

Российская академия наук
Институт психологии

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ**

Результаты и перспективы развития

Ответственные редакторы

*А. Л. Журавлёв,
В. А. Кольцова*



Издательство
«Институт психологии РАН»
Москва – 2017

УДК 159.9

ББК 88

Ф 94

*Все права защищены. Любое использование материалов
данной книги полностью или частично
без разрешения правообладателя запрещается*

Редакционная коллегия:

*А. А. Алдашева, И. О. Александров, Ю. И. Александров, Б. Н. Безденежных,
Н. В. Борисова, Ю. В. Быховец, А. Е. Воробьева, Т. В. Галкина,
Т. В. Дробышева, Е. Н. Дымова, Т. П. Емельянова, А. Л. Журавлёв (отв. ред.),
А. Н. Занковский, Н. Н. Казымова, Ю. В. Ковалева, В. А. Кольцова (отв. ред.),
А. Н. Костин, А. И. Лактионова, А. В. Махнач, Л. Ш. Мустафина,
Т. А. Нестик, А. А. Обознов, Н. Д. Павлова, М. А. Падун, Ю. В. Постылякова,
Е. С. Самойленко, Е. А. Сергиенко, Н. В. Тарабрина,
Б. Н. Тугайбаева (отв. секретарь), Д. В. Ушаков, М. А. Холодная*

Ф 94 **Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития /**
Отв. ред. А. Л. Журавлёв, В. А. Кольцова. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2017. – 2714 с.

ISBN 978-5-9270-0362-4

УДК 159.9

ББК 88

Сборник научных работ освещает широкий круг фундаментальных и прикладных проблем современной психологической науки, отражает ее состояние и представляет систему основных отраслей, научных направлений и проблем, а также важнейшие тенденции ее развития: усиление комплексности, междисциплинарности и системности исследований, их социальной ориентированности, гуманизации в трактовке личности и социальных общностей, появление новых, отвечающих запросам времени научных разработок.

Издание подготовлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 17-06-14058г «Всероссийская юбилейная научная конференция „Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития“, посвященная 45-летию ИП РАН и 90-летию со дня рождения его создателя и первого директора Б. Ф. Ломова»

© ФГБУН Институт психологии РАН, 2017

ISBN 978-5-9270-0362-4

**Метод выявления
одноименных электрических потенциалов мозга,
связанных с выполнением
разных по сложности задач¹**

Б. Н. Безденежных (Москва)

*доктор психологических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник Институт психологии РАН;
e-mail: bezbornik@mail.ru*

В рамках актуальной для психофизиологии проблема выявления идентичных по содержанию электрических потенциалов мозга, связанных с выполнением разных по сложности действий, решалась путем сопоставления компонентов связанных с событием потенциалов (ССП) с системным процессом – афферентным синтезом (АС) (по П. К. Анохину), который является инвариантным для разных действий и отражает количество систем, вовлеченных в действие. Предполагалось, что процессу АС соответствует тот компонент СПП, который имеет устойчивую связь с количеством одновременно активных систем. В задаче сенсомоторного выбора было выявлено прямая связь между негативацией, переднего фронта Р300 и количеством одновременно активных систем. В задаче категоризации слов была выявлена прямая связь между количеством одновременно активных систем, связанных со словами, и негативацией переднего фронта Р600. Приведены аргументы в пользу представления о том, что Р300 и Р600 связаны с системным процессом АС и в этом отношении являются одноименными.

Ключевые слова: системные процессы, афферентный синтез, дифференцированные действия, сенсомоторный выбор, категоризация слов, связанные с событием потенциалы, Р300, Р600.

1 Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 14-28-00229.

Постановка проблемы

Суммарная электрическая активность мозга – электроэнцефалограмма (ЭЭГ) применяется в разных областях нейронауки и клинической практики. Устойчивость ЭЭГ показателей активности мозга, наблюдаемых при многократном повторении определенного действия, позволила проводить статистическую обработку ЭЭГ методом усреднения ее фрагментов, связанных во времени с этим действием. Получаемые усредненные электрические потенциалы мозга – связанные с событием потенциалы (ССП) – состоят из последовательности позитивных и негативных компонентов. Предполагалось, что сопоставление процессов, изучаемых в когнитивной психологии с компонентами СПП в реальном режиме времени позволит сблизить концепции, развиваемые в психологии и клеточной нейрофизиологии (Swick et al., 1994).

