

Может ли научение новым словам в слуховой модальности вести к быстрому формированию пластических перестроек в коре больших полушарий у взрослых?

Разоренова А.М.

Сколковский институт науки и технологий (Сколтех),
Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3386-6914>, e-mail: razoral@ya.ru

Скавронская В.В.

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0093-6592>, e-mail: skavronskaya.valerie@mail.ru

Тюленев Н.Б.

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1214-7478>, e-mail: tnb6@yandex.ru

Рытикова А.М.

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0153-9457>, e-mail: ann.zelener@mail.ru

Чернышев Б.В.

Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ имени М.В. Ломоносова),
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8267-3916>, e-mail: b_chernysh@mail.ru

Устойчивая связь между словами и обозначаемыми объектами или событиями лежит в основе человеческой речи. Фундаментальным является вопрос о том, как слово обрабатывается человеческим мозгом и какие факторы обеспечивают интеграцию незнакомого набора фонем в лексикон. Ответ на него мог бы произвести прорыв во многих областях, начиная от методик преподавания языка и программ по коррекции речи у детей с поздним развитием и заканчивая новыми методами реабилитации больных с нарушениями речи и нейрофизиологическими тестами для проверки работы речевого аппарата. В данном обзоре рассматривается современное состояние российских и зарубежных исследований по тематике научения новым словам при слуховом предъявлении, выполненных с применением разнообразных методик. Равное внимание уделено как исследованиям фонологической обработки слова (распознаванию фонетического паттерна), так и работам, посвященным исследованию процессов приобретения словом семантики. Рассмотрены результаты исследований, выполненных с помощью различных методов — фМРТ, ЭЭГ/МЭГ и др.

Ключевые слова: речь, ассоциативное научение, перцептивное научение, оперантное научение, быстрое картирование, семантика слова, фонетический паттерн, слуховая задача.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 17-29-02168.

Для цитаты: Может ли научение новым словам в слуховой модальности вести к быстрому формированию пластических перестроек в коре больших полушарий у взрослых? [Электронный ресурс] / А.М. Разоренова, В.В. Скавронская, Н.Б. Тюленев, А.М. Рытикова, Б.В. Чернышев // Современная зарубежная психология. 2020. Том 9. № 2. С. 46—56. DOI: <https://doi.org/10.17759/jmfp.2020090204>

Can learning new words in auditory modality lead to rapid cortical plasticity in adults

Razorenova A.M.

*Skolkovo Institute of Science and Technology; Moscow State University of Psychology & Education,
Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3386-6914>, e-mail: razoral@ya.ru

Skavronskaya V.V.

*Moscow State University of Psychology & Education,
Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0093-6592>, e-mail: skavronskaya.valerie@mail.ru

Tyulenev N.B.

*Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE),
Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1214-7478>, e-mail: tnb6@yandex.ru

Rytikova A.M.

*Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE),
Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0153-9457>, e-mail: ann.zelener@mail.ru

Chernyshev B.V.

*Moscow State University of Psychology & Education,
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,*

National Research University Higher School of Economics, Moscow Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8267-3916>, e-mail: b_chernysh@mail.ru

A stable relation between words and referent objects or events underlies human language. One of the most fundamental questions is how brain processes new words in order to form new lexical items. The answer to such questions will bring significant breakthrough in multiple fields, ranging from methods of language teaching and speech correction programs for children with late development to clinical rehabilitation of patients with speech impairments and neurophysiological functional tests of language network. This review presents the current state of Russian and foreign studies dedicated to new words learning in auditory modality. We tried to consider all varieties of techniques and paradigms in the field. Equal attention is paid both to studies of the phonological processing of a word (recognition of a phonetic pattern), and to works which consider the ways in which word acquire semantics. We discuss experiments carried out with an aid of such neuroimaging methods as fMRI, EEG / MEG, etc.

Keywords: word learning, associative learning, operant learning, word semantics, MEG, EEG, fMRI, cortical plasticity, familiarization, consolidation.

Funding: The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 17-29-02168.

For citation: Razorenova A.M., Skavronskaya V.V., Tyulenev N.B., Rytikova A.M., Chernyshev B.V. Can learning new words in auditory modality lead to rapid cortical plasticity in adults [Elektronnyi resurs]. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya = Journal of Modern Foreign Psychology*, 2020. Vol. 9, no. 2, pp. 46—56. DOI: <https://doi.org/10.17759/jmfp.2020090204> (In Russ.).

Введение

В речи человека смысл слова ставится в соответствие с фонетической структурой слова. Научение таким соответствиям происходит у человека чрезвычайно быстро и в очень большом объеме — например, при научении речи в раннем детском возрасте, при изучении иностранных языков взрослыми, а также при освоении новых терминов и понятий на родном языке. Словарный запас взрослого человека представляет собой гигант-

скую базу данных, хранящуюся в мозге. Однако не только размер, но и скорость сохранения информации в памяти существенно превосходит показатели, которых можно было бы ожидать, исходя из классических нейробиологических принципов научения и памяти. Один из ключевых вопросов нейролингвистики — понять, как протекают эти психические процессы и как при этом функционирует человеческий мозг.

Слово — структурная и смысловая единица человеческого языка — представляет собой последователь-

ность звуков (фонем). Для восприятия слова, как единого целого, необходимо распознавать его фонетический паттерн [4; 14]. Вместе с тем слово несет и семантическую нагрузку (набор значений), тем самым обеспечивая возможность вербальной коммуникации между людьми [12]. Исследование процессов, отвечающих за распознавание мозгом фонетического паттерна и кодирование семантики, до сих пор считается одной из сложнейших задач современной нейробиологии. Двойственная природа слова сама по себе затрудняет исследования, поскольку процессы, связанные с фонетическим анализом слова и семантическим кодированием его смысла, взаимно перекрываются по латентности и локализации. В результате при восприятии слова крайне сложно установить причинно-следственные связи и разделить этап фонетического кодирования и семантического анализа в структурах коры.

