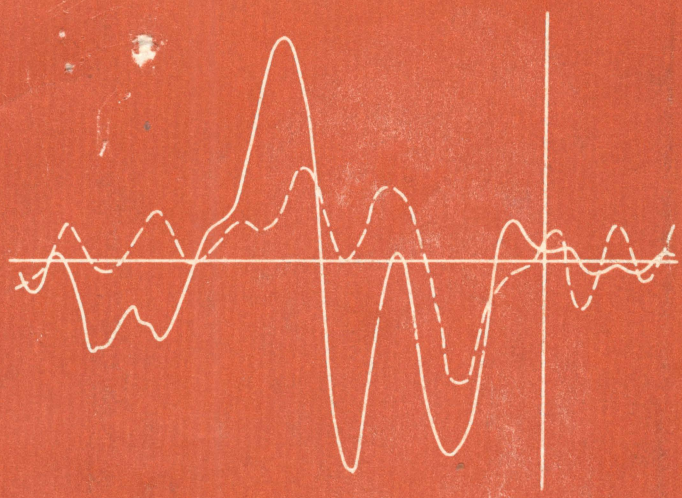


159,91
798

ИТАИ

ЭЭГ

И НЕЙРОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ В ПСИХО- ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ



«Наука»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ

ЭЭГ И НЕЙРОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ В ПСИХО- ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ответственные редакторы

доктор медицинских наук

В. Б. ШВЫРКОВ

доктор психологических наук

В. М. РУСАЛОВ

кандидат медицинских наук

Д. Г. ШЕВЧЕНКО



МОСКВА

«НАУКА»

1987

159,91
398

В основу монографии легли материалы симпозиума по психофизиологии (Хельсинки, май 1985 г.). Книга посвящена актуальной проблеме — изучению поведения и психики животных и человека объективными методами, среди которых особое место занимает регистрация импульсной активности отдельных нейронов в суммарной биоэлектрической активности (ЭЭГ). Проблемы организации импульсной активности в поведении, генеза биоэлектрической активности и отдельных компонентов медленных потенциалов мозга, соотношения структуры деятельности и основных электрографических феноменов, применения ЭЭГ в психофизиологических исследованиях — таков основной круг проблем, рассматриваемых авторами.

Для психологов, психофизиологов, нейрофизиологов.

Рецензенты

Т. Н. УШАКОВА, К. К. МОНАХОВ.

13324



2. Ломов Б. Ф. Проблема социального и биологического в психологии // Биологическое и социальное в развитии человека. М.: Наука, 1977. С. 34—65.
3. Маркман В. Г. Пространственное распределение изменений альфа-ритма при его произвольной регуляции // Физиология человека. 1981. Т. 7, № 2. С. 289—294.
4. Небылицын В. Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. М.: Наука, 1976.
5. Николаенко М. Г., Бодунов М. В. Параметры динамики пространственно-временной согласованности ЭЭГ как индикаторы готовности к деятельности // Вопросы кибернетики: Эффективность деятельности оператора. М.: АН СССР, 1982. С. 156—162.
6. Русалов В. М. Биологические основы индивидуально-психологических различий. М.: Наука, 1979.
7. Русалов В. М., Бодунов М. В. О факторной структуре интегральных электроэнцефалографических параметров человека // Психофизиологические исследования интеллектуальной саморегуляции и активности. М.: Наука, 1980. С. 94—113.
8. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. М.: Мир, 1979.
9. Черниговская Н. В. Проблема адаптивного биорегулирования физиологических функций человека и ее клиническое значение // Физиология человека. 1976. Т. 2, № 3. С. 496—506.
10. Peper E. Feedback regulation of the alpha electroencephalogram activity through Control of the Internal and External Parameters // Kybernetik. 1970. Vol. 33. P. 107—112.
11. Plotkin W. B. The alpha experience revisited: Biofeedback in the transformation of psychological state // Psychol. Bull. 1979. Vol. 86. P. 1132—1148.

СТРУКТУРА ЭЭГ-АКТИВНОСТИ ПРИ ПЕЧАТАНИИ ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА ПИШУЩЕЙ МАШИНКЕ

Б. Н. Безденежных, А. Х. Пашина

Институт психологии АН СССР

Любой подход к психологическому исследованию деятельности в силу сложности и многоаспектности последней вынужден ограничиваться анализом лишь определенного круга ее аспектов при абстрагировании от других. Тем не менее каждый из этих подходов «имеет, конечно, право на существование; каждый дает ценные научные результаты» [12, с. 216].

