

**КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ 2015**

**КОГНИТИВНАЯ НАУКА  
В МОСКВЕ: НОВЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ**



**2015**

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

ISBN 978-5-4465-0705-4



9 785446 507054 >

## ПРИ СПОНТАННЫХ СБОЯХ ВНИМАНИЯ ЗАТРОНУТ ПРЕДВНИМАТЕЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ<sup>53</sup>

Чернышев Б.В. \* (1,2), Лазарев И.Е. (1), Новиков Н.А. (1),  
Брызгалов Д.В. (1,2), Хусяинова Г.Р. (1), Молчанова Д.В. (1,2)

[bchernyshev@hse.ru](mailto:bchernyshev@hse.ru)

1 — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; 2 — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

*Аннотация.* Анализ потока сенсорной информации, позволяющий осуществлять поведение в реальном времени, возможен лишь при условии задействования предвнимания. Спонтанные ошибки в поведении могут возникать как следствие сбоев данного механизма. В настоящем исследовании при реализации конденсационной задачи показано позитивное смещение вызванного потенциала перед спонтанными ошибками и пропусками — двумя основными проявлениями сбоев внимания. Выраженность эффекта в пределах компонента вызванного потенциала P2 говорит о том, что сбои внимания возникают как результат нарушений на предвнимательном уровне. Эффект, предположительно, возникает как результат конкуренции за ресурсы между текущей экспериментальной задачей и некоторыми скрытыми процессами. Переключение между основной и конкурирующей задачей, предположительно, осуществляется по нисходящему механизму внимания.

*Ключевые слова:* предвнимание, сбои внимания, слуховые вызванные потенциалы, нисходящие механизмы

Своевременный анализ широкого потока сенсорной информации, поступающего от органов чувств, возможен лишь при условии задействования механизмов предвнимания, осуществляющих параллельную обработку множественных сигналов и множественных признаков каждого сигнала. Считается, что автоматическая (предвнимательная) обработка информации в слуховой модальности занимает приблизительно 200 мс после включения стимула — так называемое «временное окно интеграции» (Näätänen et al., 2011).

В силу структурных и функциональных ограничений, налагаемых организацией мозга, предвнимательная обработка информации ожидаемо должна модулироваться нисходящими влияниями, осуществляющими фильтрацию и/или аттенюацию входных сигналов уже на ранних этапах

---

<sup>53</sup> Исследование осуществлено в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2014–2015 годах.

обработки. Например, относительно недавно было показано, что негативность рассогласования, которая сама по себе считается одним из наиболее ярких психофизиологических коррелятов автоматических (предвнимательных) процессов, может модулироваться инструкцией испытуемому избирательно обращать внимание на определенные аспекты стимулов; объяснение данного феномена строится на основе допущения нисходящей модуляции репрезентации звукового стимула (Sussman et al., 2007).

Классическими примерами нисходящей модуляции предвнимательной обработки информации на уровне сенсорных репрезентаций являются процессная негативность — негативное смещение потенциала при условии внимания (Näätänen et al., 1978), а также позитивность подавления — позитивное смещение потенциала при невнимании к стимулу (Degerman et al., 2008). Описано также увеличение компонента P2 — то есть положительное смещение потенциала с при снижении внимания и подавлении обработки сенсорной информации (Tong et al., 2009). Все указанные феномены наиболее выражены в пределах «временного окна интеграции» — то есть первых 200 мс после включения стимула.

В упомянутых выше исследованиях направление внимания задавалось явным образом инструкцией испытуемому. Спонтанные отвлечения внимания в данном аспекте остаются малоизученными. Одним из видов спонтанного отвлечения внимания является уход в свои мысли — переключение внимания от выполнения текущей задачи на значимые для человека переживания, связанные с его прошлым опытом, текущими или будущими событиями его жизни, — с сопутствующим подавлением обработки сенсорных стимулов (Smallwood et al., 2008). Также внимание может переключаться на сенсорные стимулы, нерелевантные к задаче, выполняемой испытуемым.

В настоящее время исследованы электрофизиологические проявления спонтанных сбоев внимания у бодрствующего человека во время выполнения слуховой задачи, создающей высокую нагрузку на систему когнитивного контроля (Осокина и др., 2012). Согласно нашей гипотезе, при спонтанных отвлечениях внимания от выполнения текущей задачи происходит подавление обработки информации о стимулах на уровне ранних предвнимательных процессов, которые, в свою очередь, регулируются опережающим (тоническим) нисходящим контролем. Три временных уровня — тоническое состояние, ранние автоматические процессы предвнимания и поздние процессы собственно внимания — мы рассматриваем как базовую конструкцию, обеспечивающую селекцию релевантных стимулов в реальном времени на основе не только восходящих влияний в ответ на стимул, но и нисходящих влияний, осуществляющих преднастройку сенсорной обработки.