Теория консолидации: две стадии восприятия нового слова

Наибольшие разногласия в литературе связаны с вопросом о том, насколько быстро развивается пластичность кортикальных ответов, связанных с научением новым словам. Согласно двухстадийной теории научения, для формирования устойчивой кортикальной репрезентации незнакомого слова требуется продолжительное время, и этот процесс протекает в два этапа (two-stage complementary learning systems — CLS) [3].

На начальном этапе восприятие ранее незнакомого слова осуществляется за счет медиально-височных структур, включая гиппокамп, который опосредованно активирует незначительную часть коры больших полушарий (неокортекса).

На втором этапе происходят устойчивые нейропластические изменения в коре больших полушарий, обеспечивающие консолидацию памяти; эти изменения позволяют проводить декодирование фонетического паттерна и семантики нового слова уже без участия гиппокампа.

Эти процессы требуют времени и, возможно, протекают исключительно во время сна: соответственно, их можно выявить лишь на следующий день после процедуры научения. Вывод двухстадийной теории сделан преимущественно по результатам фМРТ- и ПЭТ-исследований [3; 13; 27], в которых изменения в активности коры в ответ на новые слова удавалось зарегистрировать только на второй день, следующий за днем научения.

В рамках двухстадийной парадигмы научения были проведены сравнения между фМРТ-ответами при пассивном прослушивании знакомых слов, незнакомых псевдослов, псевдослов, которые испытуемый прослушал за день до записи фМРТ и псевдослов, которые испытуемый прослушал в день записи фМРТ [3].

Основным результатом были значимые отличия ответов на «новые» слова (на псевдослова, с которыми испытуемый не ознакомился или ознакомился в день

записи) от ответов на реальные слова. Различия были локализованы в левой височной коре (STG), моторной коре и дополнительной моторной области (SMA). Для псевдослов, ознакомление с которыми произошло накануне, этот контраст отсутствовал.

Эффект был интерпретирован как маркер консолидации словоформ, после которой обработка мозгом новых слов становилась неотличимой от обработки знакомых слов.

Отдельно исследовалась степень активации гиппокампа [3; 8]. Наибольшая гиппокампальная активность была зарегистрирована для псевдослов, предъявлявшихся без предварительного ознакомления, что свидетельствует в пользу ключевой роли структуры именно на начальном этапе восприятия незнакомого фонетического рисунка.

Ланди и соавторы [24] использовали аналогичный подход для анализа процессов приобретения словом семантики. В течение первого дня эксперимента испытуемые должны были установить связь между псевдословами и изображениями, выбирая между двумя предложенными вариантами и получая обратную связь. На следующий день эксперимент повторялся для другого набора псевдослов и изображений. Ответы фМРТ при пассивном прослушивании слов, получивших ассоциацию накануне, и слов, ассоциированных с изображением в день эксперимента, сравнивались с реальными словами. На второй день после установления ассоциации псевдослова вызвали повышенную активацию классических речевых зон коры (STG/MTG, left IPL, PCC/PCun) по сравнению со словами, которые приобрели ассоциацию в день эксперимента. Примечательно, что слова с семантической ассоциацией вызвали повышенную активность гиппокампа по сравнению с незнакомыми словоформами и реальными словами.

Сравнивая результаты, полученные для «пустых» словоформ [3; 8] и для псевдослов, которым назначен смысл [24], можно говорить о различном характере консолидации в этих случаях. Это было подтверждено в работе Такашима и соавторов [31] (рассмотрена ниже).

Распознавание фонетического паттерна

Вопреки рассмотренным выше исследованиям, результаты ЭЭГ/МЭГ-исследований позволяют предположить, что пластические изменения в коре больших полушарий для новых слов протекают гораздо быстрее.

Выявлена следующая закономерность: вызванные потенциалы (ВП) в ответ на псевдослова после неоднократного повторения приобретают форму, схожую с ВП на известные слова, в пределах одной, достаточно короткой, экспериментальной сессии [1; 22; 28; 34; 35].

В ряде исследований было показано, что нескольких повторений псевдослова достаточно для формирования специфических изменений ответа коры больших полушарий, и можно предположить, что эти изменения

связаны с автоматическим распознаванием фонетического паттерна ранее незнакомого слова [18; 28; 35; 37].

Данный вывод сделан на основании того, что при многократном повторении известных слов и псевдослов, ВП на известные слова не претерпевал значительных изменений или немного уменьшался, в то время как изначально слабый мозговой ответ на псевдослова к концу эксперимента возрастал до уровня ВП на известные слова.

Описанный эффект не зависит от фактора вовлечения/отвлечения внимания испытуемого. Авторы интерпретируют наблюдаемый эффект как свидетельство формирования репрезентации для новых фонологических паттернов в результате пассивного научения.

Сходные результаты были получены в экспериментах при регистрации негативности рассогласования (MMN) для слов и псевдослов [7; 19; 39]. Эти электрофизиологические результаты согласуются с данными о повышении эффективности распознавания фонетического паттерна в ходе многократного предъявления слов в поведенческих экспериментах [13].

В исследованиях, перечисленных выше, использовалась парадигма пассивного предъявления звуковых стимулов (слов и псевдослов), и все эффекты были получены в течение одного относительного короткого эксперимента (без интервала времени, достаточного для консолидации памяти). Тем не менее, представляется сомнительным, что лишённые семантики псевдослова мозг обрабатывает аналогично словам естественного языка [36].

Более того, рассмотренные выше эффекты, выявленные в ходе пассивного повторения псевдослов, могут быть неспецифичными в отношении лингвистических задач, и результаты, полученные в подобных исследованиях, можно обобщить в терминах перцептивного научения [33]. Так, например, показано, что предварительное ознакомление со зрительными стимулами улучшает выполнение задачи на категоризацию этих стимулов — причем даже в случае, когда внимание испытуемого было обращено на другую задачу [32].