О месте психофизиологии в изучении деятельности существует единое мнение, которое можно выразить следующими словами: «За деятельностью и регулируемыми ее психическими образами открывается грандиозная физиологическая работа мозга. Это и ставит проблему перехода от анализа деятельности к анализу реализующих ее мозговых процессов» [11, с. 115]. Однако вопрос, в чем конкретно заключается изучение этих мозговых процессов, еще не имеет однозначного ответа. В настоящее время основным (если не единственным) методом изучения мозговых процессов, лежащих в основе деятельности, является сопоставление электрической активности мозга с внешними проявлениями

этой деятельности. Отсюда ясно, что конкретизация данного вопроса будет зависеть от описания деятельности и выделения ее структурных элементов в рамках решаемых психофизиологическими методами. С позиции теории функциональных систем П. К. Анохина структура деятельности представлена иерархически организованными функциональными системами разного уровня сложности в их взаимодействии, где каждая система имеет инвариантные свойства, т. е. характеризуется «неразрывностью всех аспектов психического и универсальной структурой организации» [16, с. 72].

Результатом взаимодействия одноуровневых систем является смена одной системы на другую, что на поведенческом уровне проявляется как последовательность внешне наблюдаемых простых или сложных двигательных актов, причем последовательная смена реализаций функциональных систем одного уровня контролируется функциональными системами более высокого иерархического уровня.

Поскольку любая деятельность, рассматриваемая как активное взаимодействие человека с предметной средой, «содержит в явном или скрытом виде реальное движение» [6, с. 33], то разумно предположить, что каждая функциональная система, являющаяся структурным элементом деятельности, имеет свое двигательное проявление. Это обосновано еще и тем, что функциональные системы в своей эволюции проходят стадию целостного поведения и, включившись в межсистемные отношения, сохраняют индивидуальные характеристики, в том числе и двигательное проявление [17].

Следовательно, одной из задач психофизиологического изучения деятельности является анализ ЭЭГ-активности в сопоставлении с двигательными проявлениями функциональных систем, составляющих эту деятельность.

Нам представляется, что для решения вопроса необходима такая экспериментальная модель деятельности, в которой можно легко контролировать с помощью двигательных показателей функциональные системы разных уровней, устойчиво и закономерно реализующихся при многократном повторении деятельности. Печатание предложения на пишущей машинке представляет в этом плане удобную модель деятельности. По двигательным показателям в ней можно выделить, во-первых, последовательные поведенческие акты напечатания отдельных букв и, во-вторых, группирование этих актов в более крупные единицы [14, 21, 28], отражающие реализацию систем более высокого иерархического уровня. Задача настоящей работы заключается в выяснении вопроса, каким образом отражаются в ЭЭГ-активности реализация и взаимодействие функциональных систем разного иерархического уровня, составляющих деятельность напечатания определенной фразы.

Методика

Опыты были проведены на 6 испытуемых обоего пола в возрасте от 18 до 35 лет, ранее не владевших навыком печатания на

машинке. От испытуемых требовалось печатать предложение указательным пальцем правой руки как можно быстрее и без ошибок, замеченные ошибки (нажатие не той буквы, пропуск буквы и т. д.) не исправлять, а продолжать печатать. Согласно инструкции испытуемые не делали пропуска между словами, чтобы не акцентировать на них внимание; после каждого предложения они переводили каретку. Печатаемый текст был закрыт, и испытуемые могли видеть только клавиатуру.

Перед основной серией экспериментов, которая состояла из 10 опытов, проводилась тренировочная серия, во время которой испытуемые совершенствовали навык печатания предложения, а также обучались сидеть при печатании расслабленно и по возможности не двигать головой. В каждом опыте испытуемые печатали предложение 180 раз с 15-минутными перерывами через каждые 60 напечатаний. В день на каждом испытуемом проводился один опыт, после которого он давал свободный отчет.

Нажатие каждой клавиши (актограмму — АКГ) регистрировали фотоэлектрическим методом. Для контроля за движениями глаз регистрировали электроокулограмму (ЭОГ) по стандартной методике: горизонтальная составляющая отводилась между электродами, расположенными на наружных углах обеих глазниц, вертикальная составляющая — между электродами, расположенными на верхней и нижней части одной глазницы по центру глаза. ЭЭГ отводилась монополярно от точек $F-3$, $F-4$, $P-3$, $P-4$ или C_z (по международной системе 10-20), референтным электродом служил объединенный ушной электрод.

Регистрируемые АКГ, обе составляющие ЭОГ и все отведения ЭЭГ усиливали на 8-канальном энцефалографе и записывали на магнитную ленту. Постоянная времени регистрирующей системы — 2 с, верхняя граница полосы пропускания — 1 кГц.

