивидуальных коэффициентов вычисляли корреляции между значениями амплитуды ВП в данный момент времени и двумя перцептивными индексами у семи больных в каждой из трех серий и данные по трем сериям усредняли. При этом также получали 640 коэффициентов корреляции. Все расчеты так же, как для группы здоровых испытуемых, были выполнены на ЭВМ «Митра-225» (фирмы «Семс», Франция).

В дальнейшем коэффициенты усреднялись, если они были достаточно высокими для группы, состоящей не менее чем из пяти последовательных точек; из усредненных коэффициентов, так же как в норме, в дальнейшем рассматривались только те, величина которых была равна или превышала 0,2; при этом учитывалось также соответствие знака корреляции с полярностью волн. Все больные исследованы до назначения им терапии. Психофизические характеристики восприятия у больных шизофренией

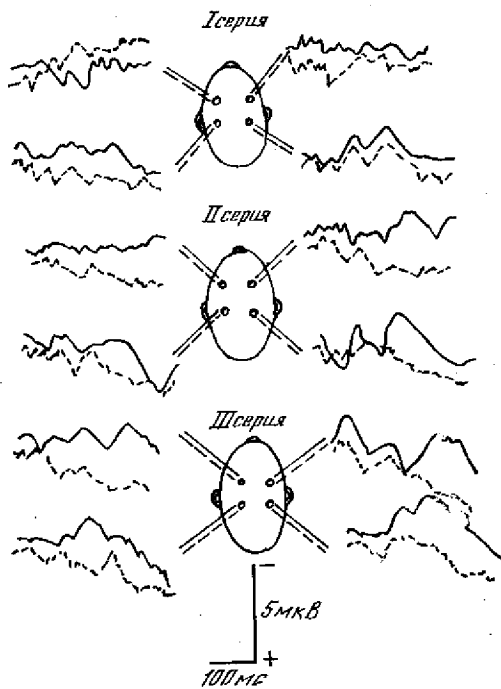
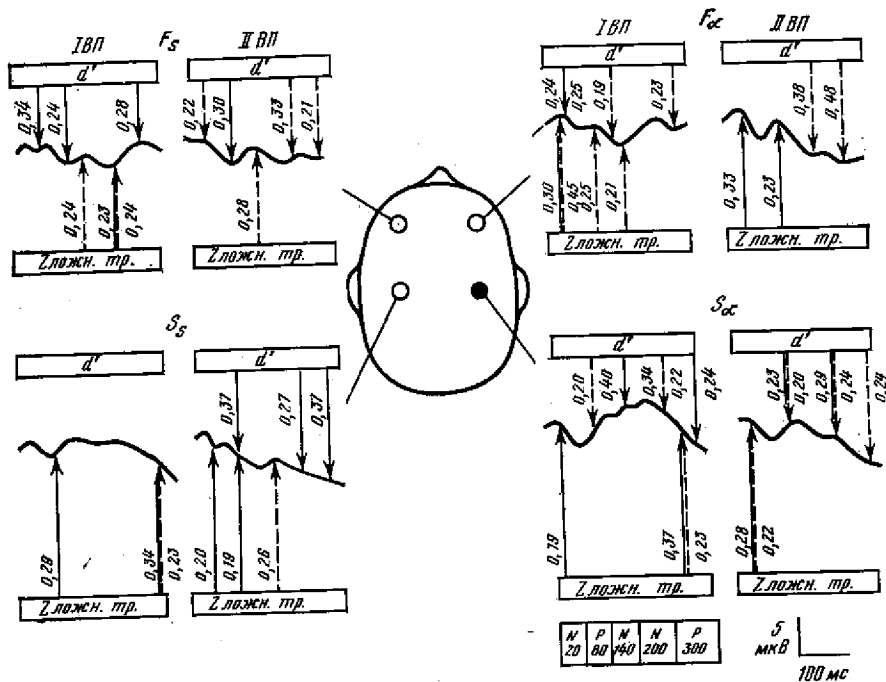


Рис. 30. Графическое изображение усредненных по группе больных шизофренией ВП в трех экспериментальных сериях (по методу средней арифметической ординат)

Сплошные линии — ВП на первый стимул, прерывистые — ВП на второй стимул

Рис. 31. Корреляция между ВП четырех областей коры на первый (I ВП) и второй (II ВП) стимулы и двумя психофизическими показателями (сенсорной чувствительности d' и критерия решения Z ложн. тр.) у больных шизофренией

Сплошная линия — связи, полученные по внутрииндивидуальным, прерывистая — по межиндивидуальным коэффициентам, числа — значения коэффициентов корреляции



характеризовались следующими значениями индекса сенсорной чувствительности d' и показателя критерия Z ложн. тр.:

- I серия: $d' = 1,24$; Z ложн. тр. = $-1,18$
- II серия: $d' = 1,07$; Z ложн. тр. = $-1,29$
- III серия: $d' = 1,76$; Z ложн. тр. = $-1,26$

Больные шизофренией отличались достаточно высокими показателями сенсорной чувствительности (в I серии даже более высокими, чем в норме), при этом больные использовали более строгий критерий, что проявлялось в низком уровне ложных тревог, которые мало изменялись от серии к серии.

Морфология ВП у больных шизофренией также была сходной с ответами у здоровых испытуемых. В соответствии с ранее полученными данными ВП у больных шизофренией характеризовались более низкой амплитудой поздних волн ответа. Кроме того, ВП отличались более выраженной внутри- и межиндивидуальной вариабельностью, что согласуется с литературными данными.

Последнее обстоятельство являлось также причиной того, что усредненные ответов, полученных в разных сериях и у разных лиц, по использованному нами методу (т. е. по каждому из восьми-миллисекундных интервалов, а не по пиковым значениям волн) приводило к заметной редукции усредненных ответов (см. рис. 31). Однако отдельные ВП, использованные для вычисления корреляций, отличались четкой выраженностью различных компонентов и в них можно было выделить, как и у здоровых, три основных компонента, состоящих из отрицательно-положительных колебаний приблизительно одинаковой продолжительности.

Корреляции между динамикой амплитуды мгновенных значений ВП и психофизическими индексами при шизофрении значительно отличались от нормы (см. рис. 16): Общее число значимых коэффициентов у больных шизофренией было уменьшено по сравнению с нормой лишь в небольшой степени (38 корреляционных связей, из них по обоим методам 8, включая три коэффициента, близко подходившие к статистически значимому уровню и имевшие величину 0,19). Однако распределение связей по областям и периодам вызванной электрической активности было изменено. Имело место также преобладание связей с сенсорным фактором по сравнению с корреляциями с критерием решения. Так, в норме из 40 корреляционных связей 20 описывали связи с сенсорным и 20 — с несенсорным факторами восприятия, тогда как у больных из 38 коэффициентов 22 относились к связям с сенсорными и лишь 16 — с несенсорными факторами. Сравнительно часто у больных шизофренией в отличие от нормы наблюдались отрицательные корреляции между психофизическими показателями и абсолютной величиной амплитуды волн ответа, т. е. имели место разнонаправленные сдвиги физиологических и психологических переменных.

Особенностью связей проекционной области коры являлось наличие корреляции показателя критерия с ранней отрицательной волной ВП; наоборот, связи сенсорного фактора с этой волной отсутствовали. Подобные соотношения были уже отмечены в описанных выше исследованиях, проведенных у больных шизофренией и на соматосенсорном, и на зрительном анализаторах. Таким образом, на более ранних фазах ВП при шизофрении наблюдалось влияние несенсорного фактора; с другой стороны, наблюдалось влияние сенсорного фактора на поздние волны ВП. Однако наиболее важным отличием от нормы было отсутствие двойной корреляции промежуточных компонентов ВП с обоими перцептивными факторами: хотя корреляция обеих главных отрицательных волн этого временного диапазона — N_{140} и N_{200} — с сенсорным фактором имела место, но корреляция с критерием при этом отсутствовала.

Важным отличием от нормы в этом эксперименте было отсутствие связей поздних волн ответа P_{300} (которая не обнаруживала также увеличения и по амплитуде на второй стимул, связанный с принятием решения) с критерием решения. Из семи таких связей, имевшихся у здоровых, у больных были выражены лишь две.

Сравнение между результатами, описанными в настоящем разделе для проекционной области коры и в разд. 1 данной главы, выявляет еще одну интересную особенность психофизиологических корреляций. При шизофрении характер корреляции менялся в зависимости от формы эксперимента. Когда воздействие на процесс обнаружения оказывали через несенсорный, мотивационный фактор, отмечался «избыток» корреляций между ВП и этим фактором. Когда от серии к серии изменялся преимущественно фактор сенсорной чувствительности, то наблюдалось преобладание корреляций с этим сенсорным фактором. В то же время в норме форма проведения эксперимента с преимущественным изменением мотивации или интенсивности стимула не оказывала заметного влияния на корреляции между ВП и перцептивными факторами. В обеих модификациях эксперимента у здоровых лиц корреляционные связи сохранили закономерный, стабильный характер.

В ипсилатеральной раздражению левой соматосенсорной области число связей ВП на первый стимул было значительно редуцировано, тогда как на второй, менее значимый раздражитель они были более выражены, чем в норме, причем здесь наблюдалась также корреляция промежуточных волн ответа с обоими психофизическими индексами (хотя один из коэффициентов и был равен 0,19). Для лобных отделов полушарий в группе больных было характерно заметное уменьшение связей с показателем критерия решения, особенно в левой лобной области, тогда как связи этих областей с сенсорным фактором были более выраженными.

Рис. 32 в более демонстративной форме показывает картину корреляционных связей у больных шизофренией.

Таким образом, корреляции между параметрами ВП и психофизическими показателями при шизофрении значительно изменены по сравнению с нормой (рис. 33). Полученные данные дополняют ранее описанное изменение морфологии ВП при этом заболевании, которое, как уже отмечалось, выражается в снижении амплитуды промежуточных и поздних волн ВП. Такие изменения могут трактоваться как нарушение информационных процессов мозга, связанное с дефицитом информации о сигнальных, биологических характеристиках стимула при шизофрении.

Картина нарушения психофизиологических корреляций у больных шизофренией носит более сложный характер, касаясь всех трех этапов сенсорно-перцептивного процесса, хотя наибольшие изменения наблюдаются на втором и третьем этапах. В общих чертах эти изменения сводятся к следующему. Ранние волны ВП при шизофрении обнаруживают связь с показателями критерия решения, а не сенсорной чувствительности, причем в одном случае имели место даже обратные отношения между показателем d' и амплитудой ранней волны ответа. Наоборот, поздние волны ВП выявляют связи с показателем чувствительности, и их корреляция с критерием решения оказывается нарушенной, включая наиболее выраженные в норме связи волны P_{300} лобных областей полушарий. Обращает также внимание то обстоятельство, что психофизиологические корреляции носят при шизофрении как бы неустойчивый характер. Так, как уже говорилось, выявляется преобладание связей с фактором чувствительности и критерия в зависимости от того, изменялись ли от серии к серии доминирующая мотивация или интенсивность стимулов. В то же время в норме описанные корреляции были весьма стабильны и не зависели от деталей использованной методики.

Главным же отличием от нормы является следующее. У больных шизофренией отсутствовала двойная корреляция промежуточных волн ВП с показателем d' и критерия решения. Таким образом, важнейший этап восприятия — этап синтеза — при этом заболевании оказывается нарушенным. Поскольку данный синтез, как говорилось в главе V, отражает некоторые ключевые моменты возникновения ощущения, эти данные могут указывать на значительные нарушения физиологической организации феноменов «психического уровня».

В этой связи представляет также интерес двойная корреляция, выявленная у больных шизофренией на ранних волнах ВП по двум методам вычисления корреляции из трех, и полученная на обоих исследованных анализаторах: соматосенсорном и зрительном. Формально говоря, такую раннюю двойную корреляцию, исходя из соображений, изложенных в главе V, можно было бы связать с более ранним, чем в норме, возникновением ощущения. В этом случае «выход на психический уровень» при ши-

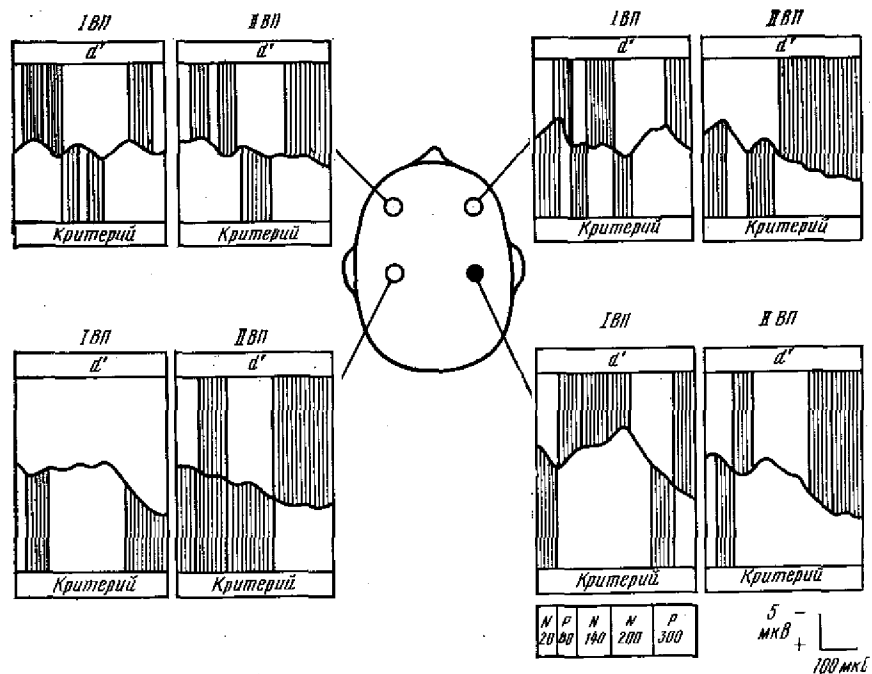


Рис. 32. Корреляция между вызванными потенциалами (ВП) четырех областей коры на первый и второй стимулы и двумя психофизическими показателями (сенсорной чувствительности a' — вверх от ВП и критерия решения — вниз от ВП) у больного шизофренией

Корреляции достигают уровня значимости при наличии связи по пяти последовательным интервалам времени

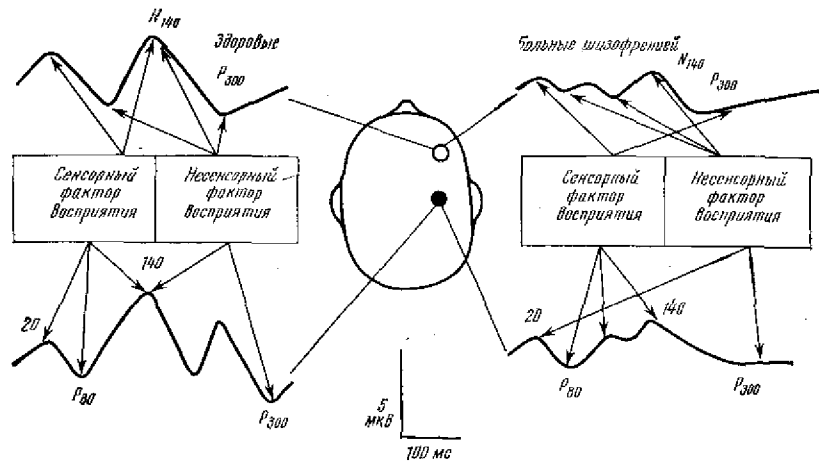


Рис. 33. Схематическое изображение корреляций между физиологическими и психологическими показателями восприятия в норме и при шизофрении

зофрении происходил бы раньше, чем в норме, а в ощущении отсутствовала бы достаточно полная информация о значимости стимула, так как такая значимость определяется на более поздних этапах сенсорно-перцептивного процесса. Ощущение в таком случае было бы лишено своей обычной чувственной окраски и, что не менее важно, не могло явиться надежной основой для принятия перцептивных решений.

Решающим для проверки правильности такой трактовки могли бы явиться данные о времени возникновения ощущений у больных шизофренией. Имеющиеся в литературе данные, в частности полученные методом обратной маскировки [Шостакович, 1972], показывают, что время восприятия при шизофрении, во всяком случае, не усорено. Однако данный метод, как говорилось в предыдущей главе, дает скорее косвенные, чем прямые данные о времени возникновения ощущения. Поэтому критическим для данной трактовки могло бы быть измерение времени ощущения по методу, описанному в следующей главе, т. е. по влиянию медленной активности коры на точность восприятия.

Однако при обсуждении психофизиологических корреляций у больных шизофренией можно выделить еще один, может быть, главный аспект. Все приведенные выше соображения являлись попыткой дать некоторое «рациональное» толкование соотношений между физиологическими и психологическими показателями сенсорно-перцептивного процесса при этом заболевании.

В то же время при рассмотрении этих корреляций обращает на себя внимание одно обстоятельство: психофизические корреляции при шизофрении как бы теряют свой закономерный характер. В отличие от логичных, «понятных» корреляций в норме, когда сенсорный показатель восприятия связан с сенсорными волнами ВП, а показатель критерия с компонентами, отражающими процессы мотивации и принятия решения, при шизофрении наблюдаются случайные и как бы хаотичные корреляции между соответствующими показателями физиологии и психологии. Эти данные, на первый взгляд, кажутся труднообъяснимыми.

В самом деле, какова ни была бы связь, например, ранних волн ВП с психофизическими индексами, волны ВП при шизофрении, так же как и в норме, по своей физиологической природе являются сенсорными, т. е. отражают приход в кору мозга возбуждения по сенсорным путям. Если данный физиологический механизм действительно лежит в основе обеспечения какой-либо психической функции, то его изменения, казалось бы, должны вызывать эквивалентные сдвиги в психической сфере. Физиологические и психологические показатели при этом будут изменяться однонаправленно, а их связь должна оставаться стабильной.

Каким же образом можно трактовать эти данные? В известной мере наличие обратных корреляций между показателями физиологии и психологии при шизофрении можно объяснить

нарушением баланса процессов возбуждения и торможения. Так, в условиях нормы повышение амплитуды ранних компонентов ответа значимо отражает возрастание притока в кору сенсорной информации, что сопровождается улучшением сенсорного анализа и возрастанием соответствующего сенсорного показателя психифизики. Слабость внутреннего торможения при шизофрении может приводить к иррадиации возбуждения по коре, что также вызовет повышение амплитуды данной волны ВП, но это будет сопровождаться ухудшением сенсорного анализа, в результате чего корреляция между показателями физиологии и психологии окажется нарушенной. Однако лишь часть нарушенных корреляций может получить такую трактовку.

В наиболее общей форме разрыв связей между показателями физиологии и психологии, появление «нелогичных» корреляций должны быть объяснены, очевидно, следующим. Психика представляет собой результат сложной мозговой интеграции. В отличие от этого физиологический параметр, измеряемый в данной мозговой структуре, имеет преимущественно аналитический характер. Соответствие между данными физиологии и психологии может быть достигнуто лишь в том случае, если в локальном физиологическом показателе, например в компоненте ВП, находит отражение деятельность других структур, обеспечивающих психическую функцию¹. Мозговые структуры являются при этом как бы «сонастроенными» и работают как единое целое (рис. 34). Однако и в этом целом на каждом данном этапе одна из структур, очевидно, является ведущей и в наибольшей степени отражает деятельность всей системы (как, например, проекционная кора в интервале 120—180 мс после стимула). Мозговые показатели, регистрируемые в разных звеньях системы, при этом не обязательно должны быть идентичными, хотя на некоторых критических этапах восприятия такое соответствие и может иметь место (см. разд. 4, гл. IV). Важно, что между отдельными звеньями системы обеспечения данной психической функции должен осуществляться постоянный обмен информацией о состоянии каждого звена в данный момент времени.

В случае патологии мозговое взаимодействие нарушается, мозг становится «дисгармоничным». При этом данный физиологический параметр отражает работу уже не всей системы обеспечения психической функции, а только одного из ее звеньев. Корреляция между физиологическими и психологическими данными при этом нарушается. Эти данные позволяют, таким образом, как бы подняться на новый уровень в изучении природы психических расстройств, раскрывая важную роль нарушения взаимодействия между отдельными структурами мозга в патогенезе психозов, а возможно, и неврозов [Хананашвили, 1978;

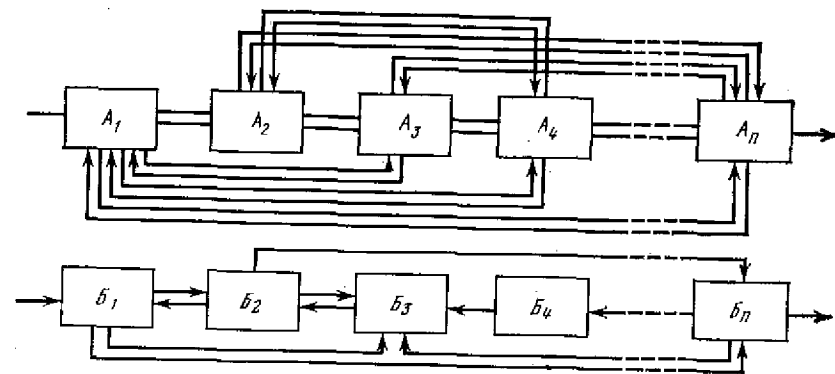


Рис. 34. Физиологическая система обеспечения психической функции восприятия. А состоит из ряда тесно связанных между собой звеньев ($A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n$)

Благодаря взаимной «сонастроенности» этих звеньев физиологический параметр, регистрируемый в одной из них, в значительной мере отражает функцию целостной системы и обнаруживает прямую корреляцию с показателем психической функции. При психической патологии (система Б) нарушается деятельность не только отдельных звеньев, но и связи звеньев между собой, что приводит к дезинтеграции системы. Вследствие этого корреляция между локальными физиологическими параметрами и психологическими показателями нарушается

Айрапегянц, Вейн, 1982]. На возможность такого рода расстройств указывал еще Н. Винер [1958].

Нарушение взаимодействия между отдельными звеньями системы приводит к распаду интеграции, хотя каждое из звеньев продолжает работать формально «правильно». Это может явиться одной из причин того, что поиски «специфических» нарушений мозговых функций при шизофрении встретили значительные трудности. При этом многие физиологические показатели мозговой деятельности иногда не отличаются от нормы или обнаруживают изменения, наблюдающиеся и при многих других заболеваниях. В то же время возможно, что нарушение соответствия мозговых показателей психическим факторам и является одним из характерных признаков шизофрении. Выявление такого рода нарушений требует параллельных физиологических и психологических исследований с последующим сопоставлением полученных данных.

Данные, полученные при исследовании психофизиологических корреляций, дают, таким образом, дополнительное подтверждение основному выводу, сделанному в предыдущей главе, об интегративном характере мозговых процессов, обеспечивающих психику, о психике как результате сложного взаимодействия мозговых центров. Эти данные указывают на значение особой согласованности, сонастроенности мозговых структур для обеспечения целостной психической функции.

¹ Используя образное сравнение, можно сказать, что отдельный мозговой показатель обладает при этом как бы свойствами «голографичности» и отражает функцию целостной системы.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

В исследовании физиологических механизмов процесса перцепции специальный интерес представляет анализ ошибочного восприятия, что позволяет изучить не только общие закономерности сенсорно-перцептивного процесса, но и подойти к анализу регуляторных механизмов восприятия. Последнее важно не только для расширения наших знаний о сенсорно-перцептивном процессе, но и для клинической и эргономической практики.

1. ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ МОЗГА И ОШИБКИ ВОСПРИЯТИЯ

Было проведено специальное экспериментальное исследование ВП мозга в случае правильного и ошибочного восприятия интенсивности световых вспышек.