Таким образом, можно констатировать, что при пассивной слуховой демонстрации псевдослов действительно улучшается распознавание их фонетической структуры, однако делать вывод о том, что мозг автоматически обрабатывает бессмысленные псевдослова как обычные слова спустя некоторое количество повторных предъявлений — преждевременно.

Семантика и фонетический паттерн

Для того чтобы ответить на вопрос, как новые слова обрабатываются мозгом, необходимо исследовать не только перцептивное восприятие фонологического паттерна, но и процесс приобретения семантики.

В рамках такой экспериментальной парадигмы требуется не только предъявлять фонологический пат-

терн, но и привязать к нему некоторое значение. В подобных фМРТ-экспериментах наиболее популярна методика ассоциативного научения.

Эта методика заключается в предъявлении псевдослов вместе с референтным значением (например, изображением или реальным словом). Стоит подчеркнуть, что характер «научения» в большинстве исследований остается пассивным: в ответ на стимулы испытуемым не нужно совершать каких-либо действий.

фМРТ-эксперименты с применением методики ассоциативного научения выявили различия в реакции на псевдослова без ассоциации и псевдослова с ассоциацией, однако только на следующий день после научения [27; 31]. На второй день после ознакомления Такашима и соавторы [31] обнаружили усиление активности в классических речевых зонах левого полушария: височной извилине (MTG), островковой коре, фронтальной коре (IFG, MFG), как для псевдослов «без семантики», так и для псевдослов, ассоциированных с изображением. Прямое сравнение мозговых ответов на два типа стимулов выявило большую активность для слов, ассоциированных с картинкой. Значимые различия локализованы в области левой теменной извилины (MTG), фузиформной извилине, поясной коре.

Все указанные фМРТ-исследования подтверждают теорию о двухстадийном научении новым псевдословам.

Экспериментов по ассоциативному научению семантике слов с регистрацией ЭЭГ или МЭГ сравнительно немного.

В работе Фаргье с соавторами [5] описаны изменения ВП на псевдослова до и после ассоциативного научения. Псевдослова ассоциировали с видеозаписями различных движений или абстрактными объектами. В обоих случаях обнаружены качественные различия ВП в интервале 100—400 мс после предъявления стимула. Однако различия были выявлены только на второй день после научения, что согласуется с результатами фМРТ-экспериментов и свидетельствует в пользу теории о двухстадийном научении новым псевдословам.

В исследовании Франсуа с соавторами [26] также изучены эффекты ассоциативного научения. Задачей испытуемых было выявить трехсложные псевдослова, предъявляемые в потоке фонем, имитирующем речь. В первом случае испытуемые должны были в последовательности непрерывно звучащих слогов выделять повторяющиеся фонетические последовательности лишь на основе статистики их повторяемости, во втором случае в начале такого псевдослова предъявлялось изображение объекта, что создавало условия для ассоциативного научения.

Сравнение ВП-ответов показало, что компонент N400, традиционно связываемый с семантической обработкой [20], возникал исключительно в ответ на псевдослова, ассоциированные с изображениями.

Существенно, что эффект наблюдался в первый день эксперимента.

К сожалению, по результатам данной работы невозможно сделать однозначный вывод о присваивании семантики слову, поскольку модуляция ВП могла быть следствием эффектов внимания: вероятно, последовательности слогов, сопровождаемые изображениями, привлекают внимание испытуемого, в отличие от непрерывного потока фонем без видеоряда.

Компонент N400 стоит рассматривать в качестве маркера сематического научения лишь в том случае, если он зарегистрирован при пассивном прослушивании вне процедуры научения как таковой, а именно при сравнении ВП в ответ на предъявления псевдослов до и после процедуры научения.

Данное методическое ограничение было преодолено в недавнем ЭЭГ-исследовании Александрова и соавторов [30]. В этой работе псевдослова ассоциировались с реальными словами (а не с изображениями), и авторы сравнивали негативность рассогласования (MMN) для псевдослов до и после научения. Амплитуда MMN увеличилась для псевдослов после научения, в пределах одного дня эксперимента. Локализацию полученных эффектов авторы не проводили.

Относительным ограничением для интерпретации результатов данной работы является то, что было исследовано всего три псевдослова, при этом отсутствовала контрбалансировка связи между псевдословом и референтным значением. Кроме того, присваивание псевдослову абсолютного синонима из реального языка не отражает естественных условий усвоения речи из языковой среды. В реальности человек активно вовлечен во взаимодействие и получает обратную связь, прямо или косвенно сообщаящую ему, правильно ли он ассоциирует изучаемое слово с его смыслом или нет.

В этом отношении интересные результаты получены при использовании процедуры активного ассоциативного научения [15]. Зарегистрировано повышение MMN в ответ на псевдослова, которые приобрели ассоциацию вследствие сочетанного предъявления вместе с изображениями определенных объектов. Для слов, которые предъявлялись каждый раз с разным изображением, динамики, подобной MMN не обнаружено. Важно отметить, что эффект наблюдался в первый день эксперимента; интересно также, что на следующий день после научения эффект отсутствовал (хотя при этом поведенческие тесты на знание правила «слово-значение» были успешными).

В целом, ЭЭГ- и МЭГ-исследования, имитирующие присвоение семантики псевдослову, говорят против теории двухстадийного научения новым словам, поскольку в большинстве случаев удавалось зарегистрировать эффекты в течение первого дня эксперимента. По своей природе ЭЭГ- и МЭГ-методы не позволяют регистрировать гиппокампальную активность, и этим методам доступна лишь активность новой коры больших полушарий.

Таким образом, эти исследования свидетельствуют в пользу того, что эффекты научения новым словам проявлялись именно в коре больших полушарий, а не

в гиппокампе. Невозможно объяснить столь быстрые изменения в характере ответов ВП в рамках двухстадийной теории.

В чем может быть причина столь разных выводов из исследований, использовавших разные методики регистрации мозговой активности?