Результаты обрабатывались методом усреднения на лабораторной мини-ЭВМ при воспроизведении магнитной записи. В усреднение брались безартефактные записи, соответствующие напечатанию предложения. Для актографических показателей строились распределения времени напечатания каждой буквы, определяемого интервалом между моментами нажатия предшествующей и данной букв; определялась средняя величина этого времени и стандартное отклонение. Усреднение ЭЭГ проводили несколькими способами: 1) от момента начала идентифицированного саккадического движения глаз (т.е. движения глаз на определенную букву на клавиатуре) усреднялись фрагменты ЭЭГ по 500 мс в обе стороны от точки усреднения; 2) от момента нажатия определенной буквы усреднялись фрагменты ЭЭГ по 500 мс в обе стороны от точки усреднения; 3) от момента нажатия буквы в правую сторону усредняли фрагменты ЭЭГ длительностью, равной среднему интервалу между моментами нажатия данной и последующей буквы. Затем усредненные от каждой буквы фрагменты ЭЭГ последовательно составлялись в соответствии с последовательностью нажимаемых букв, и таким образом получалась усредненная ЭЭГ, соответст-

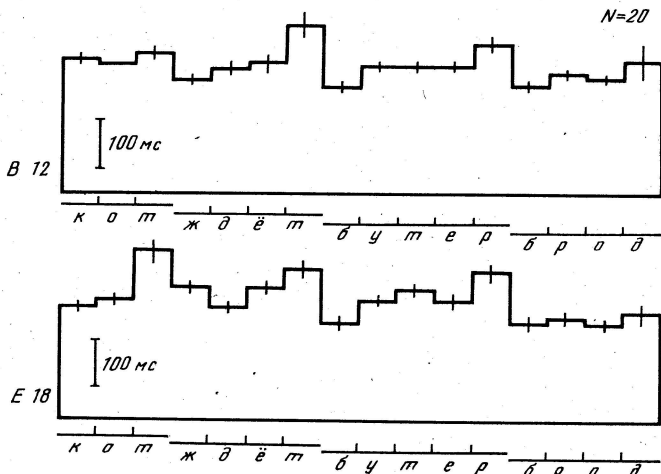


Рис. 1. Гистограммы временных интервалов между последовательно нажимаемыми буквами для испытуемых В (опыт 12) и Е (опыт 18). Величина дисперсий отмечена вертикальными штрихами

вующая напечатанию предложения. Таким же образом обрабатывались обе составляющие ЭОГ.

Результаты

Анализ актограммы. В настоящей работе анализируются результаты основной серии экспериментов, в которой скорость напечатания предложения стабилизировалась. Анализ показал, что временные интервалы между последовательно нажимаемыми буквами стабильны и временной паттерн напечатания предложения, представленный последовательностью времен напечатания букв, носит индивидуальный характер (рис.1). Тем не менее временные паттерны напечатания предложения у всех испытуемых имели общую закономерность, а именно: время напечатания последней буквы в слове больше чем время напечатания остальных букв слова ($p \leq 0,05$ по t -критерию Стьюдента).

При нажатии ошибочной буквы время напечатания последующей буквы, как и по данным других авторов [25], достоверно увеличивалось (рис.2).

Соотношение электроокулографических и актографических показателей. Направление каждого саккадического движения глаз в процессе напечатания предложения легко удавалось идентифицировать, используя калибровочные ЭОГ-показатели при контрольном последовательном просмотривании испытуемым букв печатаемого предложения на клавиатуре. Обнаружено, что каждое саккадическое движение глаз с последующей фиксацией взгляда на определенной букве происходит перед или во время нажатия предшествующей буквы (рис. 2). В случае совершения ошибки испытуемые (согласно их отчетам) непосредственно перед нажатием видели, что «нажмут не ту букву», но исправить ошибку уже не