Изучались вызванные потенциалы зрительной области полушарий. Эксперимент состоял в различении двух вспышек по яркости. В течение эксперимента испытуемому предъявлялось 100 пар вспышек равной и разной яркости. В последнем случае вторая вспышка в паре имела большую яркость. Интенсивность стимулов была подобрана таким образом, чтобы вероятность правильного обнаружения пар вспышек разной яркости составляла $50 \pm 25\%$, а вероятность ошибочной оценки вспышек равной яркости как разных по интенсивности — $30 \pm 15\%$. При этом энергия вспышек составляла 0,18 и 0,27 Дж. Длительность каждой вспышки составляла 15 мс, интервал между вспышками составлял 1,2 с, между парами вспышек — 4—10 с. Вспышки предъявлялись через 1 с после команды «Внимание». Априорная вероятность появления пар вспышек равной или разной яркости равнялась 0,5. Последовательность предъявления пар стимулов того или иного рода была построена по таблице случайных чисел. В качестве генератора вспышек был использован фотостимулятор МБ 5205/А (фирма «Медикор», ВНР). Лампа фотостимулятора располагалась на расстоянии 60 см от открытых глаз испытуемого.

В течение эксперимента регистрировалась вызванная активность затылочной области коры. ВП регистрировались референциально. При этом активный электрод располагался по средней линии на 2,5 см выше Ip_{10} . Референтный электрод располагался на соседнем отростке. Усиление ВП производилось электроэнцефалографом МБ 5202/Б (ВНР). ВП на вспышки света суммировались и усреднялись по четырем исходам эксперимен-

та: обнаружение, ложная тревога, пропуск и покой — в разных массивах памяти ЭВМ «Саратов» с эпохой анализа 500 мс. Подробно результаты этого исследования изложены в работе А. М. Иванецкого, Ю. М. Забродина и Л. В. Матвеевой [1978]. Для дальнейшего изложения важно следующее: в результате анализа амплитудных характеристик вызванных ответов было обнаружено, что в случае неправильной оценки испытуемым яркости вспышек наблюдается смещение изолинии ВП. Смещение изолинии при ошибочном восприятии выражалось в нарушении соотношения между положительными и отрицательными волнами ответа, т. е. в асимметрии ответов относительно изолинии. Из рис. 35 следует, что асимметрия ответа видна уже на ранних волнах. При этом соотношение между амплитудами ответа на первый и второй стимулы, особенно его ранних волн, не соответствовало реальной интенсивности стимулов.

В отличие от ошибочных реакций при правильном восприятии амплитуда ответа, включая его ранние волны, достаточно четко соответствовала реальной величине стимулов. При этом нарушения соотношения положительных и отрицательных фаз ВП и сдвига ответа относительно изолинии не отмечалось, или они были выражены в небольшой степени (см. рис. 35).

Эти данные позволили высказать предположение, что изменение уровня потенциала коры в процессе восприятия оказывает модулирующее действие на его результат. При этом в основе ошибок идентификации яркости световых раздражителей лежат, по-видимому, спонтанные колебания чувствительности анализатора. В случае правильных реакций чувствительность сенсорного входа при восприятии первого и второго стимулов в паре остается неизменной или по крайней мере изменяется однонаправленно.

2. МЕДЛЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА КАК ВОЗМОЖНЫЙ МОДУЛЯТОР СЕНСОРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Мы отдавали себе отчет, однако, что по методическим условиям упомянутой работы (тип применяемых электродов, входное сопротивление и полоса пропускания усилителя) корректный анализ связи изменений уровня потенциала коры с характеристиками восприятия был затруднен. Поэтому на следующем этапе работы с целью изучения динамики потенциала коры при ошибочном и правильном восприятии стимулов нами была проведена регистрация уровня постоянного потенциала коры (УПП) зрительной области полушарий. Регистрация производилась каломельными электродами. Для записи УПП использовался вибропреобразователь (частота заполнения 12 в 1 с) и электроэнцефалограф МБ 5202/Б.

Эксперименты были проведены на 12 здоровых испытуемых. Анализ полученных данных не обнаружил какой-либо связи

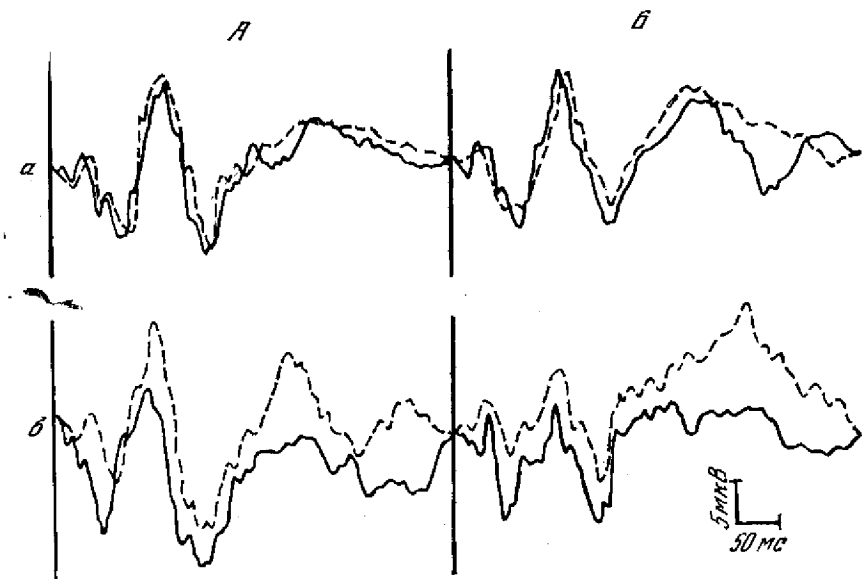


Рис. 35. Индивидуальные ВП на первую (А) и вторую (Б) вспышки по различным исходам

а — «обнаружение сигнала» (сплошная линия) и «покой» (пунктирная); б — «ложная тревога» (сплошная линия) и «пропуск сигнала» (пунктирная)

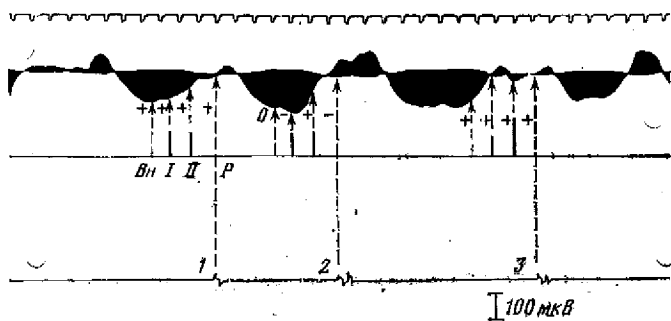


Рис. 36. Медленная электрическая активность коры больших полушарий человека и реакции испытуемого при предъявлении световых вспышек

Сверху вниз: отметка времени 1 с, медленная активность, отметки предъявления вспышек, отметки реакций испытуемого; «Вн» — момент предъявления команды «Внимание»; I, II — момент предъявления первой и второй вспышек; P — отметка реакции испытуемого; «+», «-», «0» — знаки первой производной медленной активности; 1 — правильное отрицание; 2 — ложная тревога; 3 — правильное обнаружение

УПП и характеристик восприятия. При этом, однако, было замечено, что огибающая сверхмедленных волн УПП содержит в себе некие более высокочастотные колебания меньшей амплитуды, которые при очень широкой полосе пропускания на нижних частотах не могут быть качественно зарегистрированы из-за маскировки их высокоамплитудными сверхмедленными колебаниями потенциала. Медленная активность такого диапазона обнаруживается и в работах других авторов [Аладжалова, 1962; Илюхина, 1977].

В результате автокорреляционного анализа [Аладжалова, 1979] было показано, что такие колебания, которые можно обозначить как волны секундного диапазона, преобладают в спектре медленных отклонений потенциала коры мозга человека. Что касается их генеза, то существует предположение о зависимости выраженности медленных корковых потенциалов от уровня активированности холинергических входов в кору из ретикулярной формации (РФ). Это предположение подтверждается тем, что стимуляция РФ угнетает медленные колебания, в то время как аппликация антихолинергических веществ атропина и скополамина увеличивает амплитуду медленных волн [Spehlmann, Nogross, 1982].

Для регистрации указанных колебаний потенциала была создана специальная установка, в которой при усилении сигнала проводилась его частотная селекция с помощью активных фильтров. Регистрация проводилась чашечными хлорсеребряными электродами. Для предварительного усиления и фильтрации медленных потенциалов применялся усилитель БУ-1 (входное сопротивление не менее 10 мОм). Полоса пропускания усилителя была в диапазоне 0,1—10 Гц. С выхода БУ-1 медленные потенциалы через вибропреобразователь с частотой прерывания 12 в 1 с подавались на вход электроэнцефалографа МБ 5202/Б. Вид регистрируемой записи представлен на рис. 36.

В условиях регистрации медленной электрической активности (МЭА) были проведены психофизические эксперименты по различению световых вспышек по яркости. Работа выполнялась совместно с Л. В. Матвеевой [Иваницкий, Корсаков, Матвеева, 1979, 1980].

Эксперименты проводились на 45 здоровых испытуемых. В течение эксперимента испытуемый находился в темной звукозаглушенной камере. Порядок стимуляции и характеристики стимулов описаны в разд. 1 настоящей главы. На восприятие пары вспышек разной интенсивности (вторая ярче первой) испытуемый должен был реагировать двумя нажатиями на кнопку, на восприятие пары вспышек одинаковой яркости — одним. Правильное восприятие интенсивности вспышек разной яркости оценивалось как правильное обнаружение сигнала; ошибочное восприятие, когда испытуемый считал вспышки разной яркости равными по интенсивности, оценивалось как пропуск сигнала. Соответственно при восприятии вспышек равной яркости их вер-

ная идентификация оценивалась как правильное отрицание, или «покой», а случаи ошибок — как ложная тревога.

По результатам экспериментов проводилось сопоставление данных электрической активности и четырех возможных исходов психофизического эксперимента. МЭА анализировалась по записи на ленте электроэнцефалографа. При этом определялись амплитуда процесса в четырех точках, по времени соответствующих команде «Внимание», моментам предъявления первой и второй вспышек, а также реакции испытуемого (нажатие на кнопку). Отдельно определялось направление развития потенциала, т. е. его первая производная, в интервалах времени, непосредственно следующих за указанными точками. При этом в случае позитивации потенциала первая производная его оценивалась как положительная, в случае негативных сдвигов — как отрицательная.

Особо необходимо отметить, что в данном случае учитывался только знак первой производной МЭА. В результате были возможны ситуации, когда, например, первая производная была положительна или отрицательна на всем анализируемом отрезке. В других случаях знак первой производной МЭА во всем интервале «команда «Внимание» — нажатие на кнопку» мог меняться как один раз (в том или ином временном отрезке после команды «Внимание» или вспышек), так и несколько раз.

По результатам измерения составлялись таблицы, в которые попарно (пары составляли команда «Внимание» — первая вспышка, первая и вторая вспышки, вторая вспышка — нажатие) заносились знаки первой производной МЭА.

По составлении этих таблиц в процентах относительно общего числа проб в каждой паре определялось количество случаев несовпадения знака первой производной МЭА. Результаты представлены в табл. 7.

Из табл. 7 видно, что в случае ошибочного восприятия в довольно высоком проценте случаев знак первой производной МЭА в паре I—II не совпадает, в то время как при правильном восприятии этот процент существенно ниже.

ТАБЛИЦА 7
РЕАКЦИИ ИСПЫТУЕМЫХ И ЧИСЛО НЕСОВПАДЕНИЙ ЗНАКА ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ МЕДЛЕННОЙ АКТИВНОСТИ ЗАТЫЛОЧНОЙ ОБЛАСТИ КОРЫ

Рассматриваемая пара	Правильные реакции		Ошибочные реакции	
	Правильное обнаружение	Покой	Пропуск сигнала	Ложная тревога
«Внимание», первая вспышка	64,0	65,2	64,7	64,6
Первая вспышка, вторая вспышка	31,5	37,0	68,3	75,4
Вторая вспышка, нажатие на кнопку	44,8	46,7	45,7	48,0

Справедливо полагать, что низкая вероятность несовпадения знака первой производной МЭА в паре I—II в случае правильного восприятия указывает на стабилизацию медленного потенциала в данном диапазоне по сравнению с фоном. Действительно, при измерении количества случаев несовпадения знака первой производной МЭА в 350 случайно выбранных парах точек, разделенных интервалом, равным интервалу между вспышками, т. е. 1,2 с, было обнаружено, что знак первой производной МЭА в интервалах времени, следующих за указанными точками, не совпадает в 72% случаев. При правильных реакциях этот процент составлял 31,5 и 37,0 (см. табл. 7).

3. КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ПОТЕНЦИАЛА КОРЫ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЦЕНТРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПРОЦЕССА ВОСПРИЯТИЯ

Факт стабилизации потенциала коры в постстимульных интервалах времени при правильном восприятии поставил перед исследователями ряд специальных вопросов, требующих экспериментальной проверки.

1. В какой мере регистрируемая в описанных исследованиях МЭА свободна от искажений, которые могут возникать за счет кожно-гальванической реакции и других факторов?

2. Является ли стабилизация потенциала коры в постстимульных временных интервалах результатом работы активного регуляторного механизма, стабилизирующего состояние анализатора, или она — следствие случайного отбора ситуаций, в которых имело место совпадение знака первой производной МЭА в отрезках времени, непосредственно следующих за стимулами, как ситуаций, сопутствующих правильному восприятию яркости?

3. Оказывают ли сдвиги уровня потенциала зрительной области коры действительное влияние на восприятие интенсивности зрительных стимулов или являются эпифеноменом?

4. Какова максимальная длительность отрезка времени после стимула, в пределах которого изменение направления развития потенциала коры связано с появлением ошибок?

Дальнейшее исследование во многом было посвящено поиску ответов на поставленные вопросы.

Во-первых, в контрольных экспериментах, в которых электроды помещались в физиологический раствор, дрейф потенциала наблюдался лишь в течение 1—2 мин, после чего потенциал стабилизировался и никаких его колебаний, сопоставимых по амплитудным и временным параметрам с записью МЭА, не отмечалось. Следовательно, регистрируемую нами активность можно считать в значительной мере свободной от компонента электрохимических потенциалов, а также сдвигов потенциала, вызванных колебаниями параметров усилителя. Для анализа возмож-

ных артефактов от кожно-гальванической реакции нами была проведена параллельная регистрация медленной активности с электрода, расположенного на коже головы, а также с подкожного игольчатого электрода, изолированного по всей длине, кроме кончика. Игольчатый электрод вводился на расстоянии 4—5 мм от поверхностного. Эта регистрация не обнаружила существенных различий в характере активности в обоих случаях (рис. 37). Не было выявлено и существенных изменений амплитудно-временных характеристик медленных волн, регистрируемых с поверхности кожи, после ионофоретического введения 0,1%-ного раствора антихолинергического вещества атропина в течение 20 мин в место наложения как активного, так и референтного электродов. В то же время после ионофоретического введения атропина в кожу ладони отмечалась значительная редукция КГР в этом отведении (рис. 38). Запись производилась в этих случаях на полиграфе фирмы «Nihon Kohden» (Япония) с постоянной времени 2 с и верхней частотой пропускания 15 Гц.

Данные литературы [Соколов, 1959; Аладжалова, 1979] также подтвердили, что медленная активность, регистрируемая с кожи головы, не испытывает значительных искажений от КГР в связи со слабой выраженностью последней, особенно при референциальном отведении [Шарова, 1979]. Вышеизложенное позволяет заключить, что регистрируемая нами медленная электрическая активность имеет преимущественно мозговое происхождение, тем более что по своим амплитудно-временным характеристикам она заметно отличается как от параметров КГР, так и от медленных потенциалов, связанных с кровотоком или напряжением кислорода [Гречин, Кропотов, 1979].

Известно, что сдвиги медленного потенциала коры сопровождаются изменением уровня возбудимости мозговых структур, что было показано при исследовании вызванных потенциалов [Fromm, Bond, 1967] и активности отдельных нейронов [Landau et al., 1964], а также при изучении условных рефлексов [Русинов, 1969; Швец, 1975]. Существует также ряд данных, косвенно указывающих на связь колебаний сенсорной чувствительности с уровнем постоянного потенциала коры [Маликова, 1974; Ройтбак, 1965; Goldring, O'Leary, 1954].

Очевидно, для адекватного восприятия слабо различающихся по интенсивности вспышек света необходима стабильность условий, в которых происходит восприятие. Одним из этих условий является, видимо, постоянство направления в сдвиге потенциала коры. Причиной такой стабилизации корковых потенциалов может быть повышение в процессе восприятия уровня активированности коры, обусловленное активацией РФ [Spehlmann, Norgross, 1982]. При ошибочном восприятии, видимо, эта активация недостаточна.

Можно полагать, что значительная стабилизация потенциала коры при правильном восприятии интенсивности стимулов свя-

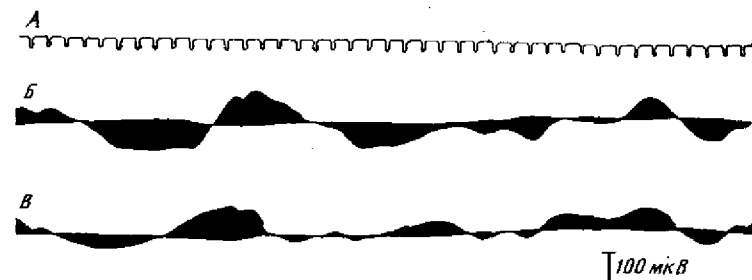


Рис. 37. Медленная электрическая активность, регистрируемая с кожи головы и с подкожного электрода

А — отметка времени 1 с; Б — медленная активность при регистрации с кожи головы; В — подкожный электрод

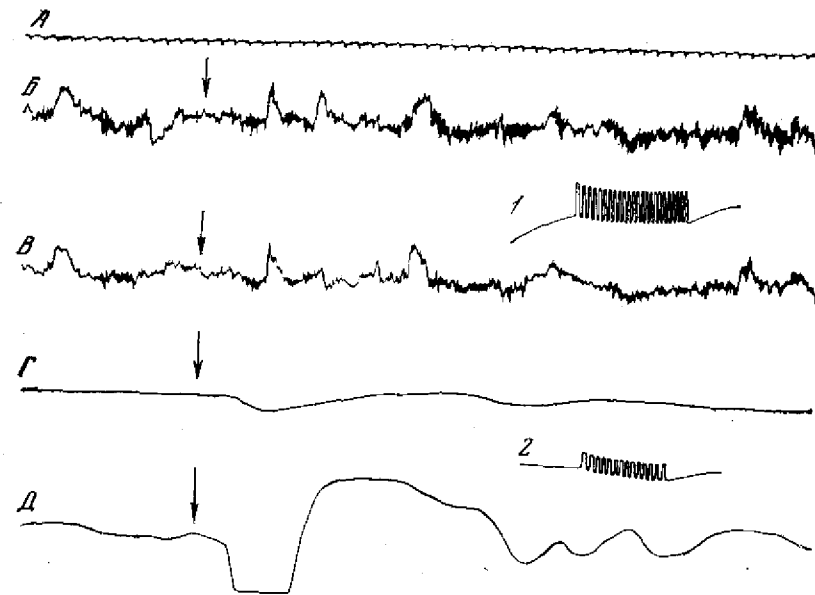


Рис. 38. Медленная электрическая активность затылочной области и КГР ладони руки без аппликации и в случае аппликации атропина в место наложения активного и референтного электродов

А — отметка времени 1 с; Б — медленная активность при аппликации атропина; В — без аппликации; Г — КГР в случае аппликации атропина; Д — интактная ладонь. На трассах Б и В запись производилась с электродов, расположенных билатерально на равных расстояниях от сагитального шва. Калибровка 100 мкВ: 1 — для медленной активности, 2 — для КГР

зана с наличием активного регуляторного механизма, позволяющего стабилизировать функциональное состояние анализатора. В то же время при сопоставлении качества восприятия и частоты колебаний МЭА в фоне у отдельных испытуемых было обнаружено, что МЭА, содержащая в себе аperiodические колебания

длительностью от сотен миллисекунд до нескольких секунд, у испытуемых с меньшим количеством ошибок отличается и меньшим удельным весом быстрых модуляций потенциала. В результате средняя частота колебаний МЭА у этих испытуемых оказывается ниже и уровень потенциала коры, следовательно, изначально стабильнее. Этот факт дает основание для предположения о невыраженности активной регуляции восприятия интенсивности световых стимулов. Нами, однако, был проведен специальный анализ экспериментальных данных, который показал неосновательность такого рода предположения.

Прежде чем перейти к изложению этих данных, необходимо сказать несколько слов о проблеме изучения регуляторных механизмов восприятия.

В комплексе задач, связанных с изучением сенсорной чувствительности в рамках психофизических исследований, значительное место уделяется созданию разного рода моделей деятельности человека-наблюдателя и анализу особенностей восприятия сигналов [Забродин, 1977; Индлин, 1977]. Работа реального наблюдателя рассматривается при этом обычно как сложный динамический вероятностный процесс. Ключом к решению задачи центрального регулирования этого процесса и, в частности, регулирования порога восприятия является, как правило, изучение динамики субъективных эталонов.

Не вызывает сомнения, что субъективный образ стимульной информации не является абсолютно точным отражением последней [Бардин, 1976; Забродин, 1976]. Известно также наличие некоторых общих закономерностей сенсорно-перцептивного процесса, во многом определяющих характер восприятия данного испытуемого на данном временном отрезке процесса перцепции. Работы процитированных выше авторов убедительно показывают конструктивность и продуктивность сложившегося в современной психофизике подхода к понятию порога чувствительности как операциональной категории.

В то же время существуют данные о высокой значимости актуальной динамики характеристик обнаружения даже в условиях постоянства параметров входных сигналов и, в частности, о высокой значимости изменений структуры деятельности реального наблюдателя от пробы к пробе [Джафаров, 1977]. В этом случае, видимо, результат восприятия оказывается связанным не только с колебаниями критерия решения, но и с колебаниями сенсорного порога [Забродин, 1982].

Следует отметить, кроме того, что рассмотрение пороговой проблемы в свете современных психофизических воззрений в значительной мере маскирует компонент физиологического обеспечения сенсорно-перцептивного процесса. Между тем физиологические феномены, обеспечивающие восприятие, позволяют наполнить реальным содержанием, например, такое понятие, как сенсорный шум, и подойти к анализу регуляторных механизмов не только генеральной совокупности перцептивного процесса, но

и отдельно взятого акта восприятия. В этом случае порог восприятия, очевидно, должен рассматриваться как реальный и доступный физиологическому анализу феномен.

Данные экспериментов показывают, что ошибка в сравнительной оценке яркости световых стимулов часто происходит в случае дестабилизации потенциала в некотором интервале времени, непосредственно следующем за моментом подачи раздражителя. Необходимо подчеркнуть, однако, что рассмотрение колебаний уровня потенциала коры в качестве возможного коррелята функционирования одного из компонентов активного регуляторного механизма сенсорно-перцептивного процесса требует дополнительных доказательств.

Наиболее убедительная аргументация активного участия МЭА в регуляции процесса восприятия, по нашему представлению, может быть получена в сравнительном исследовании динамики МЭА у здоровых испытуемых и при психической патологии [Корсаков, 1982].

Экспериментальный материал для анализа особенностей МЭА в зависимости от характеристик восприятия был получен на трех группах испытуемых (12 здоровых испытуемых, 12 психопатических личностей возбудимого круга и 10 больных шизофренией — простая форма с апато-абулическими проявлениями).

Схема эксперимента полностью совпадала с изложенной ранее (см. разд. 1 настоящей главы).

По результатам работы каждого из испытуемых определялись вероятность обнаружения сигнала $P(y/s)$ и вероятность ложной тревоги $P(y/n)$. На их основании производилась оценка характеристик восприятия испытуемых по показателю чувствительности d' и по критерию решения L_s , которые рассчитывались согласно принятым в современной психофизике правилам [Green, Swets, 1966; Hodos, 1970].