Различия результатов фМРТ- и ЭЭГ-экспериментов можно отчасти объяснить характеристиками регистрируемой нейронной активности. ЭЭГ-метод позволяет регистрировать синхронную активность пирамидных нейронов коры больших полушарий с высоким временным разрешением (порядка 10 мс), в то время как метод фМРТ, в силу низкого временного разрешения BOLD-сигнала, регистрирует только интегральную активность за длительный период (порядка 1—10 с). Из-за этой особенности на фМРТ трудно выявить ранние низкоуровневые процессы в мозге, возникающие с небольшим латентным периодом после предъявления стимула, имеющие короткую длительность и синхронизированные с ним [9].

Среди работ, в которых был использован метод МРТ-картирования, стоит отметить три, в которых все же были зарегистрированы эффекты, локализованные в корковых структурах (а не только в области гиппокампа) в пределах первого экспериментального дня, т. е. без длительного интервала времени на гипотетическую консолидацию.

В этих работах применялась методика активного ассоциативного научения, т. е. форма оперантного научения. Бретенштейн и коллеги [16] сообщают об изменениях в нижней части теменной коры левого полушария.

В исследовании Хостеттера [17] обнаружена более распределенная сеть, включающая области, задействованные при чтении и обработке языковых стимулов: нижняя лобная извилина, средняя теменная извилина, нижняя теменная доля. В этой работе сравнивались ответы на псевдослова, предъявляемые пассивно до и сразу после научения (интервал между записями составил не более одного часа). В эксперименте анализировались данные диффузионной МРТ, которые отражают структурные микроперестройки коры больших полушарий, а не распределенную корковую активность. В совокупности данные МРТ-работы, как и рассмотренные выше ЭЭГ- и МЭГ-эксперименты, доказывают, что при усвоении новых слов возникновение кортикальной пластичности возможно практически немедленно после научения.

Быстрое картирование

В контексте научения семантике слова отдельно следует упомянуть так называемое «быстрое картирование» (fast mapping), выделяемое некоторыми исследователями в отдельную методику [2].

Данный поведенческий метод основан на выборе путем исключения, т. е. подразумевает понимание и

выполнение правила самим испытуемым, что приближает метод к активной форме научения (оперантному научению).

Предполагается, что быстрое картирование не зависит от гиппокампальной памяти [34] и поэтому не требует времени на консолидацию в долговременной памяти [21; 34].

Однако необходимо отметить, что само по себе существование феномена «быстрого картирования» подвергается сомнению многими авторами, и методические различия между эксплицитным научением и «быстрым картированием» заслуживают тщательного исследования в будущем [36].

Регистрацию ЭЭГ при реализации поведенческой методики быстрого картирования использовали Васильева и коллеги [25]. В ее работе отмечается усиление ответов ВП на псевдослова после научения, эффект локализован в теменной коре (поле Бродмана BA21) левого полушария. Авторы указывают на то, что результаты локализации ЭЭГ-сигналов могут быть недостаточно надежными вследствие пространственного разрешения ЭЭГ-метода и невозможности их статистической проверки в рамках данного эксперимента.

Активное научение

Одной из причин недостоверных и противоречивых результатов речевых исследований может быть неэффективная процедура научения, недостаточно вовлекающая испытуемого в процесс научения. Педагогический опыт свидетельствует, что при пассивном научении (просмотре словаря, чтении карточек) слова иностранного языка плохо усваиваются и не становятся частью «активного лексикона» (словами, которые человек использует в речи).

Исходя из этой посылки, стоит упомянуть о процедурах активного научения и обосновании их применения в языковых исследованиях.

Не исключено, что процедура активного научения может запускать механизмы быстрого семантического научения. Эксперименты на приматах подтверждают, что наиболее эффективным методом для запуска нейронной пластичности в коре больших полушарий является именно оперантное научение.

В серии экспериментов Блэйка с соавторами [10; 11; 23:] показано, что быстрые и устойчивые изменения ответов нейронов коры на звуковые тоны обеспечивает исключительно оперантное научение (пассивная ассоциация между стимулами и подкреплением не приводит к подобной пластичности). Этот факт проясняет, почему результаты, полученные в экспериментах с использованием активной формы научения [15; 16; 17; 24] и процедуры «быстрого картирования» [21; 25] противоречат работам, построенным на пассивном научении [13; 27].

В обзоре [29] подробно рассмотрены механизмы, которые обеспечивают быстрое формирование корковых репрезентаций при минимальном вовлечении гип-

покампа. Серии работ показывают, что активный поиск и научение, а также многократное выполнение задачи или привлечение моторики напрямую влияют на скорость и характер изменений в коре больших полушарий при минимальном задействовании гиппокампальных структур.

Поле дальнейших исследований

В завершение обозначим перспективные направления для дальнейших исследований процессов, связанных с приобретением словом смысла.

Данные многих ЭЭГ- и МЭГ-экспериментов, а также некоторых МРТ-экспериментов говорят в пользу того, что неокортикальные репрезентации, как фонетического паттерна слова, так и его семантики могут формироваться в пределах 1—2 часов активного ассоциативного научения и даже быстрее — т. е. без длительного периода времени, гипотетически требующегося на консолидацию памяти.

Вероятно, данные эффекты синхронизированы с предъявлением стимула и длятся относительно короткое время, что не позволило детектировать их во многих фМРТ-экспериментах. Дальнейшее усиление пластических изменений коры во время процесса консолидации, вероятно, изменяет характер мозговой активности, что может позволить зарегистрировать эти изменения на фМРТ на второй день.

Действительно, как было сказано выше, значительное количество работ с использованием фМРТ выявили изменения исключительно на второй день после процедуры научения. Прямое сопоставление ЭЭГ-и фМРТ-исследований возможно при повторении записи ЭЭГ или МЭГ на следующий день после научения.

Особое внимание при этом следует уделить: 1) контролю ознакомления с фонологическим паттерном псевдослов; 2) эффективной процедуре научения, обеспечивающей активное вовлечение испытуемых в процесс запоминания формы и семантики новых слов — данное условие позволит наиболее полно симитировать естественные условия усвоения языка.