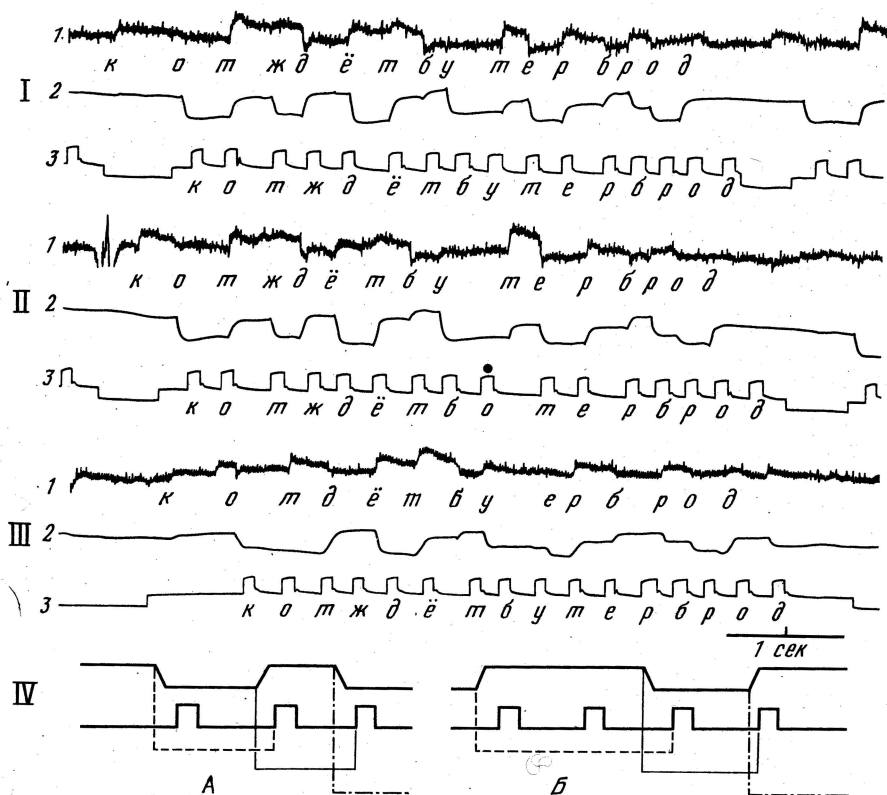


Рис. 2. Соотношение ЭОГ- и АКГ-показателей при печатании предложения
 1 — вертикальная составляющая ЭОГ; 2 — горизонтальная составляющая ЭОГ (идентифицированные саккады помечены буквами между записями); 3 — АКГ (отклонение вниз — перевод каретки, отклонение вверх — нажатие буквы). Одиночные записи иллюстрируют: I — саккады на каждую букву; II — ошибочное нажатие (отмечено точкой); III — пропуск саккад на буквы «ж» (ждет), «т» (бутерброд); IV — схема соотношений последовательно реализуемых систем напечатания букв; А и Б — последовательно реализуемые системы

могли. В начале основной серии саккадические движения глаз и фиксация взора происходили на каждую букву. В последних же экспериментах этой серии испытуемые периодически «пропускали» саккадические движения и фиксацию взора на некоторые буквы предложения, а именно: перед нажатием определенной буквы саккадическое движение с последующей фиксацией взора совершалось не на следующую букву, а на букву, которая будет напечатана через одну, а в некоторых случаях — через две буквы (рис. 2, III).

Сопоставление ЭЭГ-потенциалов с ЭОГ- и АКГ-показателями. При усреднении ЭЭГ от начала саккадического движения глаз на букву выявляется потенциал (рис. 3, 4), который по компонентному составу и времени пика каждого основного компонента сходен с описанным многими авторами лямбда-потенциалом [22,29].

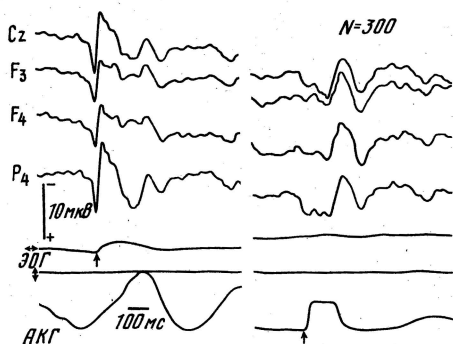


Рис. 3. Потенциалы, усредненные от начала саккады (левый столбик) и от момента нажатия на букву (правый столбик) у испытуемого *E*

Точка усреднения отмечена стрелкой

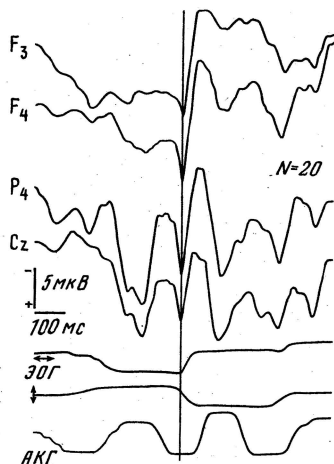


Рис. 4. Потенциалы, усредненные от начала саккады у испытуемого *B*

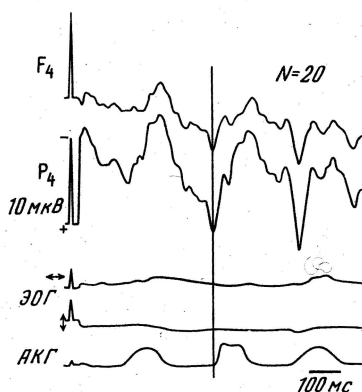


Рис. 5. Потенциалы, усредненные от момента нажатия на букву у испытуемого *B*

В среднем за 20 мс до саккадического движения развивается передний фронт позитивного компонента Π_1 . Саккадическое движение глаз совершается во время развития потенциала от пика Π_1 и до пика негативного компонента Π_2 ; в некоторых случаях завершению саккады соответствует осложняющий Π_1 низкоамплитудный позитивный компонент. После Π_2 развивается позитивный компонент Π_3 с латентным временем пика 120—150 мс от начала саккады. В интервале между Π_1 и Π_2 происходит нажатие на предшествующую букву. Переносу руки на следующую букву соответствует двухкомпонентный потенциал, сходный с описанным в литературе моторным потенциалом [3]. Этот потенциал состоит из двух негативных колебаний и наиболее выражен при усреднении от нажатия на букву (рис. 3, 5). Следует отметить, что в лобных отведениях последовательность описанных потенциалов представляет собой негативную волну, которая развивается от начала саккады на одну букву до начала саккады на следующую букву (рис. 4). В задних отведениях эта негативная волна практически не выражена из-за большой амплитуды позитивных колебаний.