Кроме того, в описываемых экспериментах с группировкой по четырем исходам измерялось также время реакции испытуемого.

Результаты психофизического анализа показали, что по показателю сенсорной чувствительности испытуемые могут быть условно разделены на подгруппы с высокой ($d' > 1,0$) и низкой чувствительностью ($d' < 1,0$). В наших экспериментах каждая из подгрупп представлена половиной испытуемых той или иной группы (здоровые испытуемые, психопатические личности, больные шизофренией). Численные значения показателя сенсорной чувствительности по каждой из подгрупп иллюстрированы табл. 8.

Частота фоновых колебаний МЭА у разных групп испытуемых существенно не различалась. В то же время выявлена стойкая зависимость уровня чувствительности (низкий—высокий) от частоты фоновых колебаний МЭА. Во всех группах испытуемых для подгрупп с высокой чувствительностью характерна более низкая частота медленных колебаний, чем для подгрупп с низкой чувствительностью. Указанная зависимость иллюстрируется табл. 8.

ТАБЛИЦА 8

ЧАСТОТА ФОНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ МЕДЛЕННОЙ АКТИВНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛЬ СЕНСОРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ИСПЫТУЕМЫХ С ВЫСОКОЙ И НИЗКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

Группа испытуемых	Здоровые испытуемые		Психопатические личности		Больные шизофренией	
	Высокая чувствительность	Низкая чувствительность	Высокая чувствительность	Низкая чувствительность	Высокая чувствительность	Низкая чувствительность
Чувствительность и средняя частота фоновых колебаний медленной активности (F ф, ср)						
d' ср	1,1	0,15	1,04	0,31	1,13	0,44
F ф. ср (кол./мин.)	25,8	31,8	25,3	29,4	24,5	29,0

Результаты анализа динамики медленного потенциала представлены в табл. 9. В таблице не иллюстрируется динамика первой производной МЭА в интервалах времени, следующих за командой «Внимание» и за реакцией испытуемого, так как в данных экспериментах, как и ранее, не было обнаружено связи между несовпадением знака первой производной МЭА в этих интервалах с правильными или ошибочными реакциями испытуемого. Не выявлено также закономерной зависимости между направлением сдвига потенциала (в позитивную или негативную сторону) и характером реакций испытуемого.

Из табл. 9 видно, что ошибочные реакции как больных, так и здоровых испытуемых в высоком проценте случаев сопровождались несовпадением знака первой производной в интервалах времени, непосредственно следующих за вспышками. Таким образом, результаты проведенных нами экспериментов подтверждают, что правильное восприятие интенсивности раздражителей обеспечивается определенной стабилизацией медленного потенциала, в результате чего оба стимула в паре воспринимаются в одинаковых относительно направления развития потенциала коры условиях. Следует особо подчеркнуть, что данный механизм, видимо, достаточно универсален, так как его действие отмечено как у здоровых испытуемых, так и в случае психической патологии.

Можно полагать, однако, что если наше предположение об активном участии колебаний потенциала коры в регуляции восприятия интенсивности световых вспышек справедливо, то характеристики восприятия и динамика МЭА должны находиться в определенной зависимости.

Рассмотрим особенности динамики МЭА в их связи с характером психофизических показателей в каждой из экспериментальных групп.

Для удобства рассмотрения полученных нами данных введем ряд обозначений. Минимальная математическая символика в

ТАБЛИЦА 9

КОЛИЧЕСТВО НЕСОВПАДЕНИЙ ЗНАКА ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ МЕДЛЕННОЙ АКТИВНОСТИ (%) И ВРЕМЯ РЕАКЦИИ (С) ИСПЫТУЕМЫХ С ВЫСОКОЙ И НИЗКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

Группа испытуемых	Чувствительность	Вид данных	Правильные реакции		Ошибочные реакции	
			правильное обнаружение	покой	пропуск сигнала	ложная тревога
Здоровые испытуемые	Высокая	Количество случаев несовпадения	45,6	38,5	69,7	79,5
		Время реакции	0,570	0,675	0,690	0,610
	Низкая	Количество случаев несовпадения	39,7	52,7	75,8	74,8
		Время реакции	0,560	0,555	0,535	0,575
Психопатические личности	Высокая	Количество случаев несовпадения	35,1	33,0	44,9	65,0
		Время реакции	0,545	0,640	0,650	0,595
	Низкая	Количество случаев несовпадения	52,3	35,1	58,1	67,2
		Время реакции	0,520	0,610	0,625	0,580
Больные шизофренией	Высокая	Количество случаев несовпадения	31,3	37,7	62,0	71,3
		Время реакции	0,535	0,550	0,545	0,550
	Низкая	Количество случаев несовпадения	51,1	43,3	73,1	65,6
		Время реакции	0,530	0,540	0,560	0,555

данном случае, говоря словами Норберта Винера, «самый надежный язык: избежать ее можно только ценою длинных перифраз» [Винер, 1969, с. 161].

С целью увеличения наглядности буквы латинского алфавита в обозначениях являются первыми буквами соответствующих английских слов.

1. *In* — индекс нестабильности. Характеризуется отношением количества случаев несовпадения знака первой производной МЭА в интервалах времени, непосредственно следующих за вспышками, к общему числу проб. Индекс нестабильности, таким образом, является самой общей характеристикой процесса по показателю его первой производной.

В этой связи может возникнуть вопрос: зачем вообще какие-либо колебания в системе регуляции, если они приводят к дестабилизации системы? Из теории регуляторных систем известно, однако, что колебательный процесс в какой бы то ни было системе — необходимое условие контролируемого поддержания нормального функционального состояния системы [Винер, 1968]. Кроме того, по некоторым данным [Offner, 1981], стохастические флюктуации, например, мембранного потенциала обеспечи-

вают высокую чувствительность мембраны. Образно выражаясь, отсутствие колебаний в системе регуляции — это смерть системы. Действительно, при значении индекса неустойчивости, равном нулю, колебания потенциала коры отсутствуют и, следовательно, в такой ситуации вообще отсутствует электрогенез. Значение индекса неустойчивости, равное единице, свидетельствует о полностью неустойчивой системе. Отметим, что для фоновых колебаний МЭА характерен индекс неустойчивости, равный 0,72 (см. с. 147).

Дополнительно обозначим индекс неустойчивости в случае правильных ответов (ситуации правильного обнаружения и правильного отрицания) как II_{nR} , а индекс неустойчивости в случае ошибок (ложная тревога и пропуск сигнала) как II_{nF} .

2. $IR = II_{nF}/II_{nR}$ — индекс регуляции. IR является оценкой веса индекса неустойчивости в случае ошибочного восприятия стимулов относительно аналогичного показателя для правильного восприятия.

Дополнительно обозначим: IR_D — индекс регуляции в случае предъявления разных по интенсивности стимулов. IR_E — то же в случае предъявления равных стимулов.

Индекс регуляции, таким образом, является количественной мерой выраженности стабилизации медленного потенциала при восприятии пар вспышек того или иного рода. Так, например (см. табл. 7, с. 146), в приведенных нами данных индекс регуляции при восприятии пар вспышек разной интенсивности равен $68,3/31,5 = 2,17$. Соответственно индекс регуляции при восприятии вспышек равной яркости равен $75,4/37,0 = 2,04$.

3. $VR = IR_D/IR_E$ — вектор регуляции. VR количественно оценивает выраженность стабилизации МЭА при восприятии разных по интенсивности стимулов относительно равных. Так, в приведенном выше примере стабилизация медленного потенциала при восприятии пар вспышек разной и равной яркости выражена примерно в равной мере. Очевидно, что если при восприятии, например, вспышек разной яркости стабилизация медленного потенциала в интервалах времени, следующих за вспышками, значительна, а при восприятии вспышек равной яркости отсутствует, то мы вправе предполагать, что качественное восприятие яркости вспышек в основном обусловлено правильным восприятием вспышек разной яркости и, следовательно, процесс регуляции функционального состояния анализатора при восприятии, выражающийся в стабилизации потенциала, направлен на выделение разницы в яркости вспышек.

4. $\tau(\text{мс}) = T(\text{разн}) - T(\text{равн})$. Здесь $T(\text{разн})$ — время реакции при восприятии стимулов как разных по интенсивности (обнаружение и ложная тревога); $T(\text{равн})$ — время реакции в случае правильного отрицания и пропуска сигнала, т. е. при оценке сигналов как равных.

Результаты количественного анализа табл. 9 в плане введенных нами обозначений приведены в табл. 10.

ТАБЛИЦА 10
ЗНАЧЕНИЯ КРИТЕРИЯ РЕШЕНИЯ L_x , τ , ИНДЕКСА РЕГУЛЯЦИИ IR
И ВЕКТОРА РЕГУЛЯЦИИ VR В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ СЕНСОРНОЙ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Испытуемые	Чувствительность	IR_E	IR_D	VR	τ (мс)	L_x
Здоровые	Высокая	1,53	2,07	0,729	-92,5	-4,97
	Низкая	1,91	1,42	1,345	22,5	+4,90
Психопатические личности	Высокая	1,28	1,97	0,649	-75,0	-11,4
	Низкая	1,11	1,91	0,581	-67,5	-12,8
Больные шизофренией	Высокая	1,98	1,89	1,04	-2,5	+7,32
	Низкая	1,43	1,51	0,947	-7,5	+7,38

О чем говорят данные, полученные при анализе динамики МЭА и времени реакции?

Из табл. 10 видно, что характер вектора регуляции VR , τ и психофизических характеристик в определенных подгруппах отличается заметным сходством. Так, например, у здоровых испытуемых с высокой чувствительностью, а также у психопатических личностей (независимо от чувствительности) $VR < 1$, $\tau < 0$, $L_x < 0$. Такого рода параллелизм может указывать на детерминированность этих характеристик восприятия, причем детерминантом, по нашему мнению, является установка испытуемого на выделение из предъявляемых ему пар вспышек преимущественно сигналов равной интенсивности.

Действительно, значения вектора регуляции, меньшие единицы, показывают, что в этом случае стабилизация МЭА при восприятии вспышек направлена преимущественно на вспышки равной интенсивности. Этот вывод подтверждается и тем, что у этих испытуемых $\tau < 0$, т. е. время реакции на разные вспышки у них меньше, чем на равные, и, таким образом, по этому показателю сигнальной для этих испытуемых являлась пара вспышек равной яркости, так как существуют данные, что при равновероятном предъявлении сигнального и несигнального раздражителей время реакции на несигнальный, отрицаемый раздражитель оказывается меньше [Зинченко с соавт., 1980].

Соответственно у группы здоровых испытуемых с низкой чувствительностью $VR > 1$, $\tau > 0$, $L_x > 0$, и сигналом в этом случае, что подтверждается и субъективным отчетом испытуемых, являются вспышки разной яркости.

Говоря о субъективном отчете испытуемых, необходимо отметить, что для испытуемых с высокой чувствительностью была характерна установка на выделение сигналов равной яркости. Здесь уместно привести пример субъективного отчета испытуемого с высокой чувствительностью (испытуемый Т-ев):

— Ну, как обнаруживаю? Они все время меняются немного: то поярче, то послабее. Трудно, вообще-то различать. Я смотрю:

если одинаковые — я нажимаю на кнопку один раз. Если не одинаковые, значит, наверное, разные. Ну, я нажимал два раза. Вот и все.

В этом отчете обращает на себя внимание и то, что пары вспышек разной яркости выделялись методом «отбраковки» от равных, выделялись, как не удовлетворяющие признаку равенства. Видимо, по этой причине испытуемый не был уверен в точности идентификации пар вспышек разной яркости: «значит, наверное, разные». Между тем индивидуальная чувствительность данного испытуемого равнялась 1,43, т. е. была довольно высокой.

У больных шизофренией значение вектора регуляции близко к единице, $\tau \approx 0$ и, таким образом тенденции к акцентированному восприятию вспышек разной или равной яркости не обнаруживаются. Невыраженность установки на преимущественное выделение тех или иных параметров экспериментальной ситуации у больных шизофренией подтверждается и данными психологических исследований [Поляков, 1974; Соколова, 1976].

Резюмируя изложенное в этом разделе, можно сказать, что в ситуации восприятия разницы интенсивности световых раздражителей вектор регуляции достаточно отчетливо связан с установкой испытуемого на выделение в предлагаемой ему стимульной информации тех или иных признаков. Таким образом, в результате анализа динамики медленных потенциалов в постстимульных интервалах нами найден электрофизиологический коррелят механизма смысловой психологической установки.

Описанные факты дают основание для вывода, что регуляция сенсорной чувствительности происходит непосредственно с участием изменений уровня потенциала коры и что механизм этой регуляции имеет активный характер.

В этом плане представляют интерес и количественные значения критерия принятия решения в разных нозологических группах, а также в зависимости от уровня чувствительности. Можно сказать, что либеральный критерий, характерный для подгруппы здоровых испытуемых с высокой чувствительностью, не противоречит полученным электрофизиологическим данным и специфике времени реакции у этих испытуемых. Отрицательные значения L_x дают некоторые основания утверждать, что эти испытуемые действительно с большей осторожностью относятся к идентификации вспышек равной яркости, чем к идентификации разных вспышек.

В подгруппе здоровых испытуемых с низкой чувствительностью отмечена тенденция к строгому критерию. Направленность восприятия на обнаружение вспышек разной яркости у этих испытуемых подтверждается и значениями τ и вектора регуляции ($\tau > 0$, $VR > 1$). Что касается больных шизофренией, то для них, как правило, характерен сдвиг критерия в сторону более строгого [Иваницкий, 1976], что наблюдалось и в наших экспериментах.

Заключая этот раздел, необходимо сказать, что материал, полученный нами в данных экспериментах, пока не позволяет с уверенностью описать закономерности колебаний качества восприятия в норме и при психической патологии. В то же время результаты экспериментов являются достаточно убедительным доказательством того, что регуляция сенсорной чувствительности происходит и в каждом отдельно взятом акте восприятия. При этом в качестве одного из регуляторов можно рассматривать конкретный физиологический феномен: изменения уровня потенциала коры. Таким образом, полученные результаты открывают новую возможность анализа динамических характеристик перцептивной функции.

Хотелось бы подчеркнуть, что в данных экспериментах, кроме решения вопроса об отражении в колебаниях потенциала зрительной области коры работы активного регуляторного механизма, удалось показать, что описывающий динамику МЭА показатель вектора регуляции является коррелятом психологической установки испытуемого на восприятие тех или иных параметров стимулов.

Помимо этого вывода, результаты проведенного анализа приводят к заключению, что коль скоро в динамике МЭА как модулятора уровня возбудимости анализатора находит отражение отношение испытуемого к решаемой задаче, т. е. его мотивация, то динамика МЭА может быть связана с мотивационно-эмоциональной сферой.

Справедливость этого предположения подтверждается и литературными данными. Так, в работе Н. Бирбаумера с соавт. [Birbaumer et al., 1981] показана возможность формирования активной, направленной регуляции параметров медленного потенциала коры посредством биологической обратной связи. При этом на отрезке регулируемой испытуемым МЭА заметно повышалась точность зрительного восприятия. На важную роль медленных потенциалов в регуляции функции зрительной системы указывал также К. Х. Прибрам [Pribram, 1978].

4. МИКРОПОЛЯРИЗАЦИЯ КОРЫ КАК МЕТОД НАПРАВЛЕННОЙ РЕГУЛЯЦИИ ВОСПРИЯТИЯ

Исследование регуляторных механизмов восприятия по самой своей сути является задачей, полное решение которой невозможно без моделирования объективно существующих закономерностей. Отвечая на вопрос (см. с. 147) о возможности влияния сдвигов потенциала коры на функцию восприятия, мы сделали попытку смоделировать направленное изменение чувствительности анализатора [Корсаков, Матвеева, 1981, 1982]. В качестве возможного регулятора уровня возбудимости мозговых структур была выбрана аппликация слабого постоянного тока к зрительной области полушарий, которая в условиях наших экспериментов являлась проекционной областью.

Электрическая поляризация мозговых структур применяется в исследованиях функций головного мозга достаточно широко [Русинов, 1969; Иваницкий, Краснушкина, 1970; Arfai et al., 1970; Hall et al., 1970; Lolas Stepke, 1975].

Убедительно показано, что поляризация является эффективным методом изучения функции мозга. Отметим, однако, что при наличии достаточно обширного материала, отражающего изменения различных физиологических показателей в результате поляризации, вопрос об изменениях в этих условиях психических функций, и в частности функции восприятия, является открытым.

В то же время полученные нами данные дают основание для предположения, что локальные изменения уровня активности мозговых структур могут быть эффективным инструментом в изучении процесса перцепции и в особенности физиологических механизмов его регуляции.

Поляризация производилась постоянным током. На основании анализа литературных данных [Гутман, 1980] была выбрана сила тока, равная 200 мкА, при этом с учетом площади применяемых электродов порядка 0,8 см² плотность тока не превышала допустимую при поляризации постоянным током, используемой при физиотерапевтических процедурах [Пасынков, 1969]. Продолжительность поляризации достигала 15—20 мин. Субъективных ощущений у испытуемых в связи с действием поляризующего тока не отмечалось, в том числе и пощипывания или жжения на коже в месте аппликации тока. Использование весьма малых токов, таким образом, гарантировало отсутствие негативных последствий поляризации. Об этом говорят как результаты наших наблюдений и субъективный отчет испытуемых, так и данные литературы о том, что даже в случае применения токов большей силы (до 5 мА) негативных последствий действия тока на мозг не отмечается (например, в результате лекарственного ионофореза).

Для аппликации тока и регистрации биопотенциалов в условиях поляризации применялись однотипные чашечные хлорсеребряные электроды. Поляризующий электрод располагался на затылочной области по сагитальному шву на 2,5 см выше Ip_{10n} в непосредственной близости от регистрирующего. Второй поляризующий электрод находился на сосцевидном отростке. Оба поляризующих электрода находились латеральнее пары регистрирующих. Включение и выключение поляризации производилось плавно, в течение двух-трех секунд.

Одной из характерных сложностей регистрации биопотенциалов мозга в условиях поляризации является разбаланс усилителя, связанный с наличием источника тока в непосредственной близости от регистрирующего электрода, что, как правило, приводит к появлению наводки. Это обстоятельство особенно важно в случае регистраторов с балансным или дифференциальным входом и невысоким входным сопротивлением. В условиях наших экспериментов, однако, это обстоятельство не могло играть

значительной роли, в первую очередь из-за специфики полосы частот, в которой регистрировалась медленная электрическая активность. Следует отметить тем не менее, что для качественной регистрации биопотенциалов в условиях поляризации необходимо тщательное наложение электродов с тем, чтобы как для активного, так и для референтного электродов их сопротивление относительно земли было не более чем 5 кОм.

Эксперимент проводился по той же схеме, что и ранее, но состоял из трех экспериментальных серий: до поляризации, во время поляризации и сразу по выключении поляризующего тока. На первом этапе исследования при поляризации проводилась аппликация анода.

Анализ реакций испытуемых по четырем экспериментальным исходам позволил оценить действие поляризации на процесс восприятия стимулов, предъявляемых в наших опытах. При этом качество восприятия вспышек разной яркости оценивалось по показателю вероятности правильного обнаружения $P(y/s)$, а вспышек равной яркости — по уровню ложных тревог $P(y/n)$.

В то время как до поляризации наблюдалось достаточно выраженное различие пар вспышек как разной, так и равной яркости ($P(y/s)_{cp} = 70,8\%$ и $P(y/n)_{cp} = 28,5\%$, во время анодной поляризации затылочной области отмечалось существенное снижение качества различения вспышек разной яркости ($P(y/s)_{cp} = 55,7\%$). У трех испытуемых во время поляризации правильно идентифицировалось менее половины пар вспышек разной яркости, причем в первые 5—6 мин поляризации почти все испытуемые (11 человек из 14) воспринимали большую часть или половину пар вспышек разной яркости как пары равных по яркости вспышек или даже (по субъективному отчету) как пары, где первая вспышка ярче второй. В то же время качество различения вспышек равной яркости изменялось незначительно ($P(y/n)_{cp} = 30,4\%$), причем (у разных испытуемых) как в сторону улучшения, так и ухудшения различения.

Анализ психофизических показателей (показателя чувствительности и критерия принятия решения) свидетельствует об их весьма определенной динамике при анодной поляризации. Так, показатель чувствительности снижался во время поляризации почти вдвое. В то же время показатель критерия существенных изменений не претерпевал, хотя во время поляризации и наблюдался некоторый сдвиг критерия в сторону более строгого.

Динамика психофизических показателей во время поляризации иллюстрируется рис. 39.

При анализе особенностей восприятия во время поляризации было обнаружено, что эффект поляризации в течение экспериментальной серии изменяется.

Для анализа динамики психофизических показателей в течение эксперимента они вычислялись отдельно в первые 5—6 мин серии и в оставшееся до конца серии время (интервал от 5 до 10 мин).

ТАБЛИЦА 11
ДИНАМИКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И КРИТЕРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
В ПРОЦЕССЕ РАЗЛИЧЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНЫХ СТИМУЛОВ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ
ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЫ ПОЛУШАРИИ

Психофизический показатель		До поляризации		Во время поляризации		После поляризации	
		Первые 5 мин	Конец серии	Первые 5 мин	Конец серии	Первые 5 мин	Конец серии
Анод	d'	1,06	1,08	0,40	0,78	0,56	0,97
	L_x	0,07	0,10	0,13	0,15	0,15	0,04
Катод	d'	0,92	0,87	2,14	1,43	1,78	1,12
	L_x	-0,03	0,01	0,09	0,06	0,08	0,07

Нельзя не отметить и того факта, что в условиях анодной поляризации наблюдалось уменьшение времени реакции испытуемых (в среднем по четырем исходам на 40 мс). Этот факт примечателен также и тем, что уменьшение времени реакции, как показывают данные литературы, может отмечаться не только при сдвигах потенциала коры в связи с аппликацией тока, как это наблюдалось в наших экспериментах, но и в случае сдвигов эндогенного потенциала коры, вызванных самим испытуемым посредством биологической обратной связи [Rockstroh et al., 1982].

Кроме того, до поляризации время реакции при правильном обнаружении и ложной тревоге, когда испытуемый воспринимал стимулы как разные, было в среднем меньше на 45 мс, чем время реакции при восприятии вспышек как равных по интенсивности. Во время поляризации эта разница существенно меньше (порядка 10 мс).

Заслуживает внимания и тот факт, что в первые 5—6 мин поляризации из всех предъявляемых пар вспышек разной яркости испытуемые идентифицировали как разные половину или менее половины пар вспышек этого типа. При этом (согласно субъективному отчету) нередко отмечалось предъявление пар, где более яркой была первая вспышка, хотя предъявление такого рода вспышек было совершенно исключено.