В рамках обозначенной парадигмы интересно проверить, воспринимаются ли затверженные псевдослова с семантикой подобно реальным словам. В фМРТ-экспериментах в качестве критерия встраивания нового слова в обработку, осуществляемую неокортикальными речевыми областями, Дэвис с соавторами [3] предложили использовать эффект лексического конфликта (lexical competition). Псевдослова были построены из реальных слов английского языка с измененным последним слогом, например, ‘cathedruke’ (образовано от ‘cathedral’). После того как испытуемые пассивно прослушали набор псевдослов, у них обнаруживалась задержка реакции при тесте на категоризацию исходного слова. Наиболее интересно, что было выявлено замедление реакции на эту же задачу спустя сутки после эксперимента. Данный эффект и служил марке-

ром интеграции псевдослова в языковую сеть (лексикон) в целом ряде работ, посвященных пассивному восприятию псевдослов [3; 6; 38].

Однако в работе Такашима [31], где использовались «пустые» словоформы и псевдослова с ассоциацией, эффект лексического конфликта наблюдался только для псевдослов без ассоциации. Для псевдослов с ассоциацией эффект лексического конфликта отсутствовал. При этом припоминание для слов с ассоциацией было лучше в день научения и значительно улучшилось на второй день.

Таким образом, эффект лексического конфликта не является объективным критерием «встраивания» слова в лексикон и для исследований в данном направлении требуются новые критерии, например, исследование динамики компонента N400.

Заключение

Подводя итог анализу литературы по данному вопросу, необходимо указать, что, несмотря на наличие обширной литературы, посвященной научению

новым словам, до сих пор не вполне освещены многие принципиально важные вопросы.

Прежде всего, сохраняются разногласия относительно того, требуется ли длительный многочасовой период консолидации, чтобы эффекты научения новым словам можно было выявить в речевых и иных зонах новой коры больших полушарий. Остается спорным вопрос касательно локализации эффектов, связанных с распознаванием фонетического паттерна слова и его семантики.

Также не вполне ясны латентность данных процессов, их временная динамика и их взаимное влияние друг на друга.

Данные вопросы требуют дополнительных исследований с использованием методов, обеспечивающих высокое пространственное и временное разрешение, и парадигмы, способной обеспечить эффективное научение новым словам.

Для прямой проверки гипотезы о двухстадийном усвоении новых слов крайне желательно произвести измерения в день научения и на следующий день после, понаблюдав динамику мозговой активности не только с использованием фМРТ-метода, но и ЭЭГ/МЭГ для возможности прямого сопоставления результатов.

Литература

1. Borovsky A., Kutas M., Elman J.L. Getting it right: Word learning across the hemispheres Arielle // *Neuropsychologia*. 2013. Vol. 51. № 5. P. 825—837. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2013.01.027
2. Carey S., Bartlett E. Acquiring a single new word // *Papers and Reports on Child Language Development*. 1978. Vol. 15. P. 17—29.
3. Davis M.H., Gaskell M.G. A complementary systems account of word learning: neural and behavioural evidence // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 2009. Vol. 364. № 1536. P. 3773—3800. DOI:10.1098/rstb.2009.0111
4. DeWitt I., Rauschecker J.P. Phoneme and word recognition in the auditory ventral stream // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. Vol. 8. № 109. P. 505—514. DOI:10.1073/pnas.1113427109
5. Differentiating semantic categories during the acquisition of novel words: Correspondence analysis applied to event-related potentials / R. Fargier [et al.] // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2014. Vol. 26. № 11. P. 2552—2563. DOI:10.1162/jocn_a_00669
6. Dumay N., Gaskell M.G. Sleep-associated changes in the mental representation of spoken words: Research report // *Psychological Science*. 2007. Vol. 18. № 1. P. 35—39. DOI:10.1111/j.1467-9280.2007.01845.x
7. Early access to lexical-level phonological representations of Mandarin word-forms: evidence from auditory N1 habituation / J. Yue [et al.] // *Language, Cognition and Neuroscience*. 2017. Vol. 32. № 9. P. 1148—1163. DOI:10.1080/23273798.2017.1290261
8. Effects of memory consolidation on human hippocampal activity during retrieval / S. Bosshardt [et al.] // *Cortex*. 2005. Vol. 41. № 4. P. 486—498. DOI:10.1016/S0010-9452(08)70189-8
9. Engell A.D., Huettel S., McCarthy G. The fMRI BOLD signal tracks electrophysiological spectral perturbations, not event-related potentials // *NeuroImage*. 2012. Vol. 59. № 3. P. 2600—2606. DOI:10.1016/j.neuroimage.2011.08.079
10. Experience-Dependent Adult Cortical Plasticity Requires Cognitive Association between Sensation and Reward / D.T. Blake [et al.] // *Neuron*. 2006. Vol. 52. № 2. P. 371—381. DOI:10.1016/j.neuron.2006.08.009
11. Experience-Dependent Plasticity in S1 Caused by Noncoincident Inputs / D.T. Blake [et al.] // *Journal of Neurophysiology*. 2005. Vol. 94. № 3. P. 2239—2250. DOI:10.1152/jn.00172.2005
12. Fodor J.A. *The modularity of mind*. Cambridge; London: MIT press, 1983. 144 p.
13. Gaskell M.G., Dumay N. Lexical competition and the acquisition of novel words // *Cognition*. 2003. Vol. 89. № 2. P. 105—132. DOI:10.1016/S0010-0277(03)00070-2
14. Griffiths T.D., Warre J.D. What is an auditory object? // *Nature Reviews Neuroscience*. 2004. Vol. 5. № 11. P. 887—892. DOI:10.1038/nrn1538
15. Hawkins E., Astle D.E., Rastle K. Semantic advantage for learning new phonological form representations // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2015. Vol. 27. № 4. P. 775—786. DOI:10.1162/jocn_a_00730