Однако прямое сопоставление гипотетических информационных или когнитивных процессов с определенными компонентами СПП уже полвека не приводит исследователей к какому-то единому мнению о связи какого-либо компонента с каким-либо процессом. Анализ СПП, полученные в экспериментах на человеке и животных и широкое применение метода СПП в клинических исследованиях требуют точного описания мозговых процессов, проявляющихся в тех или иных компонентах СПП. Для такого описания мы исходим из представления о том, что ЭЭГ, это – суммарная составляющая электрической активности большой популяции нервных клеток. Эта активность не хаотична. С позиции системно-эволюционного подхода, на разных этапах активности организма некоторые нейроны образуют системы, необходимые для достижения конкретного приспособительного результата для организма (Швырков, 2006). Каждая система формируется на основе и в тесном взаимодействии с ранее сформированными системами. Отсюда предполагается, что и реализация любого действия обеспечивается активностью набора систем (Швырков, 1978; Безденежных, 2004). Системные процессы, обеспечивающие реализацию любого действия у человека и у животных, развиваются по единому сценарию (Анохин, 1978). В компонентах СПП отражается именно системная организация импульсной активности нервных клеток (Александров, Максимова, 1985; Александров и др., 1997; Безденежных, 2002).

Поскольку организация системных процессов, обеспечивающая реализацию любых действий, является единой, то мы предлагаем сопоставлять компоненты СПП не с гипотетическими информационными или когнитивными процессами, а с системными процессами

организации нейронной активности. И показателем идентичности компонентов ССП, полученных при выполнении разных действий будет связь этих компонентов с одним и тем же системным процессом.

Наиболее удобным для изучения в эксперименте системным процессом, является афферентный синтез (АС). Во время АС происходит объединение систем, которые будут обеспечивать действие. Для объединения систем необходимо чтобы их нейроны были активны (Александров, Максимова, 1985; Безденежных, 2004). Поэтому только во время АС возникает электрический потенциал, отражающий одновременную активность нейронов всех систем, обеспечивающих действие. Следовательно, если какой-либо из компонентов ССП будет иметь устойчивую связь с количеством одновременно активных систем, то этот компонент соответствует развитию АС.

Организация экспериментального исследования

В настоящей работе проведен анализ времени, субъективной оценки сложности и ошибок при выполнении испытуемыми двух разных по сложности задач выбора – задачи сенсомоторного выбора и задачи категоризации слов, и связанные с выполнением этих действий электрических потенциалов мозга.

Целью исследования было выявление компонентов ССП, соответствующих процессам АС в ходе выполнения этих задач.

Эксперимент 1. Задача сенсомоторного выбора

Выборку исследования составили 22 женщины и 28 мужчин в возрасте от 18 до 37 лет, медиана – 21 год.

Процедура исследования

Испытуемый сидел перед монитором компьютера, на который с равной вероятностью в случайном порядке предъявляли альтернативные сигналы («А» или «Б»). Каждый сигнал состоял из общей для обоих альтернативных сигналов светлой вертикальной полоски на черном фоне, выполняющей функцию предупреждения (ПрС). После ПрС через 700 мс для сигнала «А» и через 950 мс для сигнала «Б» предъявлялись пусковые сигналы (ПуС) – светлые полоски разной высоты для сигналов «А» и «Б». В ответ на ПуС нужно было как можно быстрее нажать соответствующую клавишу. Следующий сигнал предъявлялся через 1,5 с после ответа на предыдущий сигнал. При сохранности равновероятного предъявления альтер-

нативных сигналов разница интервалов в 250 мс между ПрС и ПуС в сигналах «А» и «Б» служила скрытой подсказкой о появлении сигнала «Б» и тем самым облегчала испытуемому более точное прогнозирование сигнала «Б», по сравнению с сигналом «А». Испытуемый всегда прогнозирует очередной ПуС. Причем сигнал «А» он прогнозирует с меньшей вероятностью и поэтому при ошибочном прогнозе активируется: в ответ на ПуС активны оба набора систем, тогда как на ПуС сигнала «Б» чаще активируется только один набор систем. После завершения исследования каждый испытуемый отвечал на вопрос: на какой сигнал было легче отвечать?