## Методика

Использована конденсационная задача, создающая высокую когнитивную нагрузку и моделирующая целенаправленную деятельность человека по распознаванию сложных стимулов и выбору ответов на них. Испытуемые в целом выполняют данную задачу на достоверно неслучайном уровне, совершая, однако, значительное количество ошибок (неправильных ответов) и пропусков (отказов от совершения ответа) (Осокина и др., 2012), не связанных с сенсорными ограничениями различимости стимулов.

Проведено два эксперимента, различавшихся особенностями слуховой конденсационной задачи. Стимулами собственно конденсационной задачи служили четыре звука (все целевые), каждый из которых мог быть «низким» (500 Гц) или «высоким» (2000 Гц), а также «чистым» или «зашумленным» (тот же звук с наложенным на него белым шумом). Эксперимент 1 включал в себя только указанные четыре стимула, предъявляемые равновероятно в псевдослучайной последовательности. В эксперименте 2 в конденсационную задачу дополнительно к указанным выше целевым стимулам вводили частые нецелевые стимулы — дистракторы (тоны 400 Гц) в соотношении 4:1. Распределение дистракторов в последовательности стимулов конденсационной задачи также было псевдослучайным.

Основная особенность примененной конденсационной задачи состоит в том, что правильный ответ можно выбрать лишь на основе сочетания признаков (высота и зашумленность); учет любого из признаков в отдельности не позволяет решать задачу выше случайного уровня. Выделяли три варианта типов реакции: правильный ответ (нажатие на верную кнопку), ошибочная реализация (нажатие на неверную кнопку) и пропуск (отказ от нажатия на кнопку).

Амплитуды компонентов вызванного потенциала измеряли от нулевой линии. Мощность электроэнцефалограммы в альфа-диапазоне (8–13 Гц) вычисляли в предстимульном интервале длительностью 1000 мс с помощью быстрого преобразования Фурье. Перед выполнением конденсационной задачи регистрировали электроэнцефалограмму в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами; вычисляли мощность альфа-ритма покоя. Статистический анализ проводили с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями; применяли поправку Гринхауза-Гейссера. Для верификации применяли пермутационную статистику и «джекнайфинг».

## Результаты и их обсуждение

Показано позитивное смещение вызванного потенциала перед ошибками и пропусками — двумя основными проявлениями сбоев внимания.

В эксперименте 1 данный эффект проявлялся в пределах пика P2, в эксперименте 2 — распространялся на P2 и N2. Увеличенная амплитуда компонента P2 перед сбоями внимания находится в согласии с гипотезой о том, что непосредственно перед ошибками и пропусками развиваются фазические тормозные процессы или ослабевают возбуждательные процессы (Tong et al., 2009). Это приводит к частичной остановке в обработке стимула, что, в свою очередь, ведет к неточности в репрезентации стимула и повышению вероятности совершить ошибку.

Наблюдаемый эффект происходит в пределах «временного окна интеграции», процессы в котором считаются автоматическими (Näätänen et al., 2011). Соответственно, наши результаты показывают, что сбои внимания возникают как результат нарушений на предвнимательном (автоматическом) уровне обработки сенсорной информации. Знак эффекта — положительное смещение потенциала при невнимании — соответствует данным, полученным при принудительной манипуляции вниманием (Degerman et al., 2008; Näätänen et al., 1978; Tong et al., 2009).

Как более ранний компонент вызванного потенциала N1, так и более поздний компонент P3 не проявили связи со сбоями внимания. Постоянство компонента N1 говорит о том, что ошибки и пропуски не связаны с вариациями физических параметров стимулов или со значимыми колебаниями неспецифических аспектов состояния испытуемых. Отсутствие различий в компоненте вызванного потенциала P3 перед ошибками в сравнении с правильными ответами говорит о том, что во временном интервале опознания стимула и принятия решения ошибочная информация остается неотличимой от истинной информации — т.е., иными словами, критические события, ведущие к ошибке, происходят ранее на предвнимательных этапах создания сенсорных репрезентаций.