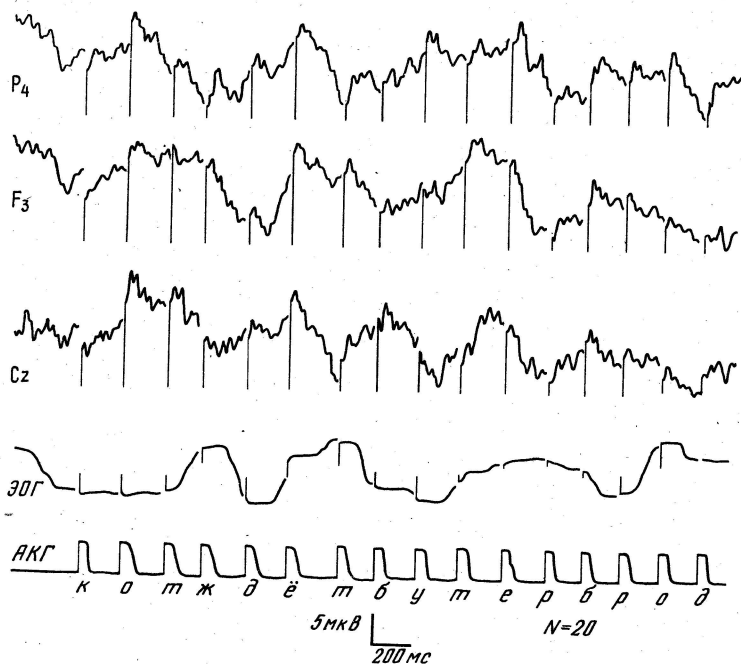


Рис. 6. Усредненные ЭЭГ и горизонтальная составляющая ЭОГ, соответствующие напечатанию предложения

Точки составления усредненных фрагментов отмечены вертикальными линиями

В усредненной ЭЭГ, соответствующей реализации всей деятельности напечатания предложения, выявляются медленные негативные волны. В разных отведениях эти негативные волны могут быть как синхронными, так и несинхронными. Как оказалось, негативные волны стабильны и от опыта к опыту они объединяют разные последовательности печатаемых букв. Однако в одном или нескольких отведениях у испытуемых во всех опытах имеют место негативные волны, соответствующие напечатанию каждого слова в предложении. Так, на рис. 6 видно, что в отведении $P-4$ негативные волны соответствуют целым словам «кот», «ждёт» и «бутерброт», в $F-3$ — негативные волны выявляются над словами «бутер» и «брод» и в C_2 -над словами «кот» и «ждёт». Следует отметить, что максимум негативной волны соответствует нажатию предпоследней буквы. Помимо этих волн, выявляются и другие негативные волны, которые объединяют разные комбинации букв, например, «котжд» и «дётб» — в $F-3$ или «тбу» «утер» и «рброд» — в $P-3$, однако волны над этими комбинациями носят случайный характер. Из всех негативных волн, просчитанных для испытуемых по всем опытам, негативные волны над словами встречаются от 66 до 77% по разным отведениям.

Обсуждение

Как следует из экспериментов, быстрому переносу пальца с одной буквы на другую предшествует саккадическое движение глаз, т.е. напечатание буквы в данных условиях можно отнести к категории быстрых точностных движений руки, которые были подробно изучены многими авторами [5; 6; 14]. Основным признаком быстрого точностного движения руки на мишень является то, что оно начинается только со стартовой позиции и отрыву руки от стартовой позиции предшествует саккадическое движение глаз на эту мишень. Причем, как было показано, именно саккадическое, а не плавное движение глаз обеспечивает точное попадание в мишень быстро движущейся руки [19]. И, как считает Ю. Б. Гиппенрейтер, «основная работа по подготовке точностного движения совершается в период подготовки скачка глаз» [5, с. 125]. Исходя из вышесказанного, можно заключить, что реализация функциональной системы напечатания буквы в наших опытах начинается в момент осуществления саккадического движения глаз на эту букву и завершается непосредственно нажатием на нее (рис. 2, I). Однако иногда саккадическое движение глаз с последующей фиксацией взора может осуществляться на букву, которая будет нажата только через одну или даже две предшествующие ей буквы (рис. 2, III). В этих случаях перенос пальца и нажатие на данные предшествующие буквы происходит без предваряющего саккадического движения глаз и фиксации взора на них. Возможность диссоциации в координации движений глаз и руки дает основание предполагать, что функциональная система напечатания буквы состоит по крайней мере из двух идентифицированных субсистем — саккадического движения глаз и фиксации взора на букве и быстрого переноса пальца с последующим нажатием на эту букву. Как видно из рис. 2, IV последовательная реализация функциональных систем напечатания букв осуществляется таким образом, что реализация каждой последующей системы начинается на фоне завершения предшествующей.