ЭЭГ регистрировали хлорсеребряными электродами монополярно в отведениях F3, F4, Cz, P3, P4 по международной системе 10–20; индифферентным электродом служили объединенные электроды, прикрепленные к мочкам ушей. Время от момента ПуС до момента нажатия клавиши отчета рассматривалось как время ответа. Сравнивали медианы времени ответов на сигналы «А» и «Б» по t -критерию для парных случаев. ССП получали при усреднении безартефактных фрагментов ЭЭГ, связанных с определенным ответом. ССП получали для каждого испытуемого и по отдельности для ответов на сигналы «А» и «Б». Усредненные потенциалы анализировали визуально: определяли интервал, в котором наиболее выражены различия между потенциалами, связанными с разными сигналами; в этом интервале вычисляли средние мгновенных амплитуд от средней линии, которые сравнивали по t -критерию для парных случаев.

Результаты исследования

У всех испытуемых время ответа на сигнал «Б» было достоверно короче времени ответа на сигнал «А» и составляло соответственно $315,8 \pm 30,7$ мс и $376,6 \pm 52,5$ мс ($t=12,113$, $df=49$, $p<0,001$). Все они совершали меньше ошибочных действий на сигнал «Б» и им было легче на него отвечать, чем на сигнал «А». В ССП, связанных с ответами на сигналы «А» и «Б» наиболее выраженным и устойчивым был компонент P300. Было проведено сравнение P300 для ответов на сигналы «А» и «Б». Анализ средних мгновенных амплитуд показал, что передний фронт P300 (в интервале от 200 до 350 мс) имеет выраженный негативный сдвиг в потенциалах, связанных с ответами на сигнал «А», по сравнению с P300, связанным с ответом на сигнал «Б» ($t=5,6$, $df=49$, $p<0,001$). Если участник ждал появления сигнала «Б», а был предъявлен сигнал «А», то происходит рассогласование, и одновременно с системами, связанными с ошибочно

прогнозируемым сигналом, из памяти извлекаются системы, связанные с предъявленным сигналом. Негативный сдвиг переднего фронта Р300 в сигнале «А» по сравнению с сигналом «Б» может отражать активность двух оппонентных наборов систем в АС.

Эксперимент 2. Категоризация слов

Выборку исследования составили 24 мужчины и 26 женщин в возрасте от 18 до 25 лет, медиана – 20 лет.

Категоризация слов проводилась с использованием *методики семантической преднастройки*.

Процедура исследования

Испытуемым в случайном порядке и равновероятно в течение 200 мс предъявлялось одно из двух слов-праймов, обозначающих определенную категорию («организмы» или «предметы»). Через 750 мс после предъявления слова-прайма предъявлялось слово-мишень, обозначающее конкретный предмет или организм. Слова-мишени были примерно одинаковыми по частотности и предъявлялись в случайном порядке. В ответ на предъявление слова-мишени испытуемым нужно было дать дифференцированный ответ: быстрым нажатием той или другой клавиши нужно было указать, соответствует или не соответствует категориально предъявленное слово-мишень слову-прайму. Предполагалось, что в ситуации несоответствия слова-мишени слову-прайму должны активироваться системы, связанные с обеими категориями слов («организмы» и «предметы»), тогда как при категориальном соответствии слова-мишени слову-прайму будут активироваться системы, связанные только с одной категорией слов («организмы» или «предметы»).

У испытуемых сравнивали время категоризации каждого слова-мишени – время от момента предъявления слова-мишени до момента нажатия клавиши отчета. Также анализировались количество ошибочных категоризаций и субъективный отчет о степени сложности категоризации. В ходе исследования у участников регистрировали ЭЭГ-потенциалы в отведениях F3, F4, P3, P4 и Cz. ССП получали при усреднении безартефактных фрагментов от момента предъявления слова-мишени в следующих ситуациях: а) при соответствии и при несоответствии между словом-праймом и словами-мишенями, б) при соответствии слова-прайма и слов-мишеней, обозначающих организмы, и при соответствии слова-прайма и слов-мишеней, обозначающих предметы.

Результаты исследования

Сопоставление времени категоризации в случае соответствия слова-мишени слову-прайму показало, что время категоризации слов, обозначающих организмы, достоверно короче времени категоризации слов, обозначающих предметы (post-hoc анализ, $p < 0,001$). По отчетам испытуемых, им сложнее было категоризовать слова при несоответствии прайма и мишени.