В экспериментах с анодной поляризацией зрительной области регистрация медленных потенциалов производилась с двух точек коры: потенциалы отводились от затылочной и лобной областей. В последнем случае регистрирующий электрод находился роstralнее вертекса на 7 см и на 4 см латеральнее саггитального шва (справа). В обоих отведениях правильному восприятию часто сопутствовал одинаковый знак первой производной в интервалах времени, следующих за первой и второй вспышками, хотя выраженного сходства МЭА в этих отведениях и не наблю-

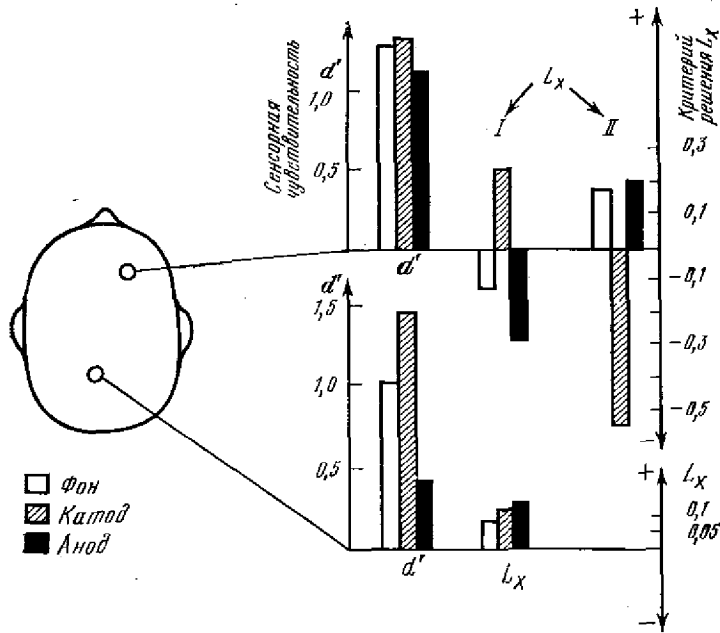


Рис. 39. Психофизические показатели восприятия при поляризации различных областей коры

Сверху — показатели чувствительности (слева) и критерия принятия решения (справа) при поляризации лобной области полушарий; внизу — показатели чувствительности и критерия принятия решения при поляризации затылочной области

По показателю восприятия разных и равных по интенсивности световых вспышек результаты экспериментов выглядят следующим образом: $P(y/s)_{cp}$ до поляризации составил в первые 5—6 мин эксперимента 72,3%, в последующий период времени — 67,3%; во время поляризации — 45,6 и 58,5% соответственно. $P(y/n)_{cp}$ до поляризации в те же отрезки времени составил 32,5 и 23,8%, во время поляризации — 30,7 и 28,6% соответственно. Психофизические показатели, отражающие эту динамику, представлены в табл. 11.

Из таблицы видно, что в первой серии показатель сенсорной чувствительности остается стабильным, в то время как во второй серии наблюдается резкое падение сенсорной чувствительности в первые 5—6 мин поляризации и частичное восстановление чувствительности при дальнейшем действии поляризующего тока.

Интересно, что после выключения поляризации ожидаемого феномена отдачи в виде повышения чувствительности не наблюдалось. Качество восприятия, в значительной мере восстановившееся еще в течение серии с аппликацией тока, при выключении поляризации вновь снижалось и затем опять постепенно возвращалось к исходному уровню.

дальше. Можно отметить, впрочем, что ситуации одинакового знака первой производной МЭА в интервалах времени, следующих за моментами предъявления стимулов, совпадали в затылочном и лобном отведении примерно в 80% случаев.

В условиях поляризации зависимости правильного или ошибочного восприятия от изменений направления развития МЭА в постстимульных интервалах не наблюдалось (табл. 12). В обоих отведениях медленная активность изменяла направление своего развития с частотой, близкой к фоновой. При этом одностороннего сдвига фоновой частоты МЭА при поляризации обнаружено не было.

Кроме описанной ранее записи МЭА, во время поляризации проводилось и синхронное усреднение медленной активности путем алгебраического суммирования амплитуд процесса в моменты команды «Внимание», предъявления первой и второй вспышек, а также в момент времени, соответствующий переднему фронту ответной реакции испытуемого.

Синхронное усреднение амплитуд медленной активности в указанные моменты времени проводилось нами и в экспериментах без поляризации. В результате усреднения было обнаружено негативное отклонение потенциала в интервале времени между командой «Внимание» и первой вспышкой и следующее за ним позитивное отклонение потенциала. Необходимо подчеркнуть, что указанные отклонения потенциала имеют, как показало усреднение, амплитуду порядка 3—5 мкВ (негативное отклонение) и 10—15 мкВ (позитивное отклонение) и являются, видимо, отражением каких-то слабых модуляций МЭА или колебанием типа условной негативной волны (УНВ). По этой причине они трудно выделяются из фона и могут быть обнаружены лишь при большом числе накоплений (порядка 200 и более). Вследствие этого анализ характера этих колебаний по отдельности в каждом из четырех экспериментальных исходов был возможен лишь в

ТАБЛИЦА 12

ПРОЦЕНТ СЛУЧАЕВ НЕСОВПАДЕНИЯ ЗНАКА ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ МЕДЛЕННОЙ АКТИВНОСТИ ЗРИТЕЛЬНОЙ И ЛОБНОЙ КОРЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБЩЕГО ЧИСЛА ПРОБ И ВРЕМЯ РЕАКЦИИ ИСПЫТУЕМЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ С АНОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ЗРИТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ КОРЫ

Отведение	Условия и параметры	Правильное обнаружение	Ложная тревога	Пропуск сигнала	Покой
Зрительная кора	До поляризации	34,7	57,9	58,6	37,1
	Во время поляризации	52,4	54,1	48,1	47,1
Лоб	До поляризации	32,6	54,3	61,0	34,8
	Во время поляризации	41,7	42,6	34,7	41,9
Время реакции (до поляризации), с		0,500	0,490	0,546	0,540
Время реакции (во время поляризации), с		0,452	0,481	0,490	0,476

контрольной группе испытуемых (45 человек). Результаты представлены на рис. 40. Из рисунка видно, что негативное отклонение потенциала в интервале «команда „Внимание“ — первая вспышка» отсутствует или выражено очень слабо, если испытуемый воспринимает интенсивность вспышек неправильно.

В условиях поляризации указанное негативное отклонение потенциала в усредненной МЭА было также редуцировано (рис. 41).

О чем могут говорить полученные в экспериментах с поляризацией результаты? Во-первых, факт изменения дифференциальной чувствительности при поляризации зрительной области полушарий можно рассматривать как подтверждение нашего предположения о том, что колебания уровня потенциала коры оказывают модулирующее действие на чувствительность анализатора. Кроме того, относительная стабильность критерия принятия решения в этих условиях позволяет отнести эффект поляризации в основном на счет изменения уровня возбудимости мозгового субстрата, осуществляющего процесс переработки сенсорной информации. Это совпадает с тем фактом, что поляризации подвергалась зрительная кора.

Возвращаясь к описанной выше редукции во время анодной поляризации негативного сдвига потенциала к моменту предъявления первой вспышки, мы должны еще раз коснуться и особенностей восприятия во время поляризации, как они выглядят со стороны субъективного отчета испытуемых. Согласно субъективному отчету, испытуемые на протяжении достаточно продолжительных отрезков времени не выделяли в предъявляемых стимулах пар вспышек разной яркости. Это приводило к известной неуверенности в решении задачи обнаружения, так как, согласно предэкспериментальной инструкции, испытуемые были проинформированы о равновероятном предъявлении пар вспышек обоего рода.

С целью проверки этого предположения нами было проведено специальное исследование, в котором методика экспериментов была несколько модифицирована. В экспериментах участвовало 6 здоровых испытуемых. Модификация экспериментальной методики состояла в том, что, помимо сообщения о восприятии равных или разных по яркости вспышек, испытуемый отмечал также и ситуации, когда он не был уверен в правильности этого сообщения. Для регистрации этой неуверенности (или сомнения в правильности восприятия) использовалась кнопка иной формы, при этом нажатие производилось не той рукой, которой сообщалось о воспринятой паре вспышек. Эти два обстоятельства привели к функциональному разделению двух видов сообщений: о результате восприятия и степени уверенности испытуемого.

В данных экспериментах было обнаружено, что уровень сомнений или неуверенности в правильности восприятия при анодной поляризации возрастал в 3—4 раза. В таких условиях, очевидно, естественно зарегистрированное нами уменьшение нега-

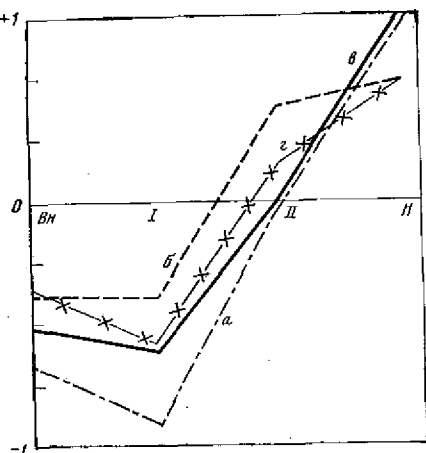


Рис. 40. Характер усредненной медленной активности по исходам экспериментов

a — обнаружение сигнала; *б* — ложная тревога; *в* — пропуск сигнала; *г* — покой; абсцисса: *BH* — момент подачи команды «Внимание», *I* — момент подачи первой вспышки, *II* — момент подачи второй вспышки, *H* — реакция испытуемого; ордината — амплитуда в условных единицах

Рис. 41. Медленная электрическая активность, усредненная независимо от реакции испытуемого в экспериментах без поляризации (*a*) и с поляризацией затылочной области коры (*б*)

Абсцисса: *BH* — момент подачи сигнала «Внимание», *I* — момент подачи первой вспышки, *II* — момент подачи второй вспышки, *H* — реакция испытуемого; ордината — амплитуда в условных единицах

тивного отклонения потенциала, оцениваемого обычно как «волна ожидания» [Walter, 1967; Cohen, 1969; Desmedt, Debesker, 1979; Филимонова, 1980]. Эти данные проливают свет и на отмеченное нами в условиях поляризации уменьшение разницы в скорости реагирования испытуемых при оценке ими предъявляемых вспышек как разных или равных по интенсивности. Здесь, как и в случае, рассмотренном ранее (см. с. 155), время реакции оказывается довольно четким индикатором установки испытуемых на тот или иной тип перцептивной задачи.

Наконец, во время анодной поляризации нивелируется и разница между ситуациями правильного и ошибочного восприятия по показателю направления развития МЭА в интервалах времени, следующих за моментами предъявления вспышек. Причиной «выключения» модулирующего чувствительность эффекта медленной активности, однако, в этом случае следует признать, скорее всего, маскирующее действие поляризующего тока. Это тем более справедливо, что при относительной независимости действия МЭА и применяемого в случае поляризации тока последний (по приблизительным расчетам) превышал токи, характерные для МЭА [Гутман, 1980]. Подобное объяснение, впрочем,

не исключает участия в «выключении» модулирующих свойство МЭА центральных регуляторных механизмов.

Проведенные эксперименты, обнаруживающие выраженное снижение дифференциальной чувствительности во время анодной поляризации, позволяют поставить вопрос о специфичности этого эффекта именно для анодной поляризации.

Нами были проведены эксперименты с катодной поляризацией затылочной области [Иваницкий, Корсаков, 1982]. Схема эксперимента и сила поляризующего тока были полностью идентичны применявшимся ранее, изменено было только направление поляризующего тока.

В этих экспериментах, проведенных на 16 испытуемых, было получено значительное (у отдельных испытуемых в несколько раз, т. е. до уровня практически безошибочного различия) повышение качества восприятия. Так, испытуемый К. до поляризации ошибся при восприятии вспышек разной яркости 11 раз, во время поляризации — 1 раз. Количество ошибок при восприятии вспышек равной яркости составило соответственно 9 и 2.

Из рис. 39 видно, что, как и в случае с анодной поляризацией, критерий принятия решения существенных изменений при аппликации катода не претерпевал.

В плане анализа действия поляризующего тока на функциональное состояние зрительного анализатора представляет интерес и тот факт, что эффект поляризации оказался нестойким [Иваницкий, Корсаков, 1982]. Он наблюдался примерно 5—6 мин и затем редуцировался. Можно полагать, что такого рода ускользание нервного субстрата от влияния поляризующего тока связано с нервными процессами, протекающими на уровне мембран нервных клеток. Характерно, что эффект последствия, как бы дублирующий действие поляризующего тока по психофизическому показателю чувствительности как в случае анодной, так и катодной поляризации, также уменьшался в течение 5—6 мин после выключения тока. Аналогичная временная динамика эффекта поляризации наблюдалась в работе В. Л. Бианки и А. А. Абдураходова [1975], но в экспериментах на кошках и по показателю амплитуды вызванных ответов. При этом аппликация тока осуществлялась непосредственно к поверхности коры.

Такое отчетливое сходство динамики электрофизиологических и психофизических индикаторов действия поляризации позволяет заключить, что изменения функции восприятия в наших экспериментах в значительной мере связаны с изменением уровня возбудимости коры в месте поляризации, т. е. в зрительной области полушарий.

Каково конкретное физиологическое обеспечение зарегистрированных нами сдвигов психофизического показателя чувствительности, ответить пока достаточно трудно. Тем не менее можно полагать, что повышение уровня возбудимости при анодной поляризации и снижение его при аппликации катода приводит к возрастанию и снижению сенсорного шума соответственно.

В связи с этим при анодной поляризации правильное восприятие, особенно пар вспышек разной яркости, затрудняется, а при катодной облегчается.

Изложение результатов экспериментов с поляризацией зрительной коры слабым постоянным током было бы неполным, если бы не были упомянуты результаты опытов, показавших обратимость эффекта поляризации при смене направления апплицируемого тока. В специальной серии экспериментов нами наблюдались сдвиги чувствительности при аппликации анода вслед за катодом (13 здоровых испытуемых) и, наоборот, при аппликации катода вслед за анодом (11 здоровых испытуемых). В первом случае мы регистрировали сначала ухудшение чувствительности и затем (под влиянием катода) улучшение. Во втором случае динамика психофизического показателя чувствительности была противоположного знака.

Регистрация отчетливых, зависящих от направления апплицируемого тока сдвигов дифференциальной чувствительности при поляризации проекционной зоны коры поставила перед нами вопрос о специфичности этого феномена.

В соответствии с этим были проведены эксперименты с иной локализацией поляризующего электрода. Выбор места аппликации тока был определен экспериментально-клиническими данными [Лурия, 1973; Соколова, 1976], указывающими на определенные нарушения критериальной сферы восприятия при очаговом поражении лобных областей.

В описываемых здесь экспериментах поляризующий электрод располагался примерно на 7 см ростральнее вертекса и на 4 см латеральнее сагитального шва (справа). Схема эксперимента полностью совпадала с применявшейся ранее. Сила апплицируемого тока также составляла 200 мкА. Эксперименты проведены на 16 здоровых испытуемых.

В результате поляризации (при аппликации как катода, так и анода) были зарегистрированы отчетливые сдвиги критерия принятия решения при относительно незначительных изменениях дифференциальной чувствительности испытуемых. При этом в отличие от сдвигов чувствительности при поляризации затылочной области, характер которых определялся только направлением поляризующего тока, сдвиги критерия различались у разных испытуемых. Направление сдвига зависело не только от направления апплицируемого тока, но определялось также исходной установкой испытуемого. Так, в случае исходно строгого критерия в результате катодной поляризации отмечались сдвиги критерия в сторону либерального (8 испытуемых). Затем, при смене направления тока, вновь происходил сдвиг критерия в сторону строгого. В случае исходно либерального критерия (8 испытуемых) катодная поляризация провоцировала изменение критерия в сторону строгого, и вновь при смене направления тока поляризации эффект поляризации инвертировался (см. рис. 39).

Может создаться впечатление, что такая зависимость эффекта поляризации от исходного значения критерия принятия решения исключает зависимость его сдвигов от направления поляризующего тока. Необходимо отметить, однако, что, как правило, катод вызывал сдвиги критерия в сторону, противоположную исходному значению последнего, анод же усиливал исходно существовавшую тенденцию выделять из предъявляемых пар вспышек сигналы того или иного рода.

У трех испытуемых поляризующий электрод располагался слева от сагитального шва. Картина изменения критерия принятия решения при поляризации была аналогична вышеописанной.

При поляризации лобных областей эффект аппликации тока не был столь кратковременен, как это наблюдалось при поляризации зрительной области, и распространялся обычно на весь период поляризации. Лишь у двух испытуемых спустя примерно 10 мин действия поляризации отмечался выраженный эффект отдачи. Например, испытуемый делал подряд несколько ошибок типа «ложная тревога», буквально игнорируя вспышки равной яркости, в результате чего итоговое, среднее по всей серии значение критерия возвращалось к исходному, наблюдаемому до поляризации уровню.

Отчетливые сдвиги критерия принятия решения при поляризации лобных областей, как правило, не сопровождалась изменениями в оценке характера экспериментальной ситуации. Типичным ответом испытуемых в ответ на просьбу описать свои ощущения в экспериментальной серии с поляризацией по сравнению с предыдущей был: «Все так же, как в первом опыте». Между тем характер восприятия в условиях поляризации был обычно иным. Например, испытуемый П. до поляризации сделал 8 ошибок типа «пропуск сигнала» и 3 ошибки типа «ложная тревога», во время поляризации — три ошибки типа «пропуск сигнала» и 8 ошибок типа «ложная тревога».

В редких случаях субъективный отчет носил более сложный характер (испытуемый Д.):

— Я видел, что Вы меня поддавливаете.

— Как поддавливаем?

— Вы увидели, что я на одинаковые вспышки не ошибаюсь, и стали их давать больше, прямо подряд, чтобы я подумал, что уже и разным пора быть.

— Ну, а Вы?

— Я же догадался, что Вы меня ловите, и все равно нажимал один раз, как на одинаковые.

— Так Вы какие вспышки больше ждали в этой серии — одинаковые или разные?

— Разные, конечно, Вы же их меньше давали.

Данный испытуемый сделал во время поляризации 12 ошибок типа «ложная тревога» против 2 в серии до поляризации, т. е. часто идентифицировал вспышки одинаковой яркости как

разные. Субъективный отчет дает нам основание думать, что причиной этого во многом являлась появившаяся во время поляризации установка испытуемого на восприятие разных по яркости вспышек.

Обращает на себя внимание высокая повторяемость результатов экспериментов с поляризацией. С участием одного из испытуемых было проведено шесть идентичных экспериментов (в разные дни). В первых четырех экспериментах сдвиги критерия носили одинаковый характер. При этом постепенно наметился сдвиг критерия в сторону значений, проводимых поляризациями, и в заключительном, шестом эксперименте исходное значение критерия сменилось на противоположное тому, что было в первом исследовании. Соответственно характер сдвига критерия принятия решения при поляризации тоже изменился на противоположный. Подобная картина наблюдалась и у другого испытуемого (испытуемый П.), но в четырех последовательных экспериментах. Можно предполагать, что эффект поляризации, несмотря на отсутствие (как правило) его осознания и самооценки, каким-то образом формирует след памяти. Сформированный след, в свою очередь, оказывает на эффект поляризации некоторое влияние противоположного, тормозящего действие поляризации знака.

Очевидно, эта область изучения функции мозга в связи с перестройками, вызванными вмешательством в работу центральных регуляторных механизмов, требует дальнейшей разработки. В то же время нельзя не сказать, что проявившаяся в указанных экспериментах взаимосвязанность такого психологического фактора, как изменившаяся в результате формирования следа памяти установка испытуемого, а также физиологического фактора влияния поляризующего тока на уровень возбудимости коры представляет несомненный интерес.

Завершая изложение данных экспериментов с микрополяризацией коры в ситуации различения световых вспышек по яркости, хотелось бы подчеркнуть, что полученные в этих экспериментах результаты в значительной мере подтверждают относительную независимость физиологических механизмов, обеспечивающих работу сенсорного и несенсорного блоков процесса перцепции. При этом колебания потенциала зрительной области полушарий могут быть избирательно связаны с регуляцией дифференциальной чувствительности. В свою очередь, модуляции потенциала лобных областей коры можно связать с регуляцией критерия решения.

Во всем спектре полученных данных особо хотелось бы выделить ярко выраженное улучшение различения яркости вспышек при катодной поляризации зрительной области коры. Этот результат дает возможность думать о поиске путей оптимизации работы человека-оператора в экстремальных условиях, требующих безошибочной работы. Такова, например, работа оператора, для которого иногда задача выделения цели из шумовых засве-

ток на экране аналогична задаче различения световых вспышек. В плане возможности применения поляризации для коррекции работы человека-оператора уместно напомнить о высокой повторяемости и однозначности эффекта поляризации при неоднократном повторении последней.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Полученные нами доказательства участия сдвигов потенциала коры в работе центральных регуляторных механизмов, контролирующую функцию восприятия, позволили нам обратиться к вопросу, возникшему на этапе анализа динамики МЭА в случае правильного и ошибочного восприятия интенсивности вспышек.

Какова максимальная длительность отрезка времени, в пределах которого изменение направления развития потенциала коры связано с изменением качества восприятия?

Этот вопрос имеет большое значение, так как можно полагать, что отрезок времени, в течение которого в процесс восприятия можно «вмешаться», изменив его результат,— это длительность акта восприятия.

Надо сказать, что проблема измерения времени восприятия, т. е. времени создания субъективного образа, долгое время рассматривавшаяся как чисто теоретическая, в последние годы в связи с необходимостью разработки методов совершенствования работы человека-оператора приобрела и практическую значимость. Между тем объективное измерение интервала времени от момента подачи раздражителя до возникновения ощущения связано с трудностями, которые долгое время казались непреодолимыми.

Сложность измерения времени восприятия продиктована несколькими причинами. Во-первых, в исследованиях по измерению времени восприятия необходимым фактором экспериментальной ситуации, как правило, являлся субъективный отчет испытуемого. В результате измеренная продолжительность акта восприятия в качестве одного из компонентов содержала в себе несистематическую ошибку, связанную с нестабильностью времени реакции человека [Smith, 1968; Лебедев, Луцкий, 1971; Чуприкова, 1971]. В ряде исследований [Hazelhoff, Wiersma, 1925; Frohlich, 1929] по измерению времени восприятия, равно как и в опытах с применением метода «обратной маскировки» [Cheatham, 1952], к этой ошибке измерения присоединялась разница времени прохождения информации от тактильных и зрительных рецепторов или информации о первом (маскируемом) и о маскирующем стимуле. В последнем случае характеристики восприятия первого стимула существенно зависели также от интенсивности второго раздражителя.

Известны также попытки измерения временных параметров зрительного восприятия по частотным характеристикам электро-

энцефалограммы [Лебедев, Луцкий, 1971; Лебедев, Луцкий, 1972]. В результате различными авторами были получены весьма разнообразные количественные характеристики продолжительности акта восприятия в диапазоне от 35 до 300 мс. Чаще всего, однако [Hazelhoff, Wiersma, 1925; Cheatham, 1952], средняя величина времени восприятия оценивалась длительностью 140—170 мс.

Сложность измерения длительности акта восприятия связана также и с тем, что процесс восприятия в ряде случаев является лишь звеном в структуре деятельности и параметры восприятия оказываются нередко зависящими от уровня организации процесса. Так, например, радист высокого класса во время скоростного приема радиogramмы воспринимает и регистрирует на бумаге знаки азбуки Морзе, отдельные элементы которых (точки) могут быть разделены интервалом порядка 50—70 мс.

Можно было бы полагать, что время восприятия по крайней мере меньше этой величины, если бы не два обстоятельства, которые хорошо знакомы радистам экстракласса. Во-первых, радист, записывающий текст, передаваемый с очень высокой скоростью, не осознает ни факта восприятия точек ни даже восприятия отдельных букв или цифр. Он работает по схеме «слышит — пишет», работает так, как если бы информация «передавалась прямо в руку». Более того, даже структура букв (количество и порядок точек и тире) в этом случае не анализируется и как бы уходит из памяти.

И второе. Радист записывает текст с отставанием от реально передаваемого на время, достигающее секунды и даже более, т. е. записывает он не тот знак, который слышит в данный конкретный момент, а тот, что передавался 5—10 знаков тому назад. Так каково же в данном случае время восприятия?

Очевидно, во всяком случае, что простой подсчет длительностей воспринимаемых звуковых посылок и интервалов между ними даст неверный ответ.

Задача объективного измерения времени восприятия во многом состоит в том, чтобы исключить из нее время реакции человека, связав возникновение ощущения с определенным объективным показателем внутримозговой деятельности. Кроме того, очевидно, что результаты измерения должны быть свободны от интермодальных [Hazelhoff, Wiersma, 1925; Frohlich, 1929] или интерферрующих [Cheatham, 1952] воздействий. Эта задача и была решена в наших экспериментах.