Реализация функциональной системы напечатания слова представлена в виде последовательной реализации функциональных систем напечатания букв. Согласно данным разных авторов, при выполнении последовательных двигательных актов испытуемые группируют их в более крупные единицы или группы [4, 14, 21, 28]. Одним из показателей группирования является временной показатель, а именно: время выполнения поведенческих актов внутри группы меньше, чем временные интервалы между группами [14, 28]. Отдельная группа последовательных двигательных актов выражает «смысловую» сторону движений [4] и, как предполагают [14, 26], имеет единую программу, которая контролирует последовательность входящих в нее поведенческих актов. В наших экспериментах напечатание последней буквы слова группируется с напечатанием букв последующего слова. Отсюда, если признать инвариантность взаимодействия последовательно реализующихся одноуровневых систем, то можно заключить, что, как и в случае

с последовательной реализацией систем напечатания букв, развитие системы напечатания слова начинается на завершающих этапах реализации системы напечатания предшествующего слова. Следует также отметить, что на обоих иерархических уровнях предшествующая система представлена в последующей в виде своей подсистемы, причем эта подсистема реализуется до начала функционирования исполнительных механизмов последующей системы, т. е. во время ее переходных процессов. Так, система напечатания буквы представлена в системе напечатания последующей буквы своей подсистемой — переносом руки и нажатием на букву. Поскольку ошибочное нажатие в предшествующем поведенческом акте напечатания буквы ведет к увеличению времени напечатания последующей буквы, то можно считать, что параметры результата предшествующего поведенческого акта и субъективный отчет о нем оказывают влияние на развитие переходных процессов следующего поведенческого акта. Феномен влияния предшествующего действия на последующее описан многими авторами [7, 25], и его можно считать закономерным при выполнении последовательных действий. При последовательной реализации функциональных систем напечатания слов предшествующая система представлена в переходных процессах последующей также своей подсистемой — напечатанием последней буквы — и тем самым оказывает влияние на ее исполнительные механизмы, проявляющиеся в том или ином временном паттерне напечатания слова [20, 26—28]. Следует отметить, что феномен перекрытия последовательно реализующихся систем был выявлен и на нейрональном уровне. Так, в экспериментах на кроликах в условиях сложного пищедобывательного поведения показано, что часть нейронов из системы будущего акта может активироваться во время предыдущего поведения [17]. Нам представляется, что феномен перекрытия систем является закономерным и требует дополнительных исследований.

Все вышесказанное позволяет перейти к анализу ЭЭГ не только путем сопоставления ее с реализацией той или иной системы, но и с учетом предполагаемых межсистемных отношений. Кроме того, если признать инвариантность операциональной архитектоники функциональных систем [2], то, по-видимому, можно предположить, что реализации системы любого уровня сложности должны соответствовать некоторые общие феномены в ЭЭГ-активности.

Согласно нашим данным, основным и наиболее устойчивым феноменом в ЭЭГ-активности являются негативные волны, соответствующие как системе напечатания отдельного слова, так и системе напечатания отдельной буквы. Каждая негативная волна развивается из позитивного потенциала; в процессе реализации функциональной системы она достигает максимума и затем переходит в позитивный потенциал.

Негативные колебания ЭЭГ имеют самую разнообразную теоретическую трактовку (см., например 9; 10). Многочисленными экспериментальными исследованиями показано, что при негативном отклонении ЭЭГ испытуемые решают экспериментальные

задачи эффективнее и быстрее, чем при ее позитивном отклонении или неизменном среднем уровне [24] и чем больше амплитуда негативного отклонения, развивающегося после предупреждающего сигнала, тем более быстрое время реакции на детерминирующий сигнал [18]. С упрочением поведенческого акта амплитуда негативного колебания возрастает при выполнении этого акта [15]. Внешние помехи приводят к снижению амплитуды негативного отклонения, к отвлечению внимания и нарушению реализации поведения [23]. На нейрональном уровне развитию негативной волны соответствует увеличение количества выторженных нейронов [13]. Между негативными волнами развиваются позитивные потенциалы, которым соответствует смена активирующихся нейронов, т. е. прекращение активаций одних нейронов перекрывается началом активаций других [1].

Все эти факты говорят о том, что разные фазы развития негативной волны отражают разные этапы развития определенной системы и динамику ее взаимодействия с другими системами.