При визуальном анализе ССП оказалось, что наиболее устойчивым компонентом является позитивный компонент Р600. Анализ мгновенных амплитуд ССП в интервале от 400 до 640 мс по выборке из 40 участников исследования показал, что фронт N400-Р600 достоверно негативнее у потенциала, связанного с категоризацией слова-мишени, не соответствующего слову-прайму ($t = 5,65$, $df = 8$, $p < 0,001$). При этом этот фронт достоверно негативнее при категоризации слов, обозначающих предметы, нежели при категоризации слов, обозначающих организмы ($t = 3,6$, $df = 38$, $p < 0,001$).

При категориальном несоответствии слова-мишени слову-прайму в задаче категоризации слов эти слова активируют два набора систем, связанных с двумя категориями, в результате время категоризации слов-мишеней в этой ситуации достоверно больше, чем в ситуации категориального соответствия слов-мишеней слову-прайма, когда оба слова активируют только один набор систем. Причем, при обоих видах категориального несоответствия время категоризации одинаково, что может указывать на то, что в нашей задаче при несоответствии слова-прайма и слова-мишени всегда активируются одни и те же наборы систем. И в этой ситуации выявляется компонент ССП, характеристики которого устойчиво связаны с количеством одновременно активных систем. Это позитивный компонент Р600. При увеличении количества активных систем, наблюдаемое при категориальном несоответствии слова-прайма и слова-мишени, имеет место негативный сдвиг переднего фронта этого компонента.

Заключение

При выполнении испытуемыми задачи сенсомоторного выбора и категоризации слов экспериментально контролировался системный процесс – афферентный синтез действия, а именно, количество одновременно активных систем, объединяющихся для реализации действия. В электрических потенциалах мозга, связанных с действиями сенсомоторного выбора и категоризации слов, были выявлены компоненты Р300 и Р600 соответственно, негативация переднего

фронта которых была связана с увеличением количества одновременно активных систем и субъективно переживается как более сложное действие. Предполагается, что P300 и P600 отражают мозговые процессы, связанные с афферентным синтезом в разных действиях, поэтому данные компоненты являются системно идентичными.

Литература

- Александров И. О., Максимова Н. Е. Функциональное значение колебания P300 // Психологический журнал. 1985. Т. 6. №3. С. 86–95.
- Александров Ю. И., Самс М., Лавикайнен Ю., Рейникайнен К., Наатанен Р. Зависимость свойств, связанных с событиями потенциалов от возраста элементов субъективного опыта, актуализируемых при категоризации слов родного и иностранного языков // Психологический журнал. 1997. Т. 18. № 1. С. 133–145.
- Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем. М., 1978.
- Безденежных Б. Н. P300 как показатель системных процессов // Психология: состояние и перспективы исследований. Ч. 2. «Материалы юбилейной научной конференции ИП РАН, 28–29 января 2002 г.». М., 2002. С. 155–166.
- Безденежных Б. Н. Динамика взаимодействия функциональных систем в структуре деятельности. М., 2004.
- Швырков В. Б. Введение в объективную психологию: Нейрональные основы психики: Избранные труды. М., 2006.
- Swick D., Kutas M., Neville H. Localizing the Neural Generators of Event-Related Brain Potentials // Localization and Neuroimaging in Neuropsychology. Academic Press Inc., 1994. P. 73–121.

The method of detecting of eponymous electrical brain potentials associated with performance of different tasks

B. N. Bezdenezhnykh (Moscow)

Doctor of psychological Sciences, Full Professor, leading researcher of the Institute of Psychology RAS

In the framework of contemporary neuroscience to the problem of revealing of content identical electrical potentials of the brain related to the performance of action with different complexity was decided by matching of the components of event-related potentials (ERP) to system process – afferent synthesis (AS) (by P. K. Anokhin), which is invariant for different actions and reflects the number of systems involved in the action. It was

assumed that the process corresponds to the AS component of the ERP, which has a stable relationship with the number of simultaneously active systems. It was revealed a direct link between the amplitude of negative shift of the of P300's frontal slope and the number of simultaneously active systems. In the task of categorization of words it was revealed a direct correlation between the number of simultaneously active systems-related words and the amplitude of the negative shift of the frontal slope P600. Arguments in favor of the notion that P300 and R600 are associated with the system process – AS and are of the same name.

Keywords: systemic processes of afferent synthesis, differentiated actions, sensorimotor selection, categorization of words, event-related potentials, P300, P600.