В эксперименте 1 предстимульная мощность альфа-ритма перед пропусками была в целом по группе испытуемых достоверно ниже, чем перед правильными ответами. Кроме того, в обоих экспериментах для выраженности предстимульного альфа-ритма обнаружено взаимодействие факторов «Выполнение задачи» и «Мощность альфа-ритма покоя». Правильному выполнению задачи соответствовала бóльшая по сравнению с ошибками мощность предстимульного альфа-ритма у тех испытуемых, у которых мощность альфа-ритма в покое (в отсутствии задачи) была относительно велика — и меньшая у тех, у которых она была мала. Данные результаты в совокупности указывают на генерацию предстимульного состояния, предположительно связанного с вовлечением в некоторые скрытые когнитивные процессы, конкурирующие с основной экспериментальной задачей. Кроме того, в эксперименте 2 выявлено повышение предстимульной мощности альфа-ритма перед дистракторами по мере приближения к очередному целевому стимулу. Этот результат го-

ворит о снижении интерференции с отвлекающими процессами по мере увеличения ожидаемой вероятности предъявления целевого стимула.

### Заключение

Настоящее исследование показывает, что сбои внимания, ведущие к ошибкам и пропускам реакции, связаны с модуляцией процессов предвнимания, при конкуренции за внимание между текущей экспериментальной задачей и некоторыми спонтанными отвлекающими процессами. Спонтанные процессы, проявившие конкуренцию с выполнением основной задачи, могли представлять собой либо состояние ухода в свои мысли, либо обработку нерелевантной сенсорной информации. Переключение между выполнением основной и конкурирующей задачи предположительно осуществлялось по нисходящему механизму до поступления соответствующих стимулов — о чем говорит закономерная модуляция предстимульной мощности альфа-ритма.

### Литература

- Осокина Е.С., Чернышев Б., Чернышева Е., Иванов М.* Слуховое внимание при бинарном выборе ответа на основе интеграции признаков стимула и реакции в зависимости от темперамента // Экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 4. С. 5–18.
- Degerman A., Rinne T., Särkkä A.-K., Salmi J., Alho K.* Selective attention to sound location or pitch studied with event-related brain potentials and magnetic fields // European Journal of Neuroscience. 2008. Vol. 27. No. 12. P. 3329–3341.
- Näätänen R., Gaillard A.W., Mäntysalo S.* Early selective-attention effect on evoked potential reinterpreted // Acta psychologica. 1978. Vol. 42. No. 4. P. 313–329.
- Näätänen R., Kujala T., Winkler I.* Auditory processing that leads to conscious perception: a unique window to central auditory processing opened by the mismatch negativity and related responses // Psychophysiology. 2011. Vol. 48. No. 1. P. 4–22.
- Smallwood J., Beach E., Schooler J.W., Handy T.C.* Going AWOL in the brain: Mind wandering reduces cortical analysis of external events // Journal of cognitive neuroscience. 2008. Vol. 20. No. 3. P. 458–469.
- Sussman E.S., Horváth J., Winkler I., Orr M.* The role of attention in the formation of auditory streams // Perception & psychophysics. 2007. Vol. 69. No. 1. P. 136–152.
- Tong Y., Melara R.D., Rao A.* P2 enhancement from auditory discrimination training is associated with improved reaction times // Brain research. 2009. Vol. 1297. P. 80–88.

## **Under spontaneous attentional lapses, the preattentive level of information processing is affected**

**Chernyshev B.V. \* (1,2), Lazarev I.E. (1), Novikov N.A. (1),  
Bryzgalov D.V. (1,2), Khusyainova G.R. (1), Molchanova D.V. (1,2)**

[bchernyshev@hse.ru](mailto:bchernyshev@hse.ru)

1 — National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia; 2 — Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

**Abstract.** The analysis of the flow of sensory information that would allow for real-time behavior is possible only on condition of the involvement of preattention. Spontaneous behavioral errors may be caused by a malfunction within this mechanism. In this study, during the implementation of the condensation task we found positive displacement of the evoked potential before spontaneous errors and response omissions: the two main manifestations of attentional failures. The timing of the effect within the P2 evoked potential component reveals that attentional failures occur as a result of a malfunction at the preattentive level. This effect presumably arises as a result of competition for resources between the current experimental task and some covert processes. Switching between the explicit task and its competitor is presumably implemented through the top-down mechanism of attention.

**Keywords:** preattention, attentional failures, auditory evoked potentials, top-down mechanisms