Рассмотрим отражение в ЭЭГ-активности развитие системы напечатания слова. Поскольку напечатание последней буквы слова группируется с напечатанием букв последующего слова, то, по-видимому, задний фронт негативной волны, развивающийся в интервале между нажатиями предпоследней буквы предшествующего и первой буквы последующего слов, отражает взаимодействие предшествующей системы, представленной подсистемой напечатания последней буквы с извлекаемыми из памяти подсистемами напечатания всех букв следующего слова в их последовательности. Тот факт, что перед напечатанием слова из памяти извлекаются системы напечатания всех букв слова, подтверждается результатами исследований Ивашкина [8], согласно которым при печатании на машинке и работе на линотипе испытываемые в 40% случаев совершали ошибки опережающего характера, заключающиеся в преждевременном напечатании букв. Причинами остальных типов ошибок было несовершенство или нарушение координации движений. Еще одним подтверждением этого факта и предполагаемого нами механизма межсистемного взаимодействия являются работы Шаффера [25, 26], Гентнера [20] и других авторов, которые обнаружили зависимость временного паттерна напечатания слова как от «контекста справа и слева». Развитие переднего фронта негативной волны соответствует последовательная реализация систем напечатания букв слова. Как показано в работе Александрова и Максимовой [1], смена систем более низких иерархических уровней приводит к смене систем более высоких уровней иерархии. В наших исследованиях смена систем напечатания слов начинается после реализации системы напечатания предпоследней буквы. К этому времени негативная волна достигает своего максимума и реализация системы напечатания последней буквы происходит уже во взаимодействии с извлекаемыми из памяти системами напечатания букв следующего слова.

Наличие во фронтальных отведениях негативной волны, развивающейся между двумя последовательными саккадическими движениями глаз, является еще одним доказательством существования системы напечатания буквы в выявляемом по двигательным показателям интервале. Сложный многокомпонентный потенциал, который наиболее выражен в задних отведениях и соответствует реализации системы напечатания буквы, можно объяснить наличием в этой системе предполагаемых нами двух subsystem. Предшествующая саккадическому движению глаз негативация и передний фронт позитивности Π_1 , по-видимому, отражают формирование системы напечатания последующей буквы. Реализация системы начинается с развитием негативации между пиками Π_1 и H_1 , во время которой совершается саккадическое движение глаз на букву. Задний фронт негативного колебания H_1 и передний фронт Π_2 можно соотносить с мобилизацией исполнительных механизмов движения руки на данную букву. Развитие в некоторых случаях позитивности Π_3 , по-видимому, связано с неоднородностью точностного движения [6] и отражает смену одной фазы движения на другую.

Значительная вариативность по отведениям от опыта к опыту негативных волн, связанных с напечатанием слов по сравнению с ЭЭГ-паттерном, соответствующим напечатанию буквы, по-видимому, говорит о том, что мозговые процессы, лежащие в основе функциональных систем напечатания слов, более вариативны, чем процессы, обеспечивающие функциональные системы напечатания букв. Однако этот вопрос требует дополнительного изучения. Предстоит также изучить вопрос о наличии в ЭЭГ и других негативных волн, которые связаны со случайными комбинациями печатаемых букв.

Заключение

Для изучения мозговых процессов, лежащих в основе деятельности печатания предложения, проводилось сопоставление ЭЭГ-активности, отводимой от 4 точек скальпа, с двигательными показателями иерархически организованных функциональных систем, являющихся структурными компонентами этой деятельности. Показано, что в структуре данной деятельности между последовательно реализующимися функциональными системами одного поведенческого уровня (напечатания букв, напечатания слов) существует следующее взаимодействие: формирование и начало реализации определенной системы происходит одновременно с завершением реализации предшествующей системы. Причем предшествующая функциональная система представлена в последующей в виде одной из своих subsystem: так система напечатания буквы представлена subsystemой переноса руки и нажатия на эту букву в системе напечатания последующей буквы, а система напечатания слова представлена subsystemой напечатания последней буквы в системе напечатания последующего слова.

В ЭЭГ-активности выделены негативные волны, которые соответствуют реализации систем рассматриваемых поведенческих уровней. Предполагается, что передний фронт такой негативной