Используя в качестве методической основы данного исследования результаты проведенных экспериментов по физиологическому анализу ошибок восприятия, мы провели измерение временного интервала между моментом предъявления стимула и ближайшим к стимулу изменением потенциала коры.

Необходимо подчеркнуть, что точная оценка этого временного интервала представляет собой задачу особого рода как в связи со сложностью регистрации медленных процессов с мини-

мальными фазовыми сдвигами, так и по причине затрудненности выделения техническими средствами экстремальных точек процесса, т. е. моментов смены знака первой производной. Последнее связано с тем, что в случае дифференцирования процесса с помощью операционных усилителей значимость момента перехода первой производной через нуль определяется лишь характеристикой скорости процесса. В результате быстрее изменение потенциала, например, на 0,5 мкВ окажется более значимым, чем медленное на 50 мкВ. По этой причине выделение точек экстремума в МЭА производилось нами вручную по записи на ленте электроэнцефалографа.

Для записи МЭА в наших экспериментах было необходимо отфильтровать сверхмедленные колебания потенциала и электроэнцефалограмму. Особую сложность представляла фильтрация ЭЭГ, так как процедура сглаживания, как известно, вызывает фазовые сдвиги. Для уменьшения фазовых сдвигов в данной работе фильтрация МЭА в значительной мере была перенесена в область более высоких частот. При этом амплитудномодулированная МЭА (частота заполнения 40 в 1 с) подавалась на электроэнцефалограф, где с помощью фильтров и производилось окончательное сглаживание процесса. Этот прием уменьшил связанные с фильтрацией фазовые сдвиги и существенно увеличивал точность регистрации моментов экстремума в медленной активности.

Образец производимой нами записи представлен на рис. 42. На рисунке видны отметки предъязываемых вспышек и реакций испытуемого. Отдельно на записи МЭА отмечены ближайшие к той и другой вспышке моменты изменения знака первой производной МЭА.

По результатам измерения временных интервалов между отметкой стимула и точкой, где медленный потенциал меняет направление своего развития, строились гистограммы распределений смены знака первой производной МЭА по интервалам времени после первой и второй вспышек, а также перед вспышками. Общее количество реализаций, на основании которых строились гистограммы, составляло около 10 000. Достоверность различия распределений определялась методами непараметрической статистики [Гублер, Генкин, 1973].

Гистограммы распределения интервалов между вспышкой и ближайшим к ней моментом изменения знака первой производной МЭА представлены на рис. 43—45. Из рисунков видно, что в случае правильной и ошибочной оценок интенсивности вспышек гистограммы распределения интервалов между моментом подачи вспышки и ближайшим следующим за ним экстремумом различны. В то же время гистограммы интервалов между вспышками и ближайшими предшествующими им моментами смены знака первой производной МЭА обнаруживают значительное сходство.

В распределениях интервалов между вспышкой и ближай-

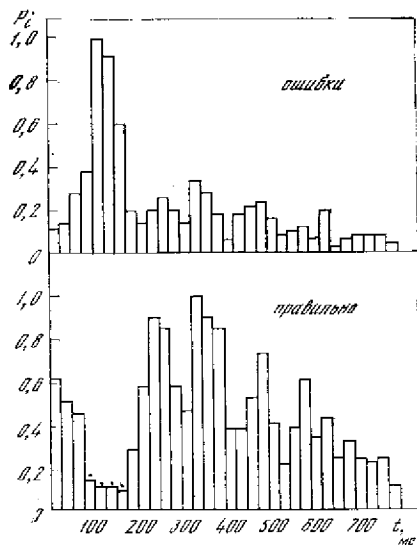


Рис. 42. Медленная электрическая активность зрительной области коры в случае правильного и ошибочного восприятия интенсивности световых вспышек

А — отметка времени 1 с; Б — медленная электрическая активность с отметками моментов предъявления стимулов (пунктир) и точек смены знака первой производной медленной электрической активности (стрелки); В — отметки предъявляемых стимулов; Г — отметки реакций испытуемого

Рис. 43. Нормированная активность смены знака первой производной медленной активности затылочной области коры, распределенная по интервалам времени после первой вспышки

Вверху — распределение в случае ошибочного восприятия; внизу — в случае правильного. Дискрет гистограммы — 25 мс. Точками отмечены дискреты достоверной разницы распределений между правильным и ошибочным восприятием; ордината P_i — нормированная вероятность в i -м интервале; абсцисса — время



шим к ней экстремумом наблюдаются достоверные различия как в случае правильного и ошибочного восприятия, так и в распределениях для первой и второй вспышек. В случае первой вспышки достоверная разница распределений наблюдается в диапазоне 75—175 мс, для второй — в диапазоне 75—225 мс.

Анализ количественных характеристик распределений показывает, что в 92,6% случаев для первой вспышки и в 90,8% для второй вспышки изменения направления развития потенциала зрительной области коры в диапазоне 75—175 мс для первой вспышки и 75—225 мс для второй вспышки связаны с неправильной оценкой интенсивности вспышек.

О чем могут говорить эти факты? Во-первых, хотелось бы отметить, что существует разница в достоверных границах расхождения распределений для первой и второй вспышек: при восприятии второй вспышки эта граница приходится на более поздний отрезок времени. В то же время именно вторая вспыш-

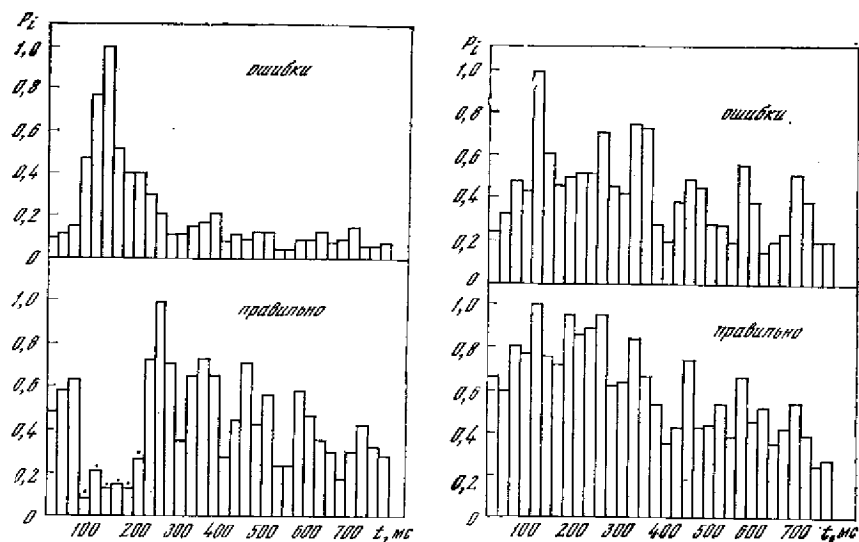


Рис. 44. Нормированная вероятность смены знака первой производной медленной активности затылочной области коры, распределенная по интервалам времени после второй вспышки

Вверху — распределение в случае ошибочного восприятия, внизу — в случае правильного. Дискрет гистограммы — 25 мс. Точками отмечены дискреты достоверной разницы распределений; ордината P_i — нормированная вероятность в i -м интервале; абсцисса — время

Рис. 45. Нормированная вероятность смены знака первой производной медленной активности затылочной области коры, распределенная по интервалам времени перед первой и второй вспышками

Вверху — распределение в случае ошибочного восприятия, внизу — в случае правильного. Дискрет гистограммы — 25 мс. Ордината P_i — нормированная вероятность в i -м интервале; абсцисса — время

ка в наших экспериментах несет в себе информацию о характере предъявляемой пары в целом, т. е. именно после второй вспышки принимается решение о результатах восприятия. Можно полагать, что дополнительные 50 мс в достоверной границе расхождения гистограмм распределения временных интервалов между второй вспышкой и ближайшим к ней моментом смены знака первой производной МЭА по длительности примерно соответствуют приращению времени на процесс принятия решения о соотношении яркости воспринятых вспышек.

Вместе с тем анализ экспериментальных данных показывает, что рубеж 175 мс является той временной границей, за которой восприятие интенсивности или по крайней мере всех наиболее существенных компонентов этого процесса закончено и результат восприятия в известной мере детерминирован. Следовательно, выявленное нами критическое в смысле влияния на восприя-

тие время можно оценить как объективно измеренную длительность акта восприятия. При этом временная граница 175 мс распространяется на восприятие интенсивности световых вспышек, а временная граница 225 мс содержит и восприятие интенсивности и принятие решения о результатах восприятия.

Может возникнуть вопрос, как связаны данные, изложенные в настоящем разделе, и результаты, описанные в разд. 2 настоящей главы.

В разд. 2 настоящей главы было показано, что одним из условий правильной идентификации предъявляемых пар вспышек является стабилизация МЭА. В результате стабилизации несовпадение знака первой производной МЭА в постстимульных интервалах при правильном восприятии наблюдалось значительно реже, чем при ошибках. В то же время и при правильном восприятии в 30—40% случаев (см. табл. 7) знак первой производной в паре I—II не совпадал. Следовательно, и в ситуации правильного восприятия в межстимульном интервале могло иметь место изменение знака первой производной, которое, однако, не сопровождалось ошибками восприятия. Анализ гистограмм, приведенных на рис. 43—45, показал, что в случае правильного восприятия эти изменения в основном локализованы вне критических интервалов 75—175 и 75—225 мс. В указанных интервалах, как показывают данные специальных подсчетов, локализовано лишь 3,6 и 0,73% изменений соответственно. В случае же ошибок эти проценты соответственно составляют 44,9 и 53,6%.

Необходимо отметить и тот факт, что при правильном восприятии вероятность, с которой изменение знака первой производной МЭА попадает в интервал между вспышками, в 1,51 раза ниже, чем при ошибках. Этот результат был получен как частное от деления вероятности изменения первой производной МЭА в межстимульном интервале, подсчитанное отдельно для правильного и ошибочного восприятия.

Этот результат является одним из выражений стабилизации МЭА при правильном восприятии.

В интервале II—Р такой стабилизации не наблюдается; вероятность, с которой в этом интервале меняется знак первой производной медленного потенциала, в случае ошибок и правильных ответов примерно одинакова. Результаты настоящего раздела указывают, однако, что в случае ошибок изменения МЭА после второй вспышки происходят в диапазоне 75—225 мс, в случае правильного восприятия — вне этих границ, хотя и с той же вероятностью, что при ошибках.

Возвращаясь к основному факту, полученному в данном разделе, а именно к наличию интервала времени, в пределах которого изменение знака первой производной МЭА влияет на результат восприятия, справедливо поставить вопрос о возможных механизмах этого влияния. Очевидно, возможны две альтернативные гипотезы, объясняющие эффект изменения потенциала коры в плане восприятия интенсивности световых вспы-

шек. Можно предполагать, что изменение динамики МЭА приводит к усилению воспринимаемой яркости относительно реально предъявляемой или же к ослаблению воспринимаемой яркости. Нами были проверены обе эти гипотезы.

С этой целью случаи ошибочного восприятия разных и равных по интенсивности вспышек были разбиты на подгруппы в зависимости от типа ошибки (пропуск сигнала или ложная тревога), а также в зависимости от характера смены знака первой производной (к плюсу или к минусу). При этом предположение об ослаблении воспринимаемой яркости относительно реальной вспышек равной яркости смена знака первой производной МЭА находилась в критической зоне за первой вспышкой (ложная тревога), а в случае предъявления вспышек разной яркости — в критической зоне за второй вспышкой (пропуск сигнала). Соответственно гипотеза усиления воспринимаемого сигнала относительно реального подтверждалась, если при восприятии вспышек равной яркости смена знака первой производной МЭА попадала в критическую зону за второй вспышкой, и результатом восприятия была ложная тревога. При восприятии вспышек разной яркости в случае пропуска сигнала смена знака первой производной МЭА должна была находиться в критической зоне после первой вспышки.

В результате проведенного таким образом анализа экспериментального материала статистически достоверного подтверждения не получила ни одна из гипотез, однако на уровне тенденции гипотеза ослабления получила подтверждение, если смена знака первой производной попадала в диапазон 100—150 мс после вспышки, а гипотеза усиления воспринимаемого сигнала относительно реального — в случае попадания смены знака первой производной медленной активности в диапазон 150—175 мс после вспышки. Окончательные выводы о сущности этого феномена сделать пока не представляется возможным, однако сама по себе эта диссоциация позволяет сделать вывод о неоднородности выявленных критических интервалов в плане влияния на процесс восприятия.

Специальный интерес представляет вопрос о временных диапазонах влияния на результат восприятия колебаний медленного потенциала лобной коры. Эксперименты с поляризацией лобной коры отчетливо показали, что сдвиги потенциала лобной коры приводят к изменениям психофизического показателя критерия принятия решения. В этой связи характер распределения временных интервалов между вспышками и ближайшими к ним моментами смены знака первой производной МЭА представляет особый интерес. Можно полагать, что сопоставление динамики МЭА в проекционной зоне коры и в лобном отведении позволит получить более полную информацию о временных характеристиках перцептивного акта, в том числе о тех его этапах, когда собственно акт восприятия уже завершен.

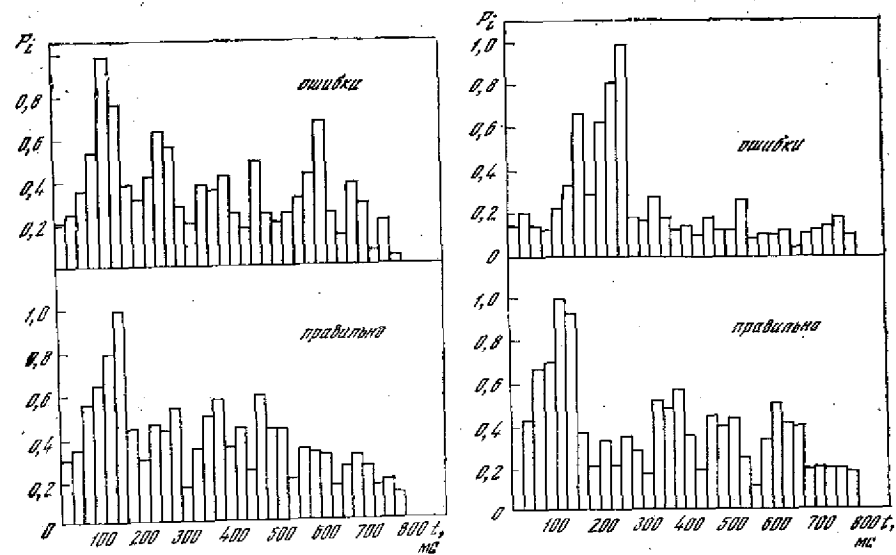


Рис. 46. Нормированная вероятность смены знака первой производной медленной активности лобной области коры, распределенная по интервалам времени после первой вспышки

Вверху — распределение в случае ошибочного восприятия, внизу — в случае правильного. Дискрет гистограммы — 25 мс. Ордината P_i — нормированная вероятность в i -м интервале; абсцисса — время

Рис. 47. Нормированная вероятность смены знака первой производной медленной активности лобной области коры, распределенная по интервалам времени после второй вспышки

Вверху — распределение в случае ошибочного восприятия; внизу — в случае правильного. Дискрет гистограммы — 25 мс. Ордината P_i — нормированная вероятность в i -м интервале; абсцисса — время

Рис. 48. Нормированная вероятность смены знака первой производной медленной активности лобной области коры, распределенная по интервалам времени перед первой и второй вспышками

Вверху — распределение в случае ошибочного восприятия, внизу — в случае правильного. Дискрет гистограммы — 25 мс. Ордината P_i — нормированная вероятность в i -м интервале; абсцисса — время

С целью выяснения этого вопроса МЭА, зарегистрированная в лобном отведении, была проанализирована так же, как и выше для зрительной области коры. Результаты анализа МЭА у 26 здоровых испытуемых представлены на рис. 46—48. Общее количество реализаций, на основании которых строились гистограммы, составило около 8000.

На рис. 46 видно, что распределения интервалов между первой вспышкой и ближайшим следующим за ней моментом смены знака первой производной МЭА в случае правильного и ошибочного восприятия существенно не различаются. Та же закономерность наблюдается и в распределениях перед вспышками. В то же время распределение интервалов после второй вспышки в случае ошибок восприятия имеет особенности, отличающие его от распределения при правильном восприятии. Эти особенности состоят в меньшем по сравнению со случаем правильного восприятия количестве изменений знака первой производной МЭА в интервале до 150 мс после вспышки и большем в интервале 150—275 мс.

О чем могут говорить эти данные? Во-первых, коль скоро изменения уровня потенциала лобной области коры связаны со сдвигами критерия, то понятно, почему различия распределений наблюдаются лишь во временных интервалах после второй вспышки, после которой принималось перцептивное решение. С другой стороны, сравнение распределений временных интервалов в затылочном и лобном отведениях дает основание для вывода, что относительная стабильность потенциала лобной коры в диапазоне до 150 мс в случае ошибочного восприятия может быть объяснена, как нам представляется, тем, что в указанном временном интервале результат восприятия определяется в основном чувствительностью анализатора. Далее, во временном диапазоне 150—225 мс результат восприятия зависит как от фактора чувствительности, так и от критерия решения, а в диапазоне 225—275 мс — только от критерия. Таким образом, в результате описанного анализа МЭА, как и при изучении ВП (см. гл. IV и V), выявлены три этапа в протекании акта восприятия. При этом временные границы этих этапов, определенные по корреляции параметров ВП с психофизическими показателями чувствительности и критерия [Иваницкий, Стрелец, 1931] и по связи результатов восприятия с динамикой МЭА, оказались достаточно близки.

Резюмируя материал, изложенный в этой главе, можно сказать, что физиологический анализ ошибок восприятия позволил получить экспериментальные данные, свидетельствующие, что работа центральных регуляторных механизмов функции восприятия во многом опосредована участием в этом процессе колебаний уровня потенциала коры. Показано, что регуляция сенсорной переменной восприятия связана с колебаниями потенциала лобных областей коры, а регуляция сенсорной переменной — с колебаниями потенциала зрительной, проекционной области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В начале данной книги была сформулирована ее основная задача — описание физиологических механизмов психики. Речь при этом идет не о содержательной стороне психики, детерминированной социальными факторами, а об ее материальных основах, ее физиологическом аппарате. Там же было дано определение психики человека как свойства его мозга создавать образ внешнего мира, который воспринимается как нечто отдельное от субъекта. Это определение не претендует на полноту и имеет своей целью наметить общее направление поисков механизмов психического отражения. Исходя из приведенного определения, такие механизмы должны обеспечивать, во-первых, создание отраженной картины внешнего мира и, во-вторых, сопоставление этой картины со сферой внутренних переживаний субъекта. Эти две особенности психики наиболее полно проявляются в феномене восприятия, в котором объединяются, синтезируются признаки внешнего стимула и отношение к нему данного лица. Основное внимание в монографии поэтому уделено изучению физиологических механизмов восприятия.

Во введении и в гл. I говорилось о тех методологических трудностях, которые встают перед исследователем при изучении мозговых механизмов психики, а также о некоторых путях преодоления этих трудностей. Изучение нервного субстрата психических процессов — это описание их мозгового кода, т. е. в общем плане принципов кодирования информации в мозге. Используемый в работе информационный подход к анализу вызванных потенциалов явился поэтому важным шагом на пути к цели.

Однако для решения поставленной задачи необходимо было преодолеть и еще одну трудность. Недостаточно знать нервные коды, важно также определить, какие именно нервные процессы играют решающую роль в обеспечении данной психической функции. Решение этой проблемы может быть найдено через сопоставление не только отдельных фактов, но и теоретических концепций физиологии и психологии. В работе обосновывается положение о том, что такие концепции, если они описывают функционально связанные между собой физиологические и психические явления, должны обладать определенным сходством, изоморфизмом.

Единство организации — вот тот признак, который может указать, какие именно физиологические и психические процессы следует сопоставить, чтобы изучить мозговые механизмы психики.

В соответствии с этим в работе было использовано сопоставление двух концепций: физиологической концепции информа-

ционного синтеза и психологической теории обнаружения сигналов. Эти концепции обладают значительным внутренним сходством и описывают процесс обработки стимульной информации как результат взаимодействия сенсорных и несенсорных переменных. В процессе исследований на одни и те же стимулы регистрировалось два ряда явлений: физиологические показатели обработки стимульной информации в виде вызванных потенциалов мозга и психологические показатели процесса восприятия в виде психофизических индексов сенсорной чувствительности и критерия решения. Основные выводы работы сделаны на основании сопоставления показателей физиологии и психологии.

В какой же мере данный подход оказался оправданным, позволил ли он получить ответы на вопросы, поставленные в начале книги? Проведенные исследования показали, что сходство обеих концепций не является случайным, что они описывают на уровне физиологии и психологии явления, функционально связанные между собой. Это обстоятельство дало возможность подвести под психические проявления определенный нейрофизиологический базис, изучив тем самым организацию мозговых процессов, лежащих в основе построения субъективного образа. Эти процессы были подразделены на три этапа: сенсорный этап, этап синтеза и этап перцептивного решения. Каждый из этих этапов находит отражение в определенной группе волн вызванного потенциала.

Может возникнуть вопрос, правомерно ли соотносить такой сравнительно простой мозговой феномен, как вызванный потенциал, представляющий собой суммарное выражение деятельности большого числа нервных клеток, со сложнейшими процессами анализа и синтеза информации в нервной системе. В свое время И. П. Павлов использовал слюнную железу для изучения законов высшей нервной деятельности. Таким образом, и простой показатель может быть эффективным способом изучения явления высокой сложности. Активными элементами мозга действительно являются нервные клетки, и именно сложная мозаика их возбуждения и торможения составляет содержание мозговой деятельности. Однако их работа при всей ее сложности строго упорядочена: чередование преобладающих фаз возбуждения и торможения, точная временная последовательность прихода в данную нервную структуру импульсации из других центров, ведущих обработку стимульной информации создают закономерную смену позитивных и негативных сдвигов на поверхности коры.

Это обстоятельство, т. е. закономерное течение процесса, строгие временные соотношения между стадиями информационной обработки, и дает возможность использовать вызванный потенциал для анализа сложных внутримозговых явлений. Хотя вызванный потенциал мозга человека в известной мере и сходен с потенциалами животных, он представляет собой результат деятельности более сложных нейронных популяций и отражает

более совершенную организацию информационных процессов мозга. Именно поэтому он и оказывается одним из наиболее эффективных методов современной психофизиологии. В то же время необходимо иметь в виду, что связь волн ВП с психическими переменными не является жесткой, однозначной. Она может быть нарушена, например, при патологии психической деятельности, как это было показано, в частности, в наших исследованиях на больных шизофренией.

Итак, сопоставление физиологических и психологических характеристик сенсорно-перцептивного процесса позволило подразделить этот процесс на три основных этапа. Содержание первого этапа заключается в анализе физических характеристик стимула. На втором этапе осуществляется синтез сенсорной и несенсорной информации о стимуле. На третьем этапе происходит опознание стимула, т. е. его отнесение к определенному классу объектов.

Одним из наиболее фундаментальных фактов, полученных в работе, является то, что поступление сенсорной информации в кору еще не сопровождается ощущением. Ощущение возникает только на втором этапе сенсорно-перцептивного процесса. При этом, хотя ощущение и формируется на основании синтеза физических и сигнальных характеристик стимула, эти последние присутствуют в ощущении в неявной форме и внешний объект предстает в сознании преимущественно как совокупность его физических характеристик. Осознание значимости стимула, его категоризация происходят лишь на третьем этапе восприятия. В процессе такой категоризации используется сложный понятийный аппарат, включая и речевую функцию.

Психическое отражение, таким образом, как бы сдвинуто на один этап по отношению к подготавливающим и организующим его информационным процессам мозга. Сходная закономерность была отмечена А. Н. Леонтьевым [1981] при описании развития психической деятельности в процессе филогенеза: психическое отражение оказывается в эволюции сдвинутым на одну ступень по отношению к деятельности.