16. Hippocampus activity differentiates good from poor learners of a novel lexicon / C. Breitenstein [et al.] // *Neuroimage*. 2005. Vol. 25. № 3. P. 958—968. DOI:10.1016/j.neuroimage.2004.12.019
17. Hofstetter S., Friedmann N., Assaf Y. Rapid language-related plasticity: microstructural changes in the cortex after a short session of new word learning // *Brain Structure & Function*. 2017. Vol. 222. № 3. P. 1231—1241. DOI:10.1007/s00429-016-1273-2
18. Kimppa L., Kujala T., Shtyrov Y. Individual language experience modulates rapid formation of cortical memory circuits for novel words // *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. P. 1—10. DOI:10.1038/srep30227
19. Kompus K., Westerhausen R. Increased MMN amplitude following passive perceptual learning with LTP-like rapid stimulation // *Neuroscience Letters*. 2018. Vol. 666. P. 28—31. DOI:10.1016/j.neulet.2017.12.035
20. Kutas M., Federmeier K.D. Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP) [Электронный ресурс] // *Annual Review of Psychology*. 2011. Vol. 62. P. 621—647. URL: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.psych.093008.131123> (дата обращения: 22.05.2020).
21. Merhav M., Karni A., Gilboa A. Not all declarative memories are created equal: Fast Mapping as a direct route to cortical declarative representations // *Neuroimage*. 2015. Vol. 117. P. 80—92. DOI:10.1016/j.neuroimage.2015.05.027
22. Mestres-Missé A., Rodríguez-Fornells A., Münte T.F. Watching the brain during meaning acquisition [Электронный ресурс] // *Cerebral Cortex*. 2007. Vol. 17. № 8. P. 1858—1866. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl094> (дата обращения: 22.05.2020).
23. Neural correlates of instrumental learning in primary auditory cortex / D.T. Blake [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. Vol. 99. № 15. P. 10114—10119. DOI:10.1073/pnas.092278099
24. Neural representations for newly learned words are modulated by overnight consolidation, reading skill, and age / N. Landi [et al.] // *Neuropsychologia*. 2018. Vol. 111. P. 133—144. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.011
25. Neurophysiological Correlates of Fast Mapping of Novel Words in the Adult Brain / M.J. Vasilyeva [et al.] // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. Vol. 13. Article ID 304. 10 p. DOI:10.3389/fnhum.2019.00304
26. Neurophysiological evidence for the interplay of speech segmentation and word-referent mapping during novel word learning / C. François [et al.] // *Neuropsychologia*. 2017. Vol. 98. P. 56—67. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2016.10.006
27. Neurophysiological mechanisms involved in language learning in adults / A. Rodríguez-Fornells [et al.] // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009. Vol. 364. № 1536. P. 3711—3735. DOI:10.1098/rstb.2009.0130
28. Rapid and automatic speech-specific learning mechanism in human neocortex / L. Kimppa [et al.] // *NeuroImage*. 2015. Vol. 118. P. 282—291. DOI:10.1016/j.neuroimage.2015.05.098
29. Rapid Cortical Plasticity Supports Long-Term Memory Formation / M. Hebscher [et al.] // *Trends in Cognitive Sciences*. 2019. Vol. 23. № 12. P. 989—1002. DOI:10.1016/j.tics.2019.09.009
30. Referent's Lexical Frequency Predicts Mismatch Negativity Responses to New Words Following Semantic Training / A.A. Aleksandrov [et al.] // *Journal of Psycholinguistic Research*. 2019. Vol. 49. № 2. P. 187—198. DOI:10.1007/s10936-019-09678-3
31. Richness of information about novel words influences how episodic and semantic memory networks interact during lexicalization / A. Takashima [et al.] // *NeuroImage*. 2014. Vol. 84. P. 265—278. DOI:10.1016/j.neuroimage.2013.08.023
32. Sasaki Y., Nanez J.E., Watanabe T. Advances in visual perceptual learning and plasticity // *Nature Reviews Neuroscience*. 2010. Vol. 11. № 1. P. 53—60. DOI:10.1038/nrn2737
33. Seitz A.R., Dinse H.R. A common framework for perceptual learning // *Current Opinion in Neurobiology*. 2007. Vol. 17. № 2. P. 148—153. DOI:10.1016/j.conb.2007.02.004
34. Sharon T., Moscovitch M., Gilboa A. Rapid neocortical acquisition of long-term arbitrary associations independent of the hippocampus // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011. Vol. 108. № 3. P. 1146—1151. DOI:10.1073/pnas.1005238108
35. Shtyrov Y. Fast mapping of novel word forms traced neurophysiologically [Электронный ресурс] // *Frontiers in Psychology*. 2011. Vol. 2. Article ID 340. P. 1—9. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2011.00340/full> (дата обращения: 22.05.2020).
36. Shtyrov Y., Kirsanov A., Shcherbakova O. Explicitly Slow, Implicitly Fast, or the Other Way Around? Brain Mechanisms for Word Acquisition // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. Vol. 13. Article ID 116. 4 p. DOI:10.3389/fnhum.2019.00116
37. Shtyrov Y., Nikulin V. V., Pulvermuller F. Rapid Cortical Plasticity Underlying Novel Word Learning // *Journal of Neuroscience*. 2010. Vol. 30. № 50. P. 16864—16867. DOI:10.1523/jneurosci.1376-10.2010
38. Sleep spindle activity is associated with the integration of new memories and existing knowledge / J. Tamminen [et al.] // *Journal of Neuroscience*. 2010. Vol. 30. № 43. P. 14356—14360. DOI:10.1523/JNEUROSCI.3028-10.2010
39. Yue J., Bastiaanse R., Alter K. Cortical plasticity induced by rapid Hebbian learning of novel tonal word-forms: Evidence from mismatch negativity // *Brain and Language*. 2014. Vol. 139. P. 10—22. DOI:10.1016/j.bandl.2014.09.007