волны соответствует последовательной реализации субсистем определенной системы, а задний фронт отражает взаимодействие этой системы, представленной своей субсистемой, с извлекаемой из памяти последующей системой того же поведенческого уровня. Вариативность негативных волн по отведениям зависит от иерархического уровня реализующейся системы — чем выше ее иерархический уровень, тем больше эта вариативность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И. О., Максимова Н. Е. Функциональное значение колебания R^{300} // Психол. журн. 1985. Т. 6, № 2. С. 86—95.
2. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональной системы // Избр. тр. М.: Наука, 1978.
3. Базылевич Т. Ф. Моторные вызванные потенциалы в дифференциальной психофизиологии. М.: Наука, 1983.
4. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966.
5. Гиппенрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза. М.: Изд-во МГУ, 1978.
6. Гордеева Н. Д., Зинченко В. П. Функциональная структура действия. М.: Изд-во МГУ, 1982.
7. Заракровский Г. М. Психофизиологический анализ трудовой деятельности. М.: Наука, 1966.
8. Ивашкин В. С. Оперативная преднастройка действий как один из механизмов саморегуляции психической деятельности // Вопросы математического моделирования и структурного исследования психической деятельности. Владимир, 1974. С. 43—68.
9. Кануников И. Е. Условная негативная волна (CNV) как электрофизиологический показатель психической деятельности: Сообщ. I: Феноменология CNV // Физиология человека. 1980. Т. 6, № 3. С. 505—519.
10. Кануников И. Е. Условная негативная волна (CNV) как электрофизиологический показатель психической деятельности: Сообщ. II: Психофизиол. значимость и нейрогенез CNV // Физиология человека. 1980. Т. 6. № 3. С. 520—530.
11. Леонтьев А. Н. О значении предметной деятельности для психологии. Тез. докл. XX Междунар. психол. конгр. М.: МГУ, 1972. С. 115.
12. Ломов Б. Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
13. Ройтбак А. И. К вопросу о происхождении отрицательных сдвигов потенциалов поверхности коры // Функциональное значение электрических процессов головного мозга. М.: Наука, 1977. С. 357—362.
14. Рокотова Н. А., Бережная Е. К., Богина И. Д., Горбунова И. М., Роговенко Е. С. Моторные задачи и исполнительная деятельность. Л.: Наука, 1971.
15. Швырков В. Б. Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М.: Наука, 1978.
16. Швырков В. Б. На пути к психофизиологической теории поведения // Психол. журн. 1982. Т. 3, № 2. С. 70—88.
17. Швырков В. Б. Системная детерминация активности нейронов в поведении // Успехи физиол. наук. 1983. Т. 14, № 1. С. 45—66.
18. Brunia C. H. M., Vingerhoets A. J. J. CNV and EMG preceding a plantar flexion of the foot // Biol. Psychol. 1980. Vol. 11, N 3/4. P. 181—191.
19. Festinger L., Canon L. Information about spatial location based on knowledge about efference // Psychol. Rev. 1965. Vol. 72, N 5. P. 373—384.
20. Gentner D. R. Evidence against a central control model of timing in typing // J. Exp. Psychol.: Human Percept. and Perform. 1982. Vol. 8, N 6. P. 793—810.
21. Lashley K. S. The problem of serial order in behaviour // Cerebral mechanisms in behaviour. N. Y.: Acad. press, 1951. P. 112—136.
22. Marton M., Szirtes J., Donauer N. A comparative study of averaged lambda potentials in man and monkey // Psychophysiology. Jena; Amsterdam etc.: Elsevier, 1983. P. 379—389.

23. McCallum W. C., Grey Walter W. The effect of attention and distraction on the contingent negative variation in normal and neurotic subjects // *Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol.* 1968. Vol. 25, N 4. P. 319—329.
24. Rocstroh B., Elbert Th., Lutzenberger W., Birdbaumer N. The effect of slow cortical potentials on response speed // *Psychophysiology.* 1982. Vol. 19, N 2. P. 211—217.
25. Shaffer L. H. Control processes in typing // *Quart. J. Exp. Psychol.* 1975. Vol. 27, N 3. P. 419—432.
26. Shaffer L. H. Timing in the motor programming of typing // *Ibid.* 1978. Vol. 30, N 2. P. 333—345.
27. Terzuolo C. A., Vivian P. Determinants and characteristics of motor patterns used for typing // *Neuroscience.* 1980. Vol. 5, N 6. P. 1085—1103.
28. Thomas E. A. C., Jones R. G. A model for subjective grouping in typewriting // *Quart. J. Exp. Psychol.* 1970. Vol. 22, N 2. P. 353—367.
29. Yagi A. Averaged cortical potentials (lambda responses) time-locked to onset and offset of saccades // *Physiol. Psychol.* 1981. Vol. 9, N 3. P. 318—320.

МЕТОД АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ОРГАНИЗАЦИИ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ ПО ДАННЫМ ЭЭГ

В. А. Денисов

Институт психологии АН СССР

В работе обсуждаются результаты использования метода анализа ЭЭГ в инженерно-психологических исследованиях информационного взаимодействия человека и техники. Использование, помимо психологического анализа деятельности, ЭЭГ-данных предполагало получение дополнительных психофизиологических сведений об информационных процессах в мозгу человека-оператора. Наибольший интерес для нас представляли изменения в ЭЭГ при срывах операторской деятельности, когда, по данным психологического анализа, нарушались процессы обработки информации [12]. Предполагалось, что при срывах деятельности должны происходить специфические изменения в организации мозговой активности. Однако традиционные методы анализа пространственной синхронизации, а также факторный анализ ЭЭГ-показателей не выявили ни качественных, ни статистически значимых различий между пробами с успешной деятельностью и ее срывами [12]. Тогда и возникла идея разработки нового метода анализа организации ЭЭГ в контексте деятельности. Результаты, полученные с помощью разработанного метода, привели нас к необходимости не статистического или энергетического, а информационного подхода к психофизиологическому анализу деятельности, освещение которого также является целью данной работы.

Информативность ЭЭГ

Большинство исследователей считают, что ЭЭГ содержит значительное количество информации. Однако до настоящего момента имеется определенная неудовлетворенность результатами много-