Можно проследить и более общие параллели между эволюцией психической функции и реакцией организма на сигнал. Известно, что психика в эволюции прodelывает сложное развитие от элементарных психических проявлений до человеческого сознания. Этот долгий путь повторяет затем каждый человек в своем индивидуальном развитии, прodelывая его уже за считанные годы своего детства и отрочества. К этим известным положениям мы можем сейчас добавить еще одно: каждый из нас, реагируя на сигнал, проходит те же стадии тысячи раз в день за несколько десятых долей секунды. Три этапа восприятия — это не только три временных интервала, в которых разворачивается последовательный анализ стимульной информации. Это и три уровня мозговой интеграции, каждый из которых характеризуется вовлечением в функцию большого числа мозговых структур,

более сложной организацией внутримозгового взаимодействия. Три уровня мозговой интеграции соответствуют трем стадиям психического отражения (рис. 49). Важно, что каждой из трех стадий психики соответствует свой тип ответной реакции и в зависимости от стоящей перед организмом задачи он может выбрать необходимый вариант ответа. Чем сложнее эта задача, тем больший объем информации необходим для ее решения. Выигрывая в точности и сложности ответа, организм проигрывает в скорости реакции.

Необходимый минимум структур — это «жесткие» звенья, они участвуют в реакции любого типа, другие структуры — это «гибкие» звенья системы обеспечения психической функции [Бехтерева, 1981], их включение в функцию дает возможность осуществления более сложных реакций.

Перечислим три указанных типа реакций. Наиболее элементарной реакцией является автоматизированный условный рефлекс с латентностью около 100—200 мс от момента действия стимула. При этом типе реакции переход возбуждения на исполнительные центры осуществляется до возникновения ощущения. Эта реакция не требует участия сознания. На более высоком уровне находится реакция, возникающая в ответ на ощущение. Как уже говорилось, в ощущении осознаются в основном физические характеристики стимула. Тем не менее ощущение может быть основой для построения двигательных ответов, связанных с анализом достаточно сложной информации. Это является следствием того, что информация о значимости стимула, хотя и в неявной форме, участвует в генезе ощущений. Время таких реакций составляет 200—400 мс. Наконец, реакции высшего психического уровня — это ответы организма, которые формируются на базе полного осознания значимости стимула на основании того, что возникшее ощущение опознано, отождествлено с определенным классом объектов. Эта реакция осуществляется после

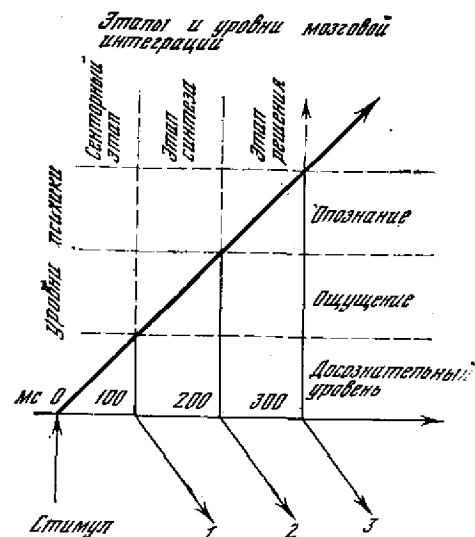


Рис. 49. Соотношение между этапами восприятия, которым соответствуют три уровня мозговой интеграции, уровнями психического отражения и тремя типами ответных реакций организма

1 — автоматизированная реакция (до 200 мс); 2 — реакция на ощущение (200—400 мс); 3 — реакция на опознание (более 400 мс)

400 мс от момента предъявления стимула. В отличие от реакций первых двух типов, имеющих минимальную и максимальную латентность, реакции третьего типа имеют только одну временную границу, так как их латентность практически не ограничена: ответ организма может последовать и спустя длительное время.

Используем простой пример для того, чтобы проиллюстрировать, как индивидум может применять имеющийся в его распоряжении регистр уровней психического отражения и набор соответствующих им двигательных ответов в зависимости от меняющейся обстановки. Предположим, что человек идет по хорошо известной ему дороге¹. Его мысли заняты в это время обдумыванием какого-либо дела. Его ноги надежно ступают по дороге, он обходит мелкие неровности, правильно координирует все свои движения, идет быстро и уверенно, он смотрит на дорогу и в то же время как бы не видит, не замечает ее. Это автоматизированные реакции низшего психического уровня, не достигающего сферы сознания.

Но вот ему встретился трудный отрезок дороги, например нерасчищенный от снега и льда и скользкий участок тротуара. Человек смотрит на дорогу и хорошо видит ее, все ее неровности и опасные участки. Он сообразует каждый свой шаг с этими деталями. В то же время было бы неправильно считать, что в данном случае каждая деталь определенным образом категоризируется, обозначается. Человек идет медленнее, чем в первом случае, хотя и достаточно уверенно.

Вдруг на пути встречается неожиданное препятствие, например, дорогу пересекает поток талой воды. Человек останавливается. Он думает, как ему перебраться на другую сторону. Можно с достаточной уверенностью утверждать, что он использует при этом понятийный аппарат и внутреннюю речь. Наконец, он принимает решение и преодолевает препятствие, например кладет доску и переходит через ручей. Дальше снова ровная дорога — человек вновь возвращается к своим мыслям и не замечает ее. На этом примере видно, как весь диапазон реакций используется с максимальной эффективностью, со строгим соблюдением принципа экономии ресурсов мозга и затраченного времени; более высокие уровни психического отражения и реакции включаются тогда, когда низшие не обеспечивают достижения цели.

Отметим, что все три типа описанных реакций являются выработанными, они основаны на прошлом опыте. Разница заключается в том, что в одних случаях прошлый опыт может быть использован в данной ситуации без какой-либо коррекции, а в других необходима реконбинация прошлых впечатлений для выработки творческого, нестандартного решения. Известно, что сознание тесно связано с вниманием: в известном смысле мы

¹ Мы специально берем пример, уже использовавшийся в психологической литературе, несколько изменив его и наполнив новым содержанием.

ощущаем то, что замечаем. Поэтому данные об отражении в промежуточных волнах ВП функции селективного внимания дают веское подтверждение положению об их связи с ощущением.

Какие же физиологические механизмы обеспечивают осуществление реакций на более высоких уровнях и в чем их отличие от более элементарных, автоматизированных реакций? Проведенные исследования показали, что необходимым элементом возникновения ощущения как психического феномена является сопоставление, синтез сенсорной информации со следами памяти, т. е. с информацией о прошлых встречах организма с данным или сходными сигналами. Активация следов памяти происходит по принципу условного рефлекса. Однако синтез информации требует еще одного звена, которое, строго говоря, не входит в условный рефлекс. Сопоставление сенсорной и несенсорной информации о стимуле обеспечивается механизмом возврата возбуждения из подкорковых центров эмоций и мотиваций, а также из других отделов коры, включая ассоциативные зоны и области проекции других анализаторов, в первичную проекционную область (рис. 50). Это возбуждение несет информацию о значимости данного объекта внешней среды, т. е. его отношении к определенной деятельности организма, и сведения об иных его физических признаках, полученных в прошлом с помощью других анализаторов. Синтез всей этой информации и лежит в основе построения субъективного образа. Положение о генезе ощущений на основе синтеза физических и сигнальных характеристик стимула находит интересное подтверждение и в следующем хорошо известном каждому по собственному опыту факте: психический образ возникает в сознании не одномоментно, а имеет способность как бы разворачиваться во времени. Так, мы видим сначала некоторые общие признаки объекта и лишь затем различаем его детали. Это объясняется тем, что в ощущении (т. е. в сознании) эти признаки возникают по мере того, как в соответствующих структурах мозга устанавливается их сигнальная значимость.

В ответ на внешний стимул из глубин памяти, таким образом, поднимается все, что было накоплено в прошлом опыте в применении к оценке данного стимула. Эта информация затем сопоставляется с характеристиками действующего сигнала. Хотелось бы высказать предположение, что здесь мы подходим к одному из критических моментов в понимании физиологических основ сознания — к сущности мозговых механизмов, которые ответственны за его важнейшее свойство: разделенность на сферы внешнего и внутреннего, «я» и «не я».

Решение этой загадки сознания связано со значительными трудностями методологического характера. Данная проблема, сформулированная в XVIII в. еще Д. Юмом, получила в научной литературе обозначение «проблемы гомункулуса». Гомункулус — это гипотетический «человечек», находящийся внутри на-

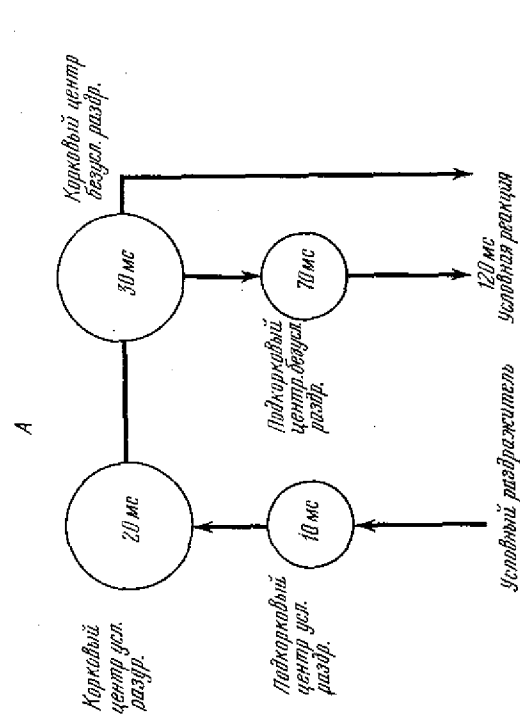
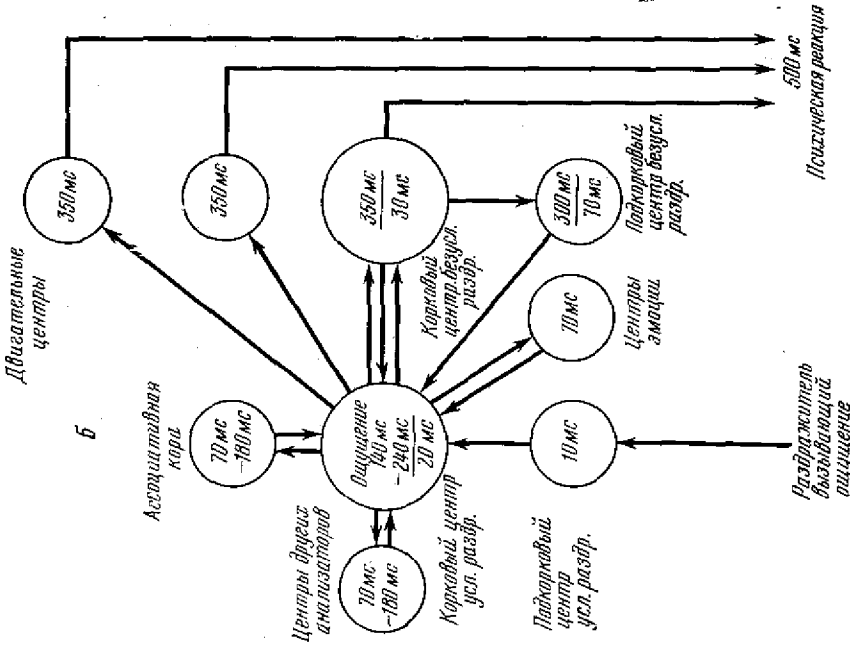


Рис. 50. Сравнение информационных потоков мозга при автоматизированном условном рефлексе (А) и реакции высшего психического уровня (Б)

В первом случае имеет место поступательное движение возбуждения от рецепторов к эффектору. В случае психической реакции наблюдается возврат возбуждения из подкорковых центров безусловных рефлексов (центры эмоций и когнитивный), из ассоциативной коры и корковых проекций других анализаторов в первичную зону проекции данного стимула, что обеспечивает синтез сенсорной информации с информацией о значимости данного стимула. Этот синтез лежит в основе ощущения. Цифры — время (мс) от момента действия раздражителя.



шего мозга и синтезирующий наше внутреннее «я». Он наблюдает за всем, что происходит вокруг, по отношению к нему все остальное — это внешнее, не входящее в состав «я». Такие представления действительно как будто позволяли хотя бы умозрительно смоделировать структуру сознания, оставалось лишь найти те нервные центры, где находится этот гомункулус.

Однако такое решение проблемы чисто кажущееся, оно сразу сталкивается с неразрешимой трудностью: ведь внутри гомункулуса необходимо поместить все те структуры, которые входят в состав нашего мозга, иначе он не сможет наблюдать за внешними событиями и синтезировать прошлый опыт. Внутри гомункулуса необходимо поэтому поместить еще одного человечка, а за ним и следующего — возникает логический парадокс, не имеющий рационального решения. Бесплодными оказались и поиски структуры или системы структур, которые можно было бы связать с интеграцией своего «я». Ни корковое представительство соматосенсорной чувствительности (вспомним «центральное чувствилище» Аристотеля), ни центры речи не могли претендовать на роль структурной основы своего «я». Поэтому попытки решить загадку сознания через поиски гомункулуса зашли в тупик. О явной бесплодности таких поисков говорит, в частности, Ф. Крик [1982] в своей статье «Мысли о мозге».

Но в то же время что же такое это таинственное «я», как не наша память о нас самих, о наших впечатлениях, полученных в течение жизни? Нельзя ли поэтому предположить, что память, актуализируемая в ответ на приход сенсорного сигнала, и есть та частица нашего «я», по отношению к которой этот сигнал воспринимается как нечто внешнее. При этом сопоставление внешнего сигнала и сферы внутренних переживаний определяется особой организацией информационных процессов в мозге: активацией следов памяти в ответ на внешний сигнал и обратным движением этой информации на встречу с сенсорным сигналом в центрах первичной проекции.

Разделение «я» и «не я», а также их синтез в процессе формирования реакции на сигнал обеспечиваются, таким образом, особой иерархией информационных потоков и точными временными соотношениями между различными стадиями мозговой оценки сенсорных и биологических характеристик стимула. В сознании «не я» отделяется от «я» тем, что несет на себе сенсорную метку, специфическое для данной модальности ощущение света, звука или прикосновения, связанное с уникальным свойством соответствующих нейронов проекционной коры. Добавим к этому, что наше сознание не только разделено, оно в равной степени и объединено: нельзя ощутить внешний сигнал без своего «я» и нельзя почувствовать своего «я» без внешнего сигнала. Так на основе сложной организации мозговых процессов возникает психика как двуединство отражения объективной реальности и ее преломления через индивидуальный опыт. Поиски гомункулуса как определенной структуры, интегрирующей ощущение своего

«я», действительно бесплодны. Наше «я» — это информационная динамическая система, и поэтому бесполезно искать ее точную локализацию. Однако достаточно «прикоснуться» к коре мозга сенсорным сигналом, и «я» в виде памяти о прошлых событиях само приходит на встречу с этим сигналом, обнаруживая тем самым себя.

Следует отметить, что предположения о возможности решить логический парадокс гомункулуса через информационный подход к анализу мозговых процессов высказывались и раньше [Attneave, 1961]. Такие попытки носили, однако, чисто умозрительный характер. Исследования с параллельной регистрацией и сопоставлением физиологических и психологических показателей деятельности мозга позволили, как нам кажется, высказать достаточно обоснованные и конкретные соображения о физиологической организации одного из основных свойств человеческого сознания. Информационный подход к анализу мозговых процессов и здесь, при решении сложнейших проблем соотношения мозга и психики, оказался оправданным. Отметим, что описанный выше механизм возврата возбуждений в проекционную кору лежит в основе второго этапа восприятия — создания субъективного образа стимула. На третьем этапе, при опознании стимула, центр интеграции перемещается в лобные отделы полушарий. Принцип «возврата возбуждения», благодаря которому обеспечивается определенная иерархия и сопоставление информационных потоков, очевидно, и на этом этапе сохраняет свое значение. Важную роль в этих процессах играет межполушарное взаимодействие и участие в функции речевых зон коры.

Во введении была проведена аналогия между иммунными реакциями и психикой. Первые различают «свой» и «чужой» белок и тем самым оберегают постоянство химической среды организма. Разделение сознания на сферы внешнего и внутреннего способствует сохранению относительного постоянства личностных характеристик. Теперь мы можем сказать, что это постоянство имеет твердое мозговое обеспечение. Связь нашего «я» с памятью, с прошлым опытом обуславливает его распределенность по структурам мозга. Наше «я» закреплено в миллионах синапсов, нейронах мозга и его ритмах. Своеобразие человеческой индивидуальности — это не только ее генетическая неповторимость, но и уникальность жизненного пути. Нельзя полностью переделать личность, как нельзя переписать прошлое. В то же время человек все время изменяется, так как приобретает новый опыт. Только чем больше этого опыта накоплено, тем меньшую часть составляет новое и тем более устойчивы черты характера и привычки.

Помимо механизма возврата возбуждения в центры первичной проекции, проведенные исследования выявили еще один аспект организации мозговых систем обеспечения психики: важную роль согласованности, сонастроенности мозговых структур,

входящих в данную систему. Эта сонастроенность проявляется в том, что определенный показатель мозговой функции, зарегистрированный в ключевом звене системы, может в значительной мере отражать функцию системы в целом. Тем самым обеспечивается его прямая корреляция с «родственным» показателем психической функции.

Важно, что такое соответствие между физиологическими и психологическими параметрами имеет место только в норме, оно нарушается при психической патологии, в частности при шизофрении. Конкретные механизмы внутренней сонастроенности системы еще недостаточно ясны, они, очевидно, связаны с постоянным обменом импульсацией между ее различными звеньями. Определенную роль в организации мозговых систем обеспечения психики играют, очевидно, и медленные колебания потенциалов коры.

Нарушения связей между звеньями системы приводят к их дезинтеграции. Как следствие этого, показатель мозговой функции, например волна ВП, имеющая иногда у больных шизофренией такую же амплитуду и латентность как и в норме, не обнаруживает прямой корреляции с соответствующим психофизическим индексом. Дальнейшее изучение механизмов мозговой интеграции представляет поэтому чрезвычайно интерес не только для понимания мозговых механизмов психики, но и для познания природы психических болезней.

Вместе с тем эти факты еще раз указывают на интегративный характер мозговых механизмов обеспечения психики. Мозг человека, таким образом, не только более дифференцирован, чем мозг животных, он также и более интегрирован. Более сложная функция не только более распределена, она и более объединена вокруг определенных центров интеграции. Наличие центров интеграции в демонстративной форме удалось показать и в исследованиях с микрополяризацией коры постоянным током. Результаты этих исследований представляют интерес с двух точек зрения. Они указывают на возможность направленной регуляции сенсорно-перцептивного процесса, в частности коррекции ошибок восприятия, что может иметь прикладное значение. Кроме того, они свидетельствуют о том, что в динамической системе мозговых структур, обеспечивающих психическую функцию, имеется на каждом данном этапе ключевое звено, воздействуя на которое можно изменять целостную функцию.

Итак, психическое отражение возникает на основе определенной организации информационных процессов мозга и высокой степени согласованности всех звеньев, входящих в систему обеспечения данной психической функции. Возможность сложной мозговой интеграции обеспечивается определенными структурными особенностями мозга, наличием достаточно дифференцированных нейронных ассамблей, корковых полей и межцентральных связей. Однако эта структурная основа создает лишь возможность возникновения психики. Для того чтобы эта воз-

можность была реализована, необходимо еще одно условие: приобретение в течение онтогенеза индивидуального опыта, включая и общение с другими людьми.

Приобретенный опыт играет ключевую роль и в генезе кардинального свойства сознания — восприятия внешней среды как чего-то отдельного от субъекта. Это свойство сознания возникает в онтогенезе в процессе общения с другими людьми, т. е. на основе социального опыта. «Лишь отнесясь к человеку Павлу как к себе подобному, человек Петр начинает относиться к самому себе как к человеку. Вместе с тем и Павел как таковой, во всей его павловской телесности, становится для него формой проявления рода „человек“»². Таким образом сознание возникает в процессе коммуникации и сохраняет эту функцию на протяжении всей жизни [Симонов, 1982]. Социальную основу имеет и этимологический двойник сознания — совесть — проекция внутренних переживаний другого человека на свои собственные.

Но, общаясь с другими людьми, человек научается общаться и с самим собой. Вырабатывается сознание как свое знание и совесть как высший нравственный отчет перед самим собой. Наличие сознания дает человеку возможность планировать, продумывать свои действия, вести как бы внутренний диалог с самим собой, проигрывать в своем воображении различные схемы предстоящих поступков. Диалектика развития проявляется в том, что, формируясь в процессе общения между людьми, сознание вместе с тем является необходимым условием для их объединения в коллектив. Общество может существовать только из отдельных личностей, принципиально отличаясь в этом отношении от тех сообществ, которые образуют животные. Более того, общество — это, прежде всего, выражение суммы связей между отдельными индивидуумами. С социальным опытом связаны и высшие достижения человеческой культуры и науки как наиболее сложные проявления психической деятельности человека.

В сказанном выше заключается и ответ на вопрос, поставленный в первых строках данной книги. Мы использовали там пример с человеком, услышавшим звонок телефона и поднявшим телефонную трубку. Вопрос заключался в том, какую роль играет возникшее ощущение, т. е. субъективный образ звонка, для дальнейших действий этого человека. Благодаря тому что человек услышал звонок, его последующие реакции будут значительно более сложными, чем если бы он просто автоматически поднял телефонную трубку. Он может сделать некоторые предположения о том, кто ему звонит, продумать возможные ответы на те или иные вопросы своего собеседника, наконец, он может просто не брать телефонную трубку, если предстоящий разговор по каким-либо причинам ему нежелателен. Конечно, все это потребует включения в функцию многих важнейших отделов моз-

га, актуализации следов памяти, центров эмоций и мотиваций, координированной работы корковых полей, включая сложное межполушарное взаимодействие. И на базе такой сложной нервной интеграции будет осуществлена высшая нервная (психическая) реакция, которая синтезирует в себе воспоминание о прошлом, ощущение настоящего и прогноз на будущее.

Решение проблемы «мозг и психика» представляет собой сложнейшую проблему современной науки. Эти трудности не следует преуменьшать, но не менее важно и другое: не нужно их бояться или преувеличивать, что приводит к нигилизму и отказу от решения проблемы. Вековой опыт науки показывает: объекты живой природы устроены достаточно сложно, но в основе их деятельности лежат немногие сравнительно простые принципы. Научное исследование включает как последовательное описание сложных механизмов, так и открытие «простых» принципов их работы. Парадокс заключается в том, что первое, как правило, дается значительно легче, чем второе. Безусловно, это в полной мере относится и к рассматриваемой проблеме: устройство мозга сложно, но принципы его работы, в том числе и те, которые обуславливают качественно новую интеграцию (в виде психики), просты, как прост, например, принцип условного рефлекса.

Опираясь на философские положения материалистической диалектики, развивая традиции великих основоположников нашей науки, и прежде всего И. М. Сеченова и И. П. Павлова, современная физиология в содружестве с психологией имеет все предпосылки для изучения природы и механизмов психики — высшего создания природы.

² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 62 (Примечание 18).

- Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 18.
 Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 23.
 Адрианов О. С. О принципах организации интегративной деятельности мозга. М.: Медицина, 1976. 280 с.
 Айрапетянц М. Г., Вейн А. М. Неврозы в эксперименте и клинике. М.: Наука, 1982. 272 с.
 Аладжалова Н. А. Медленные электрические процессы в головном мозге. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 240 с.
 Аладжалова Н. А. Периодичность сверхмедленных мозговых потенциалов в ее связях с характером психической деятельности.— В кн.: Бессознательное: природа, функции, методы исследования. Тбилиси: Мецниереба, 1978, с. 626—632.
 Аладжалова Н. А. Психофизиологические аспекты медленной ритмической активности головного мозга. М.: Наука, 1980. 244 с.
 Алкмеон. Цит. по: Ярошевский М. Г. История психологии. М.: Мысль, 1976. 464 с.
 Альтман Я. А. Следовые реакции нейронов слуховой области коры кошки при действии звуковых сигналов.— В кн.: Гагские беседы, т. 7. Нейрофизиологические основы памяти/Под ред. Т. Ониани. Тбилиси: Мецниереба, 1979, с. 425—441.
 Апаньев Б. Г. Теория ощущений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1961. 456 с.
 Анохин П. К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
 Анохин П. К. Психическая форма отражения действительности.— Избр. труды. (Философские аспекты теории функциональной системы). М.: Наука, 1978, с. 336—360.
 Аристотель. О душе.— Собр. соч.: В 4-х т. М.: Мысль, 1976. Т. 1. 550 с.
 Асратян Э. А. Двусторонняя связь как общенейрофизиологический принцип.— Журн. высш. нерв. деятельности, 1981, т. 31, вып. 1, с. 3—11.
 Бардин К. В., Забродин Ю. М. Характеристика припороговой зоны при работе с субъективными эталонами.— В кн.: Сенсорные и сенсомоторные процессы/Под ред. Б. Ф. Ломова. М.: Педагогика, 1972, с. 61—64.
 Бардин К. В. Пороговая проблема в классической и современной психофизике.— В кн.: Проблемы психофизики. М.: Наука, 1974, с. 11—65.
 Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976. 396 с.
 Бардин К. В., Забродин Ю. М. Проблемы психического отражения свойств объективного мира на сенсорно-перцептивном уровне.— В кн.: Психофизические исследования восприятия и памяти. М.: Наука, 1981, с. 9—42.
 Батуев А. С. Высшие интегративные системы мозга. Л.: Наука, 1981. 255 с.
 Бергсон А. Материя и память.— Собр. соч., СПб., 1914, т. 3, с. 248.
 Бехтерева Н. П. Здоровый и больной мозг человека. Л.: Наука, 1980. 208 с.
 Бианки В. Л., Абдурахманов А. А. Межполушарные взаимоотношения в зрительной коре кошек при односторонней поляризации вторичной зрительной области.— Физиол. журн. СССР, 1975, т. 1, № 9, с. 1281—1296.
 Брунер Дж. Психология познания. М.: Прогресс, 1977. 412 с.
 Бызов А. Л. Электрофизиологические исследования сетчатки. М.: Наука, 1966.
 Величковский Б. М. Современная когнитивная психология. М.: Изд-во МГУ, 1982. 336 с.
 Вернадский В. И. Избранные труды по истории науки. М.: Наука, 1981. 359 с.
 Винер Н. Кибернетика. М.: Сов. радио, 1968. 326 с.
 Вундт В. М. Основания физиологической психологии. М., 1880. 1038 с.
 Выготский Л. С. Развитие высших психических функций. М.: Изд-во АПН, 1960. 500 с.
 Гельмгольц Г. Учение о слуховых ощущениях как физиологическая основа для теории музыки. СПб., 1875. 594 с.
 Гельдбург С. Н., Макаров П. О. Измерение времени реакции на появление и исчезновение кратких сенсорных (слуховых) стимулов с целью измерения длительности ощущения.— Докл. АН СССР, 1971, т. 198, вып. 5, с. 1237—1238.
 Гречин В. Б., Кропотков Ю. Д. Медленные неэлектрические ритмы головного мозга человека. Л.: Наука, 1979. 127 с.
 Григорьева Л. П. Исследование восприятия цвета методом регистрации вызванных потенциалов у человека.— В кн.: Материалы VII Всесоюз. конф. по электрофизиологии центральной нервной системы. Каунас, 1976, с. 114.
 Гублер Е. В., Генкин А. А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Л.: Медицина, 1973. 142 с.
 Гутман А. М. Биофизика внеклеточных токов мозга. М.: Наука, 1980. 184 с.
 Декарт Р. Избранные произведения. М.: Госполитиздат, 1950. 718 с.
 Джафаров Э. Н. Структура процесса обнаружения.— Вестн. МГУ. Психология, 1977, № 4, с. 52—65.
 Доризо Н. Чужая боль.— Лит. газ., 1982, 9 июня, № 23, с. 12.
 Дубровский Д. И. Информация, сознание, мозг. М.: Высш. школа, 1980.
 Дудкин К. Н., Глезер В. Д. Исследование нейрофизиологического механизма шкалы яркости.— Физиол. журн. СССР, 1975, т. 61, № 5, с. 716—724.
 Евтушенко Е. Талант есть чудо неслучайное. М.: Сов. писатель, 1980. 440 с.
 Забродин Ю. М. Основания и свойства математических моделей сенсорной чувствительности (о развитии некоторых теоретических идей в психофизике).— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976, с. 190—223.
 Забродин Ю. М. Введение в общую теорию сенсорной чувствительности (адаптивные особенности сенсорных процессов в задачах исследования порогов чувствительности).— В кн.: Психофизические исследования. М.: Наука, 1977, с. 31—125.
 Забродин Ю. М., Лебедев А. И. Психофизиология и психофизика. М.: Наука, 1977. 288 с.
 Забродин Ю. М. Методологические проблемы психологического анализа и синтеза человеческой деятельности.— В кн.: Эффективность деятельности оператора. М.: Изд-во АН СССР, 1982, с. 3—29.
 Завалишина Д. Н., Ломов Б. Ф., Рубахин В. Ф. Уровни и этапы принятия решения.— В кн.: Проблемы принятия решения. М.: Наука, 1976, с. 16—32.
 Запорожец А. В. Развитие восприятия и деятельность.— В кн.: Хрестоматия по ощущению и восприятию. М.: Изд-во МГУ, 1975, с. 197—204.
 Зеленкова Т. П., Иваницкий А. М. Анализ вызванных потенциалов в процессе различения человеком структурированных изображений.— Физиология человека, 1979, т. 5, № 3, с. 427—434.
 Зенков Л. Р. Центральные механизмы афферентации у человека в норме и при неврологической патологии (по данным вызванных потенциалов головного мозга): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1977. 32 с.
 Зинченко В. П., Величковский Б. М., Вучетич Г. Г. Функциональная структура зрительной памяти. М.: Изд-во МГУ, 1980. 272 с.
 Иваницкий А. М. Мозговые механизмы оценки сигналов. М.: Медицина, 1976. 264 с.
 Иваницкий А. М., Забродин Ю. М., Матвеева Л. В. Вызванные потенциалы мозга и ошибки восприятия.— Журн. высш. нерв. деятельности, 1978, т. 28, вып. 5, с. 1037—1046.
 Иваницкий А. М., Корсаков И. А., Матвеева Л. В. Физиологический анализ ошибок восприятия.— В кн.: Память и слуховые процессы: Тез. докл. IV конф. по проблемам памяти и следовым процессам. Пушино-на-Оке, 1979. 140 с.
 Иваницкий А. М., Корсаков И. А. Динамика психофизических показателей восприятия и электрических реакций мозга при микрополяризации зрительной коры.— В кн.: Механизмы пластичности мозга: Материалы Всесоюз. симпозиума «Механизмы пластичности мозга при функциональных и патологических воздействиях». Махачкала, 1982, т. 1, с. 135—136.
 Иваницкий А. М., Корсаков И. А., Матвеева Л. В. Динамика медленной электрической активности коры больших полушарий и ошибки восприятия.— Журн. высш. нерв. деятельности, 1980, т. 30, вып. 3, с. 602—605.

Иваницкий А. М., Краснушкина Н. А. Влияние поляризации постоянным током на кратковременную память человека.— В кн.: Память и следовые процессы: Тез. докл. II конф. по проблемам памяти и следовым процессам. Пущино-на-Оке, 1970, с. 75—77.

Иваницкий А. М., Матвеева Л. В. Взаимоотношения между параметрами вызванного потенциала и структурой сенсорно-перцептивного процесса.— Физиология человека, 1976, т. 2, № 3, с. 386—399.

Иваницкий А. М., Стрелец В. Б. Сравнительное исследование сомато-сенсорных вызванных потенциалов у больных реактивным психозом и шизофренией.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1973, вып. 1, с. 79—82.

Иваницкий А. М., Стрелец В. Б. Вызванный потенциал и психофизические характеристики восприятия.— Журн. высш. нервн. деятельности, 1976, т. 26, вып. 4, с. 793—800.

Иваницкий А. М., Стрелец В. Б. Корковая вызванная негативная волна как отражение селективного внимания.— Журн. высш. нерв. деятельности, 1982, т. 32, вып. 5, с. 826—833.

Иваницкий А. М., Стрелец В. Б. Поиск причинных связей между мозговыми и психическими явлениями при исследовании восприятия.— Физиология человека, 1981, т. 7, № 3, с. 528—540.

Илюжина В. А. Медленные биоэлектрические процессы головного мозга человека. Л.: Наука, 1977. 184 с.

Индлин Ю. А. Роль физических, сенсорных и внесенсорных факторов в обнаружении.— В кн.: Психофизические исследования. М.: Наука, 1977, с. 125—148.

Индлин Ю. А. Особенности различения при осведомленности испытуемого о местоположении стандарта.— В кн.: Психофизические исследования восприятия и памяти. М.: Наука, 1981, с. 174—189.

Карамян А. И. Эволюция конечного мозга позвоночных. Л.: Медицина, 1976. 254 с.

Кауфман Л., Рок И. Иллюзия «Луны у горизонта».— В кн.: Восприятие: Механизмы и модели. М.: Мир, 1974, с. 262—274.

Кирпиченко А. А. Сравнительная характеристика изменений вызванных потенциалов головного мозга у больных различными формами шизофрении.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1970, т. 70, вып. 6, с. 870—873.

Книст И. Н., Богданович В. Н., Кориневский Л. В., Тишанинова Л. В. Пространственная организация корковых биопотенциалов в различных функциональных состояниях центральной нервной системы.— В кн.: Проблемы пространственной синхронизации биопотенциалов головного мозга/Под ред. М. Н. Ливанова. Пущино-на-Оке, 1973, с. 12—15.

Кнорринг Л. фон, Монахов К. К., Перрис К. Адаптивный переключаемый механизм для регулирования поступающих в ЦНС сигналов.— Физиология человека, 1981, т. 3, № 3, с. 784—795.

Корсаков И. А. Регуляторные механизмы восприятия: к вопросу о регуляции чувствительности.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1982, № 12, с. 83—88.

Корсаков И. А., Матвеева Л. В. Характеристики биоэлектрической активности мозга и психофизики восприятия при анодной поляризации коры головного мозга: Тез. и реф. докл. XXVI совещания по проблемам высш. нерв. деятельности. Л., 1981, с. 99.

Корсаков И. А., Матвеева Л. В. Психофизические характеристики восприятия и биоэлектрическая активность мозга при микрополяризации затылочной области полушарий.— Физиология человека, 1982, т. 8, № 4, с. 595—603.

Костандов Э. А. Функциональная асимметрия полушарий мозга и неосознаваемое восприятие. М.: Наука, 1983. 172 с.

Костандов Э. А. Восприятие и эмоции. М.: Медицина, 1977. 248 с.

Костюк П. Г. Физиология центральной нервной системы. Киев: Вища школа, 1977. 220 с.

Кратин Ю. Г. Нейрофизиология и теория отражения. Л.: Наука, 1982. 84 с.

Крик Ф. Мысли о мозге.— В кн.: Мозг/Под ред. П. В. Симонова. М.: Мир, 1982, с. 257—275.

Кругликов Р. И. Принцип детерминизма и деятельность мозга.— Вопр. философии, 1982, № 3, с. 63—70.

Ладик Б. В. Нейрофизиологический анализ психопатологических состояний на различных этапах развития прогрессивной шизофрении: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тарту, 1982.

Лебедев А. Н., Луцкий В. А. Время зрительного восприятия.— В кн.: Вопросы экспериментального исследования скорости реагирования. Тарту, 1971, с. 59—61.

Лебедев А. Н., Луцкий В. А. Расчет закономерностей зрительного восприятия по частотным характеристикам ЭЭГ. Эргономика.— Тр. ВНИИТЭ, 1972, вып. 4, с. 98—107.

Леонов Ю. П. Теория статистических решений и психофизика. М.: Наука, 1977. 227 с.

Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975. 304 с.

Леонтьев А. Н. Проблемы развития психики. М.: Изд-во МГУ, 1981. 584 с.

Ливанов М. Н. Пространственная организация процессов головного мозга. М.: Наука, 1972. 182 с.

Ломов Б. Ф. О роли практики в развитии общей теории психологии.— Вопр. психологии, 1971, вып. 1, с. 26—35.

Ломов Б. Ф. Предисловие к кн.: Проблемы психофизики. М.: Наука, 1974, с. 3—10.

Ломов Б. Ф. Человек и техника. М.: Сов. радио, 1966. 464 с.

Лурия А. Р. Мозг человека и психические процессы. М.: Педагогика, 1970. 495 с.

Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. М.: Изд-во МГУ, 1973. 374 с.

Маликова А. К. Влияние поляризации на ответные реакции моторной коры большого мозга кошки: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1974. 30 с.

Михалевская М. Б. Порог и пороговая зона.— В кн.: Сенсорные и сенсомоторные процессы. М.: Педагогика, 1972, с. 54—60.

Монахов К. К. Значение вызванного потенциала для изучения связи электрической активности и поведенческих реакций.— В кн.: Материалы конф. ЦОТКЗНИИ общей и судебной психиатрии им. В. П. Сербского/Под ред. Г. В. Морозова. М., 1971, с. 234—237.

Морозов Г. В., Анохина И. П. Биохимические нарушения как основа патогенеза психических заболеваний.— В кн.: VII Всесоюз. съезд невропатологов и психиатров. М., 1981, т. 1, с. 113—119.

Найссер У. Познание и реальность. Смысл и принципы когнитивной психологии. М.: Прогресс, 1981. 830 с.

Нарикашвили С. П. Неспецифические структуры головного мозга и воспринимающая функция коры больших полушарий. Тбилиси: Мецниереба, 1962.

Невская А. А. О пределах инвариантности зрительного опознания у человека.— В кн.: Механизмы опознания зрительных образов. Л.: Наука, 1967, с. 102—111.

Орбели Л. А. Лекции по физиологии нервной системы. Л.: Биомедгиз, 1935. 412 с.

Павлов И. П. Полн. собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. III, кн. 2.

Посыпков Е. И. Общая физиотерапия. М.: Медицина, 1969. 352 с.

Петров Р. В. Беседы о новой иммунологии. М.: Мол. гвардия, 1978. 221 с.

Платон. Сочинения: В 3-х т. М.: Мысль, 1970. Т. 2. 611 с.

Поляков Ю. Ф. Патология познавательной деятельности при шизофрении. М.: Медицина, 1974. 168 с.

Полякова А. Г. Функциональная организация теменной ассоциативной коры: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 1972.

Ройтбак А. И. Медленные отрицательные потенциалы поверхности коры и торможение.— В кн.: Рефлексы головного мозга. М.: Наука, 1965, с. 186—196.

Рок И. Введение в зрительное восприятие. М.: Педагогика, 1980. Т. 2. 280 с.

Русинов В. С. Доминанта. Электрофизиологическое исследование. М.: Медицина, 1969. 231 с.

- Светс Дж., Таннер В., Бердсолл Т. Статистическая теория решений и восприятие.— В кн.: Инженерная психология. М.: Прогресс, 1964, с. 269—335.
- Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга. М.: Изд-во АМН СССР, 1952а.
- Сеченов И. М. Впечатления и действительность.— Избр. произв. М.: Изд-во АН СССР, 1952б, т. 1, с. 448—464.
- Симонов П. В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981. 216 с.
- Симонов П. В. Детерминизм и свобода выбора.— В кн.: Методологические проблемы физиологии высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1982.
- Скребицкий В. Г. Механизмы возникновения вызванных потенциалов.— Успехи соврем. биологии, 1962, т. 54, с. 158—173.
- Соколов Е. Н. К вопросу о кожногальваническом компоненте ориентировочного рефлекса.— В кн.: Ориентировочный рефлекс и вопросы высшей нервной деятельности в норме и патологии. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959, с. 52—76.
- Соколов Е. Н. Об отражении ориентировочного рефлекса в электроэнцефалограмме человека.— В кн.: Вопросы электрофизиологии и электроэнцефалографии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 80—94.
- Соколов Е. Н. Ориентировочный рефлекс как информационный регулятор.— В кн.: Ориентировочный рефлекс и проблема регуляции в норме и психологии/Под ред. Е. Н. Соколова. М., 1964, с. 3—20.
- Соколов Е. Н. Статистическая модель наблюдателя.— В кн.: Инженерная психология. М.: Изд-во МГУ, 1964, с. 68—104.
- Соколов Е. Н. Механизмы памяти. М.: Изд-во МГУ, 1969. 174 с.
- Соколова Е. Т. Мотивация и восприятие в норме и патологии. М.: Изд-во МГУ, 1976. 128 с.
- Соллертинская Т. Н. Гипоталамо-кортикальные связи в филогенезе позвоночных.— Успехи физиол. наук, 1973, № 4, с. 54—89.
- Стрелец В. Б. Исследование биоэлектрической активности головного мозга больных шизофренией по показателям вызванных потенциалов.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1968, вып. 1, с. 82—89.
- Стрелец В. Б. Особенности пространственной организации вызванной электроактивности коры головного мозга больных непрерывно текущей шизофренией.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1969, вып. 5, с. 719—724.
- Стрелец В. Б. Избирательные нарушения различных этапов восприятия внешнего раздражителя при истерической психопатии и шизофрении.— В кн.: Проблемы биологической психиатрии: (Нейрофизиологические исследования)/Под ред. Г. В. Морозова. М., 1979, с. 16—29.
- Стрелец В. Б. Вызванные потенциалы мозга на стимулы различной интенсивности в норме и при истерической психопатии.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1978, т. 78, вып. 6, с. 888—894.
- Стрелец В. Б., Шумская А. А. Исследование вызванных потенциалов в ситуации избирательного внимания в норме и при психопатии.— В кн.: VI Всесоюз. съезд невропатологов и психиатров: Тез. докл. М., 1975, т. 1, с. 273—276.
- Судаков К. В. Биологические мотивации. М.: Медицина, 1971. 304 с.
- Урбах В. Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М.: Медицина, 1975.
- Фарбер Д. А. О специфичности так называемых неспецифических вызванных потенциалов.— В кн.: Основные проблемы электрофизиологии головного мозга. М., 1974, с. 222—235.
- Филимонова Т. Д. Медленное условное негативно-позитивное колебание как показатель субъективной оценки принятого решения.— В кн.: Материалы VIII Всесоюз. конф. по электрофизиологии центральной нервной системы. Ереван, 1980, с. 464—465.
- Фома Аквинский. Сумма теологии.— В кн.: Антология мировой философии. М.: Мысль, 1969, т. 1, с. 823—862.
- Франклин Б. Как благородно век прожить. Наука доброго человека Рихарда. М., 1791.
- Хананашвили М. М. Информационные неврозы. Л.: Медицина, 1978.
- Чурикова Н. И. О стабилизации времени реакции при большом числе хранящихся в памяти эталонов.— Вопр. психологии, 1971, вып. 1, с. 51—62.

- Чурикова Н. И. Проблема материального субстрата психики в свете развития современной нейрофизиологии и смежных наук.— Вопр. психологии, 1977, вып. 1, с. 39—51.
- Шарова Е. В. О соотношении между медленными потенциалами ЭЭГ человека, кожно-гальваническим потенциалом и электроокулограммой.— Журн. высш. нерв. деятельности, 1979, т. 24, вып. 4, с. 801.
- Шехтер М. С. Зрительное опознание. Закономерности и механизмы. М.: Педагогика, 1981. 264 с.
- Шостакович Г. С. Особенности восприятия словесных стимулов у психопатических личностей и больных шизофренией.— Журн. невропатологии и психиатрии, 1972, т. 72, вып. 11, с. 1695—1699.
- Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика: Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1972. 88 с.
- Ярошевский М. Г. История психологии. М.: Мысль, 1976. 264 с.
- Adam N., Collins G. I. Late components of the visual evoked potential to search in short-term memory.— Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 1978, vol. 44, p. 147—156.
- Allison T., Goff W. K., Williamson P. D., Van Gilder J. C. On the neural origin of early components of the human somatosensory evoked potential.— In: Progress in clinical neurophysiology. Vol. 7. Clinical uses of cerebral brainstem and spinal somatosensory EPs/Ed. J. Desmedt. Basel etc.: S. Kurger, 1980, p. 51—68.
- Allison T., Goff W. K., Williamson P. D. et al. The origin of early components of the human somatic evoked potential.— Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 1974, vol. 37, N 2, p. 208.
- Angelov A., Stomomyakov V., Boev M. Changes in the P3 wave of auditory evoked potentials, reaction time and subjective probability.— In: 28th Intern. Congr. Physiol. Sci. Vol. 14. Abstrs. Budapest, 1980, p. 300.
- Arfai E., Theano G., Montagn D., Robin A. A. A controlled study of polarization in depression.— Brit. Psychiat., 1970, N 116, p. 433—434.
- Atkinson R. A variable sensitivity theory of signal detection.— Psychol. Rev., 1963, vol. 70, p. 131—159.
- Augustinus Aurelius. De dialectica Augustine. Boston: Reidel, 1975. 151 p.
- Attneave F. In defence of homunculi.— In: Sensory communications/Ed. by W. Rosenblitt. N. Y.; L.: The MIT press and John Wiley and Sons, 1961, p. 777—782.
- Bennett M. N., Jannetta P. J. Trigeminal evoked potentials in humans.— Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 1980, vol. 48, p. 517—526.
- Birbaumer N., Elbert T., Rockstroh B., Lutzenberger W. Biofeedback of event-related slow potentials of the brain.— Intern. J. Psychol., 1981, vol. 16, p. 389—415.
- Blackwell H. R. Psychophysical threshold: Experimental studies of methods of measurements.— Univ. Mich. Eng. Res. Inst. Bull., 1953, N 36. Цит. по: Green D., Swets J. Signal detection theory and psychophysics. N. Y., 1966.
- Broadbent D. E. Decision and stress. N. Y.: Acad. press, 1971. 522 p.
- Buchsbaum M. S. Self regulation of stimulus intensity: Augmenting/reducing and the average evoked response.— In: Consciousness and self regulation/Ed. G. Schwartz, D. Shapiro. N. Y.: Plenum press, 1976, vol. 7, p. 101—135.
- Buchsbaum M., Siloerman J. Stimulus intensity control and the cortical evoked response.— Psychosom. Med., 1968, vol. 30, p. 12—22.
- Buchsbaum M. C., Coppola K. W., Bittker T. K. Differential effects of «congruence» stimulus meaning, and information on early and late components of the average evoked response.— Neuropsychologia, 1974, vol. 12, p. 533—545.
- Buchsbaum M. S., Murphey D. L., Coursey R. D. et al. Platelet monoamine oxidase, plasma dopamine-beta-hydroxylase and attention in a «biochemical high risk» sample.— J. Psychiat. Res., 1978, vol. 14, p. 215—224.
- Burdoch E. I., Sutton S., Zubin J. Personality and psychopathology.— J. Abnorm. and Soc. Psychol., 1958, vol. 56, p. 18—30.
- Callaway E. The psychophysiology of schizophrenia.— In: Fenomenology and treatment of schizophrenia/Ed. by W. E. Fann et al. N. Y.: Spectrum publ., 1978, p. 83—99.