References

1. Borovsky A., Kutas M., Elman J.L. Getting it right: Word learning across the hemispheres Arielle. *Neuropsychologia*, 2013. Vol. 51, no. 5, pp. 825—837. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2013.01.027
2. Carey S., Bartlett E. Acquiring a single new word. *Papers and Reports on Child Language Development*, 1978. Vol. 15, pp. 17—29.
3. Davis M.H., Gaskell M.G. A complementary systems account of word learning: neural and behavioural evidence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 2009. Vol. 364, no. 1536, pp. 3773—3800. DOI:10.1098/rstb.2009.0111
4. DeWitt I., Rauschecker J.P. Phoneme and word recognition in the auditory ventral stream. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012. Vol. 8, no. 109, pp. 505—514. DOI:10.1073/pnas.1113427109
5. Fargier R. et al. Differentiating semantic categories during the acquisition of novel words: Correspondence analysis applied to event-related potentials. *Journal of cognitive neuroscience*, 2014. Vol. 26, no. 11, pp. 2552—2563. DOI:10.1162/jocn_a_00669
6. Dumay N., Gaskell M.G. Sleep-associated changes in the mental representation of spoken words: Research report. *Psychological Science*, 2007. Vol. 18, no. 1, pp. 35—39. DOI:10.1111/j.1467-9280.2007.01845.x
7. Yue J. et al. Early access to lexical-level phonological representations of Mandarin word-forms: evidence from auditory N1 habituation. *Language, Cognition and Neuroscience*, 2017. Vol. 32, no. 9, pp. 1148—1163. DOI:10.1080/23273798.2017.1290261
8. Bosshardt S. et al. Effects of memory consolidation on human hippocampal activity during retrieval. *Cortex*, 2005. Vol. 41, no. 4, pp. 486—498. DOI:10.1016/S0010-9452(08)70189-8
9. Engell A.D., Huettel S., McCarthy G. The fMRI BOLD signal tracks electrophysiological spectral perturbations, not event-related potentials. *NeuroImage*, 2012. Vol. 59, no. 3, pp. 2600—2606. DOI:10.1016/j.neuroimage.2011.08.079
10. Blake D.T. et al. Experience-Dependent Adult Cortical Plasticity Requires Cognitive Association between Sensation and Reward. *Neuron*, 2006. Vol. 52, no. 2, pp. 371—381. DOI:10.1016/j.neuron.2006.08.009
11. Blake D.T. et al. Experience-Dependent Plasticity in S1 Caused by Noncoincident Inputs. *Journal of Neurophysiology*, 2005. Vol. 94, no. 3, pp. 2239—2250. DOI:10.1152/jn.00172.2005
12. Fodor J.A. *The modularity of mind*. Cambridge; London: MIT press, 1983. 144 p.
13. Gaskell M.G., Dumay N. Lexical competition and the acquisition of novel words. *Cognition*, 2003. Vol. 89, no. 2, pp. 105—132. DOI:10.1016/S0010-0277(03)00070-2
14. Griffiths T.D., Warre J.D. What is an auditory object? *Nature Reviews Neuroscience*, 2004. Vol. 5, no. 11, pp. 887—892. DOI:10.1038/nrn1538
15. Hawkins E., Astle D.E., Rastle K. Semantic advantage for learning new phonological form representations. *Journal of cognitive neuroscience*, 2015. Vol. 27, no. 4, pp. 775—786. DOI:10.1162/jocn_a_00730
16. Breitenstein C. et al. Hippocampus activity differentiates good from poor learners of a novel lexicon. *NeuroImage*, 2005. Vol. 25, no. 3, pp. 958—968. DOI:10.1016/j.neuroimage.2004.12.019
17. Hofstetter S., Friedmann N., Assaf Y. Rapid language-related plasticity: microstructural changes in the cortex after a short session of new word learning. *Brain Structure & Function*, 2017. Vol. 222, no. 3, pp. 1231—1241. DOI:10.1007/s00429-016-1273-2
18. Kimppa L., Kujala T., Shtyrov Y. Individual language experience modulates rapid formation of cortical memory circuits for novel words. *Scientific Reports*, 2016. Vol. 6, pp. 1—10. DOI:10.1038/srep30227
19. Kompus K., Westerhausen R. Increased MMN amplitude following passive perceptual learning with LTP-like rapid stimulation. *Neuroscience Letters*, 2018. Vol. 666, pp. 28—31. DOI:10.1016/j.neulet.2017.12.035
20. Kutas M., Federmeier K.D. Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP) [Elektronnyi resurs]. *Annual review of psychology*, 2011. Vol. 62, pp. 621—647. URL: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.psych.093008.131123> (Accessed 22.05.2020).
21. Merhav M., Karni A., Gilboa A. Not all declarative memories are created equal: Fast Mapping as a direct route to cortical declarative representations. *NeuroImage*, 2015. Vol. 117, pp. 80—92. DOI:10.1016/j.neuroimage.2015.05.027
22. Mestres-Missé A., Rodriguez-Fornells A., Münte T.F. Watching the brain during meaning acquisition [Elektronnyi resurs]. *Cerebral Cortex*, 2007. Vol. 17, no. 8, pp. 1858—1866. URL: <https://doi.org/10.1093/cercor/bhl094> (Accessed 22.05.2020).
23. Blake D.T. et al. Neural correlates of instrumental learning in primary auditory cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002. Vol. 99, no. 15, pp. 10114—10119. DOI:10.1073/pnas.092278099
24. Landi N. et al. Neural representations for newly learned words are modulated by overnight consolidation, reading skill, and age. *Neuropsychologia*, 2018. Vol. 111, pp. 133—144. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.011
25. Vasilyeva M.J. et al. Neurophysiological Correlates of Fast Mapping of Novel Words in the Adult Brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2019. Vol. 13, article ID 304, 10 p. DOI:10.3389/fnhum.2019.00304
26. François C. et al. Neurophysiological evidence for the interplay of speech segmentation and word-referent mapping during novel word learning. *Neuropsychologia*, 2017. Vol. 98, pp. 56—67. DOI:10.1016/j.neuropsychologia.2016.10.006