- Callaway E.* Brain electrical potentials and individual psychological differences. N. Y.: Grune and Stratton, 1975. 214 p.
- McCarthy G., Donchin E.* Brain potentials associated with structural and functional visual matching.—*Neuropsychologia*, 1978, vol. 16, p. 571—585.
- McCarthy G., Donchin E.* A metric for thought: A comparison of P3 latency and reaction time.—*Science*, 1981, vol. 211, p. 71—80.
- Cheatham P. G.* Visual perceptual latency as a function of stimulus brightness and contour shape.—*J. Exp. Psychol.*, 1952, vol. 43, p. 369—380.
- Chapman R., Bragdon H., Chapman J., McCrary J.* Semantic meaning of words and average evoked potentials.—In: *Progress in clinical neurophysiology*. Vol. 3. Language and hemispheric specialization in man: Cerebral ERP/Ed. J. E. Desmedt. Basel etc.: S. Karger, 1977, p. 36—47.
- Ciganek L.* Die elektroencephalographische Lichtreizantwort der menschlichen Hirnrinde. Bratislava: Vydava tel'stvo Slov. Akad. Vied., 1961. 151 S.
- Clark W. C., Mehl L.* A sensory decision theory analysis of the effect of age and sex on d' various response criteria and 50% pain threshold.—*J. Abnormal Psychol.*, 1971, vol. 78, N 2, p. 202—212.
- Cohen I.* Very slow brain potentials relating to expectancy: the CNV.—In: *Average evoked potentials: Methods, results and evaluation*/Ed. E. Donchin, D. B. Lindsley. Wash. (D. C.): Nat Aeronaut. and Space Admin., 1969.
- Corso J. F.* A theoretical-historical review of threshold concept.—*Psychol. Bull.*, 1963, vol. 60, p. 356—370.
- Courchesne E.* Neurophysiological correlates of cognitive development: Changes in long-latency event-related potentials from childhood to adulthood.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1978, vol. 45, p. 468—482.
- Courchesne E.* Changes in P₃ waves with event repetition: Longterm effects on scalp distribution and amplitude.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1978, vol. 45, p. 754—766.
- Courchesne E., Courchesne R. Y., Hillyard S. A.* The effect of stimulus deviation of P₃ waves to easily recognized stimuli.—*Neuropsychologia*, 1978, vol. 16, p. 189—199.
- Courchesne E., Hillyard S. A., Galambos R.* Stimulus novelty, task relevance and visual evoked potential in man.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1975, vol. 39, p. 131—143.
- Desmedt J. E., Brunko E., Debecker J.* Maturation of the somatosensory evoked potential in normal infants and children with special reference to the early N₁ component.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1976, vol. 40.
- Desmedt J. E., Debecker J.* Wave form and neural mechanism of the decision P 350 elicited without pre-stimulus CNV or readiness potential in random sequences of near-threshold auditory clicks and finger stimuli.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1979, vol. 47, p. 648—670.
- Desmedt J. E., Debecker J.* Slow potential shifts and decision P₃₅₀ interactions in tasks with random sequences of near-threshold clicks and finger stimuli delivered at regular intervals.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1979, vol. 47, p. 671—679.
- Desmedt J. E., Robertson D.* Differential enhancement of early and late components of the cerebral somatosensory evoked potentials during forced-paced cognitive tasks in man.—*J. Physiol.*, 1977, vol. 271, p. 761—782.
- Desmedt J. E., Robertson D., Brunko E., Debecker J.* Somatosensory decision tasks in man: Early and late components of the cerebral potential evoked by stimulation of different fingers in random sequences.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1977, vol. 43, p. 404—415.
- Donchin E.* Event-related potentials in psychological research.—In: *Didactic Lecture: 10th ICECN. Kyoto, 1981*, p. 140—148.
- Donchin E., Ritter W., McCallum C.* Cognitive psychophysiology: The endogenous components of the ERP.—In: *Event-related brain potentials in man*/Ed. E. Callaway et al. N. Y.: Acad. press, 1978, p. 349—411.
- Fechner G.* Elemente der Psychophysik. Leipzig: Breitkopf and Härtel, 1860.
- Ford I. M., Roth W. T., Mohs R. C.* et al. Event-related potentials recorded from young and old adults during a memory retrieval task.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1979, vol. 47, p. 450—459.
- Fröhlich F. W.* Die Empfindungszeit: Ein Beitrag zur Lehre von der Zeit-Raum und Bewegungsempfindung. Jena, 1929. Цит. по: *Бойко Е. И.* Время реакции человека. М.: Медицина, 1964. 440 с.
- From G. H., Bond H. W.* The relation between neuron activity and cortical steady potentials.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1967, vol. 22, N 2, p. 159—163.
- Fukushima T., Mayangi Y., Brouhard G.* Thalamic evoked potentials to somatosensory stimulation in man.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1976, vol. 40, N 5, p. 481—490.
- Jasper H.* Unspecific thalamocortical relations.—In: *Handbook of physiology*. Sect. 1. Neurophysiology. Wash.: Amer. Physiol. Soc., 1960, vol. 2, p. 1307.
- Goldring S., O'Leary I. L.* Correlation between steady transcortical potential and evoked response. 1. Alterations in somatic receiving area and induced by veratrine, strychnine, KCl and novocaine.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1954, vol. 6, N 2, p. 201—212.
- Green D., Swets J.* Signal detection theory and psychophysics. N. Y.: Wiley, 1966. 455 p.
- Gutmann G., Bauer H.* Learning and information processing in dependence on cortical DC potential.—In: 22nd Intern. Kongr. Psychol. Leipzig, 1980.
- Hall K. M., Hicks R. A., Hopkins H. H.* The effects of low level DC scalp positive and negative current on the performance of various tasks.—*Brit. J. Psychiat.*, 1970, vol. 117, p. 688—691.
- Haller A.* Elementa physiologiae corporis humani. Lausanne; Berne: Sumbibns Grusset, 1763. Vol. 5. 546 p.
- Hansen J. C., Hillyard S. A.* Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1980, vol. 49, p. 277—289.
- Hasznos T., Szirtes G., Viragh V.* Averaged evoked somatosensory responses in man.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.* 1976, vol. 41, N 2.
- Hazeltuff F. F., Wiersma H.* Die Wahrnehmungszeit.—*Ztschr. Psychol.*, 1925, N 96, S. 171—188.
- Helmholtz H.* Handbuch der physiologischen Optik. Hamburg; Leipzig: Voss, 1896. 1334 S.
- Hillyard S. A., Hink R. F., Schwent V. C., Picton T. W.* Electrical signs of selective attention in the human brain.—*Science*, 1973, vol. 182, p. 177—180.
- Hink R. F., Hillyard S. A., Benson P. J.* Event-related brain potentials and selective attention to acoustic and phonetic cues.—*Biol. Psychol.*, 1978, vol. 6, p. 1—16.
- Hink R. F., Hillyard S. A.* Auditory evoked potentials during selective listening to dichotic speech messages.—*Percept. and Psychophys.*, 1976, vol. 20.
- Hink R. F., Van Voorhis S. T., Hillyard S. A., Smith T.* The division of attention and the human auditory evoked potential.—*Neuropsychologia*, 1977, vol. 15, p. 17—25.
- Hodos W.* Nonparametric index of response bias for use in detection and recognition experiments.—*Psychol. Bull.*, 1970, vol. 74, N 5, p. 351—354.
- Hume L., Cant B. R.* Conduction time in central somatosensory pathways in man.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1978, vol. 45, p. 361.
- Ivanitsky A. M., Strelets V. B.* Brain evoked potentials and some mechanisms of perception.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1977, vol. 43.
- Jones S. J., Small D. G.* Spinal and sub-cortical evoked potentials following stimulation of the posterior tibial nerve in man.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1978, vol. 44, N 3, p. 299—306.
- Kopp J., Livermorj J.* Differential discriminability or response bias? A signal detection analysis of categorical perception.—*J. Exp. Psychol.*, 1973, vol. 101, p. 179—182.
- Kutas M., McCarthy G., Donchin E.* Augmenting mental chronometry: The P₃₀₀ as a measure of stimulus evaluation time.—*Science*, 1977, vol. 197, p. 792.
- Landau W. H., Bichop G. H., Claire M. H.* Analysis of the form and distribution of evoked cortical potentials under the influence of polarizing our vents.—*J. Neurophysiol.*, 1964, vol. 27, N 5, p. 788—813.
- Landau S. G., Buchsbaum M. S., Carpenter W. et al.* Schizophrenia and stimulus intensity control.—*Arch. Gen. Psychiat.*, 1975, vol. 32, p. 1239—1245.

- Lesser R., Koehle R., Lüders H.* The relationship between stimulus intensity and response amplitude of near-field and far-field components of the somatosensory evoked response.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1979, vol. 46, N 3, p. 18.
- Levit R. A., Sutton S., Zubin J.* Evoked potential correlates of information processing in psychiatric patients.—*Psychol. Med.*, 1973, vol. 3, p. 487—494.
- Libet B.* Brain stimulation and the threshold of conscious experience.—In: *Brain and conscious experience*/Ed. I. C. Eccles. N. Y. etc.: Springer-Verl., 1966.
- Libet B., Alberts W. W.* et al. Responses of human somatosensory cortex to stimuli for conscious sensation.—*Science*, 1967, vol. 158, p. 1597—1600.
- Lolas-Stepke F.* Effects of low level DC brain polarization on vertex slow potentials during a reaction time task.—*Exp. Brain Res.*, 1975, N 23, suppl.
- Luce R.* A threshold theory for simple detection experiments.—*Psychol. Rev.*, 1963, vol. 70, p. 61—79.
- Milosevic S.* Changes in detection measures and skin resistance during an auditory vigilance task.—*Ergonomics*, 1975, vol. 18, p. 1—18.
- Näätänen R., Gaillard A. W. K., Mäntysalo S.* The N_1 effect of selective attention reinterpreted.—*Acta psychol.*, 1978, vol. 42, p. 313—329.
- Näätänen R., Gaillard A. W. K., Mäntysalo S.* Brain potential correlates of voluntary and involuntary attention.—In: *Progress in brain research*. Vol. 54. Motivation, motor and sensory processes of the brain/Ed. H. H. Kornhuber, L. Deecke. Amsterdam: Elsevier/North-Holland press, 1980, p. 343—348.
- Näätänen R., Hukkanen S., Järviölehto T.* Magnitude of stimulus deviance and brain potentials.—In: *Progress in brain research*. Vol. 54. Motivation, motor and sensory process of the brain/Ed. H. H. Kornhuber, L. Deecke. Amsterdam: Elsevier/North-Holland press, 1980, p. 337—342.
- Näätänen R., Michie P.* Early selective-attention effects on the evoked potential: A critical review and reinterpretation.—*Biol. Psychol.*, 1979, vol. 8.
- Näätänen R., Sams M.* Orienting and event-related brain potentials.—In: *Soviet-Finnish symp. psychophysiol. Symp. material*. Helsinki: Publ. Finnish-Soviet Commit. Sci. Technol. cooperat., 1982, N 15, p. 70—78.
- Neisser U.* *Cognitive psychology*. N. Y.: Appleton-Century-Cross, 1966. 351 p.
- Offner F. F.* Stochastic fluctuations explain high membrane sensitivity.—*J. Physiol.*, 1981, vol. 319, p. 28—29.
- Papakostopoulos D., Crow H. J., Cooper K.* Electroencephalographic studies of the somatosensory evoked responses in man.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1975, vol. 38, N 2, p. 215.
- Paul D. D., Sutton S.* Evoked potential correlates of response orientation in auditory signal detection.—*Science*, 1972, vol. 177, p. 362—364.
- Paul D. D., Sutton S.* Evoked potential correlates of psychophysical judgements: the threshold problem.—*Behav. Biol.*, 1973, vol. 9, p. 421—433.
- Petrie A.* *Individuality in pain and suffering*. Chicago: Univ. Chicago press.
- Pflüger E.* *Die sensorischen Functionen der Wirbeltiere*. B., 1853.
- Pieron H.* *La sensation*. P.: Presse univ. France. 1960.
- Popper K. P., Eccles I. C.* *The self and its brain*. B. etc.: Springer Intern., 1977.
- Posner M. I.* *Psychobiology of attention*.—In: *Handbook of psychobiology*/Ed. M. S. Gazzaniga, C. Blakemore. N. Y.: Acad. press, 1975.
- Posner M. I.* *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale; New York: Erlbaum.
- Pribram K. H.* *Conscious and unconscious processes: A neurophysiological and neuropsychological analysis*.—В кн.: *Бессознательное: природа, функция, методы исследования*. Тбилиси: Мецнпнереба, 1978, с. 569—584.
- Pritchard W.* *Psychophysiology of P₃₀₀*.—In: *Psychophysiol. Bull.*, 1981, vol. 89, N 3, p. 506—540.
- Rappaport M., Hopkins H. K., Hall K.* et al. Schizophrenia and evoked potentials: maximum amplitude, frequency of peaks, variability, and phenothiazine effects.—*Psychophysiology*, 1975, vol. 12, p. 196—207.
- Ritter W.* The place of consciousness in brain research.—In: *Multidisciplinary perspectives in event-related brain potential research (EPA—600/9—77—043)*/Ed. D. A. Otto. Wash. (D. C.): Environ. protect. Agency, 1978a.
- Ritter W.* Latency of event-related potentials and reaction time.—In: *Multidisciplinary perspectives in event research (EPA—600/9—77—043)*/Ed. D. A. Otto. Wash. (D. C.): Environ. Protect. Agency, 1978b.
- Ritter W., Vaughan H. G.* Averaged evoked potentials in vigilance and discrimination: a reassessment.—*Science*, 1969, vol. 164, p. 326—328.
- Rockstroh B., Elbert T., Lutzenberger W., Birbaumer N.* The effects of slow cortical potentials on response speed.—*Psychophysiology*, 1982, vol. 19, N 2, p. 211—217.
- Roth W. T., Cannon E. H.* Some features of the auditory evoked responses in schizophrenics.—*Arch. Gen. Psychiat.*, 1972, vol. 27, p. 466—471.
- Saletu B., Saletu M., Itil T. M.* The relationships between psychopathology and evoked responses before, during and after psychotropic drug treatment.—*Biol. Psychiat.*, 1973, vol. 6, p. 45—74.
- Schooler C., Buchsbaum M., Carpenter W. T.* Evoked response and kinesthetic measures of augmenting/reducing in schizophrenics: replications and extensions.—*J. Nerv. and Ment. Disease*, 1976, vol. 163, N 4, p. 221—232.
- Schwent V. L., Hillyard S. A.* Evoked potential correlates of selective attention with multichannel auditory inputs.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1975, vol. 38, p. 131—138.
- Schwent V. L., Hillyard S. A., Galambos R.* Selective attention and the auditory vertex potential. I. Effects of stimulus delivery rate.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1976a, vol. 40, p. 604—614.
- Schwent V. L., Hillyard S. A., Galambos R.* Selective attention and the auditory vertex potential. II. Effects of signal intensity and masking noise.—*Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.* 1976b, vol. 40, p. 615—622.
- Schwent V. L., Snyder E., Hillyard S. A.* Auditory evoked potentials during multichannel selective listening. Role of pitch and localization cues.—*J. Exp. Psychol. Human Percept. and Perform.*, 1976a, vol. 2, p. 313—325.
- Shagass C., Straumanis J. J., Roemer R. A., Amadeo M.* Evoked potentials of schizophrenics in several sensory modalities.—*Biol. Psychiat.*, 1977, vol. 12, p. 221—235.
- Shagass C.* An electrophysiological view of schizophrenia.—*Biol. Psychiat.*, 1976, vol. 11, p. 3—30.
- Shagass C., Ornitz E., Sutton S., Tueting P.* Event-related potentials and psychopathology.—In: *Event-related brain potentials in man*/Ed. E. Callaway et al. N. Y.: Acad. press, 1978, p. 443—496.
- Shucard D. W., Shucard J. L.* Stimulus intensity expectation and visual evoked brain potentials.—*Psychophysiology*, 1978, vol. 15, N 6, p. 522—530.
- Sitaram N., Buchsbaum M., Gillin J.* Physostigmine analgesia and somatosensory evoked responses in man.—*Europ. J. Pharmacol.*, 1977, vol. 42, p. 285.
- Skinner J. E., Yingling C. D.* Central gating mechanisms that regulate event-related potentials and behavior.—In: *Progress in clinical neurophysiology*. Vol. 1. Attention voluntary contraction and event-related potentials/Ed. E. Desmedt. Basel etc.: S. Karger, 1977, p. 30—69.
- Smith E. E.* Choice reaction time: An analysis of the major theoretical position.—*Psychol. Bull.*, 1968, vol. 69, N 2, p. 77—110.
- Soininen K., Järviölehto T.* Are there somatosensory evoked responses to subliminal tactile stimuli?—In: *Soviet-Finnish Symp. psychophysiol. Symp. material*. Helsinki: Publ. Finnish-Soviet Commit. Sci. Technol. cooperat., 1982, N 15.
- Spehlmann R., Norcross K.* Cholinergic mechanisms in the production of total cortical slow waves.—*Experientia*, 1982, vol. 38, N 1, p. 109—111.
- Squires N. K., Donchin E., Squires K. C., Grossberg S.* Bisensory stimulation: Inferring decision related process from the P₃₀₀ component.—*J. Exp. Psychol., Human Percept. and Perform.*, 1977, vol. 3, p. 299—315.
- Squires C., Hillyard S. A., Lindsay P. H.* Cortical potentials evoked by confirming and disconfirming feedback following an auditory discrimination.—*Percept. and Psychophys.*, 1973, vol. 13, p. 25—31 (a).
- Squires K. C., Hillyard S. A., Lindsay P. H.* Vertex potentials evoked during auditory signal detection: Relation to decision criteria.—*Percept. and Psychophys.*, 1973, vol. 14, p. 265—272 (b).

- Squires K., Petuchowski S., Wickens Chr., Donchin E.* The effects of stimulus sequence on evoked related potentials: A comparison of visual and auditory sequences.— *Percept. and Psychophys.*, 1977, vol. 22 (1), p. 31—40.
- Squires K. C., Squires N. K., Hillyard S. A.* Decision-related cortical potentials during an auditory signal detection task with cued observation intervals.— *J. Exp. Psychol., Human Percept. and Perform.*, 1975, vol. 1, p. 268—279.
- Sternberg S.* The discovery of processing stages: extension of Donder's method.— *Acta psychol.*, 1969, vol. 30, p. 276—315.
- Sternberg S.* Memory — scanning: mental processes revealed by reaction time experiments.— *Amer. Sci.*, 1969, vol. 57, p. 421—457.
- Stevens S. S.* On the psychophysical law.— *Psychol. Rev.*, 1957, vol. 64, p. 153—181.
- Stroh C. M.* *Vigilance: The problem of sustained attention.* Oxford: Pergamon press, 1971. 106 p.
- Sutton S.* The specification of psychological variables in an average evoked potential experiment.— In: *Average evoked potentials*/Ed. E. Donchin, D. B. Lindsay. Wash. (D. C.): Gov. Print. Office, 1969.
- Sutton S.* P₃₀₀-thirteen years later.— In: *Evoked brain potentials and behavior*/Ed. H. Begleiter. N. Y.: Plenum press, 1979, p. 107.
- Sutton S., Brazen M., Zubin J., John E. R.* Evoked potential correlated of stimulus uncertainty.— *Science*, 1965, vol. 150, p. 1187—1188.
- Sutton S., Tueting P.* Evoked potentials and diagnosis.— In: *Critical issues in psychiatric diagnosis*/Ed. R. L. Spitzer, D. Klein. N. Y.: Raven press, 1978, p. 265—279.
- Sutton S., Tueting P., Zubin J., John E. R.* Information delivery and the sensory evoked potential.— *Science*, 1967, vol. 155, p. 1436.
- Tanner W.* Theory of recognition: Signal detection theory by human observer/Ed. J. Swets. N. Y. etc., 1964.
- Tanner W., Swets J.* A decision-making theory of visual detection.— *Psychol. Rev.*, 1954, vol. 61, p. 401—409.
- Thurstone L. L.* Psychophysical analysis.— *Amer. J. Psychol.*, 1927, vol. 38, p. 368—389.
- Thurstone L. L.* Psychophysical methods.— In: *Methods of psychology*/Ed. T. G. Andrews. N. Y.: Wiley, 1948.
- Timsit-Berthier M., Geronio A.* Late components of the auditory evoked response in schizophrenics.— In: *Human evoked potentials: Applications and problems*/Ed. D. Lehman, E. Callaway. N. Y.; L.: Plenum press, 1979. p. 476.
- Uttal W. R.* The psychobiology of sensory coding. N. Y.: Harper and Row, 1973.
- Van Voorhis S., Hillyard S. A.* Visual evoked potentials and selective attention to points in space.— *Percept. and psychophys.*, 1977, vol. 22, p. 54—62.
- Velasco M., Velasco F., Maldonado H., Machado J. P.* Different effect of thalamic and subthalamic lesions on early and late components of the somatic evoked potentials in man.— *Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1975, vol. 39, N 2, p. 163—171.
- Velasco M., Velasco F., Olvera A.* Effect of task relevance and selective attention in components of cortical and subcortical evoked potentials in man.— *Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1980, vol. 48, N 4, p. 377—386.
- Walter W. G.* Slow potential changes in the human brain associated with expectancy, decision and intention.— *Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.*, 1967, vol. 26, suppl., p. 123—130.
- Weber E. H.* The sense of touch. L.: Send. press, 1978. 278 p.
- Welford A. T.* Stress and performance.— *Ergonomics*, 1973, vol. 16, p. 11—23.
- Vingling C. D., Skinner J. E.* Gating of thalamic input to cerebral cortex by nucleus reticularis thalami.— In: *Progress in clinical neurophysiology. Vol. 1. Attention, voluntary contraction and event-related potentials*/Ed. I. E. Desmedt. Basel etc.: S. Karger, 1977, p. 70—96.
- Zahn T. P.* Psychophysiological concomitants of task performance in schizophrenia.— In: *Experimental approaches to psychopathology*/Ed. M. Kietzman et al. N. Y.: Acad. press, 1975, p. 109.
- Zubin J.* Problem of attention in schizophrenia.— In: *Experimental approaches to psychopathology*/Ed. K. Keitzman et al. N. Y.: Acad. press. 1975, p. 139.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. ОСОБЕННОСТИ ПСИХИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ОТРАЖЕНИЯ. ПСИХИКА И ИНФОРМАЦИЯ	3
Глава первая	
ПРОБЛЕМА «МОЗГ И ПСИХИКА» В ИСТОРИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЕЙ И ПСИХОЛОГИЕЙ	13
Глава вторая	
КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО СИНТЕЗА ФИЗИЧЕСКИХ И СИГНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СТИМУЛА	25
Глава третья	
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПСИХОЛОГИИ О СТРУКТУРЕ И МЕХАНИЗМАХ ВОСПРИЯТИЯ. ТЕОРИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА	38
Глава четвертая	
ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ СЕНСОРНО-ПЕРЦЕПТИВНОГО ПРОЦЕССА	47
Глава пятая	
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВОСПРИЯТИЯ	95
Глава шестая	
ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМИ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ВОСПРИЯТИЯ У БОЛЬНЫХ ШИЗОФРЕНИЕЙ	120
Глава седьмая	
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ	142
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	178
ЛИТЕРАТУРА	190

Алексей Михайлович Иванчиккий, Валерия Борисовна Стрелец,
Игорь Анатольевич Корсаков

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ МОЗГА И ПСИХИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Утверждено к печати Научным советом по проблеме «Физиология человека и животных»

Редактор издательства *Е. А. Колпакова*. Художник *Е. В. Кашутин*
Художественный редактор *Н. И. Власик*. Технический редактор *Т. А. Калинина*
Корректоры *Л. И. Кириллова, Ю. Л. Косорыгин*

ИБ № 27800

Сдано в набор 9.01.84. Подписано к печати 16.03.84. Т-05627. Формат 60x90/16
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура литературная. Печать высокая
Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 14,2. Усл. кр. отт. 12,75. Тираж 3600 экз. Тел. авт. 4837
Цена 1 р. 40 к.

Издательство «Наука». 117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
2-я типография издательства «Наука». 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10