27. Rodríguez-Fornells A. et al. Neurophysiological mechanisms involved in language learning in adults. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2009. Vol. 364, no. 1536, pp. 3711—3735. DOI:10.1098/rstb.2009.0130
28. Kimppa L. et al. Rapid and automatic speech-specific learning mechanism in human neocortex. *NeuroImage*, 2015. Vol. 118, pp. 282—291. DOI:10.1016/j.neuroimage.2015.05.098
29. Hebscher M. et al. Rapid Cortical Plasticity Supports Long-Term Memory Formation. *Trends in Cognitive Sciences*, 2019. Vol. 23, no. 12, pp. 989—1002. DOI:10.1016/j.tics.2019.09.009
30. Aleksandrov A.A. et al. Referent's Lexical Frequency Predicts Mismatch Negativity Responses to New Words Following Semantic Training. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2019. Vol. 49, no. 2, pp. 187—198. DOI:10.1007/s10936-019-09678-3
31. Takashima A. et al. Richness of information about novel words influences how episodic and semantic memory networks interact during lexicalization. *NeuroImage*, 2014. Vol. 84, pp. 265—278. DOI:10.1016/j.neuroimage.2013.08.023
32. Sasaki Y., Nanez J.E., Watanabe T. Advances in visual perceptual learning and plasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 2010. Vol. 11, no. 1, pp. 53—60. DOI:10.1038/nrn2737
33. Seitz A.R., Dinse H.R. A common framework for perceptual learning. *Current Opinion in Neurobiology*, 2007. Vol. 17, no. 2, pp. 148—153. DOI:10.1016/j.conb.2007.02.004
34. Sharon T., Moscovitch M., Gilboa A. Rapid neocortical acquisition of long-term arbitrary associations independent of the hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011. Vol. 108, no. 3, pp. 1146—1151. DOI:10.1073/pnas.1005238108
35. Shtyrov Y. Fast mapping of novel word forms traced neurophysiologically [Elektronnyi resurs]. *Frontiers in Psychology*, 2011. Vol. 2, article ID 340, pp. 1—9. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2011.00340/full> (Accessed 22.05.2020).
36. Shtyrov Y., Kirsanov A., Shcherbakova O. Explicitly Slow, Implicitly Fast, or the Other Way Around? Brain Mechanisms for Word Acquisition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2019. Vol. 13, article ID 116, 4 p. DOI:10.3389/fnhum.2019.00116
37. Shtyrov Y., Nikulin V.V., Pulvermuller F. Rapid Cortical Plasticity Underlying Novel Word Learning. *Journal of Neuroscience*, 2010. Vol. 30, no. 50, pp. 16864—16867. DOI:10.1523/JNEUROSCI.1376-10.2010
38. Tamminen J. et al. Sleep spindle activity is associated with the integration of new memories and existing knowledge. *Journal of Neuroscience*, 2010. Vol. 30, no. 43, pp. 14356—14360. DOI:10.1523/JNEUROSCI.3028-10.2010
39. Yue J., Bastiaanse R., Alter K. Cortical plasticity induced by rapid Hebbian learning of novel tonal word-forms: Evidence from mismatch negativity. *Brain and Language*, 2014. Vol. 139, pp. 10—22. DOI:10.1016/j.bandl.2014.09.007

Информация об авторах

Разоренова Александра Михайловна, аспирант, центр вычислительных систем и анализа данных в науке и технике (CDISE), Сколковский институт науки и технологий (Сколтех); младший научный сотрудник, Центр нейрочислительных исследований (МЭГ-центр), Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3386-6914>, e-mail: razoral@ya.ru

Скавронская Валерия Владимировна, младший научный сотрудник Центра нейрочислительных исследований (МЭГ-центр), Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0093-6592>, e-mail: skavronskaya.valerie@mail.ru

Тюленев Никита Борисович, младший научный сотрудник Центра нейрочислительных исследований (МЭГ-центр), Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1214-7478>, e-mail: tnb6@yandex.ru

Рытикова Анна Менашевна, кандидат технических наук, младший научный сотрудник Центра нейрочислительных исследований (МЭГ-центр), Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0153-9457>, e-mail: ann.zelener@mail.ru

Чернышев Борис Владимирович, кандидат биологических наук, руководитель Центра нейрочислительных исследований (МЭГ-центр), Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ); доцент кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ имени М.В. Ломоносова); доцент департамента психологии факультета социальных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8267-3916>, e-mail: b_chernysh@mail.ru

Information about the authors

Alexandra M. Razorenova, Postgraduate Student, Center for Computational and Data-Intensive Science and Engineering (CDISE), Skolkovo Institute of Science and Technology, Junior researcher, Center for Neurocognitive Research (MEG center), Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3386-6914>, e-mail: razoral@ya.ru

Valeriya V. Skavronskaya, Junior Researcher, Center for Neurocognitive Research (MEG Center), Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0093-6592>, e-mail: skavronskaya.valerie@mail.ru

Nikita B. Tyulenev, Junior Researcher, Center for Neurocognitive Research (MEG Center), Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1214-7478>, e-mail: tnb6@yandex.ru

Anna M. Rytikova, PhD in Engineering, Junior Researcher, Center for Neurocognitive Research (MEG Center), Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0153-9457>, e-mail: ann.zelener@mail.ru

Boris V. Chernyshev, PhD in Biology, Head of the Center for Neurocognitive Research (MEG-center), Moscow State University of Psychology & Education; Associate Professor, Department of Higher Nervous Activity, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University; Associate Professor, Department of Psychology, National Research University Higher School of Economics, Moscow Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8267-3916>, e-mail: b_chernysh@mail.ru

Получена 01.04.2020

Received 01.04.2020

Принята в печать 08.05.2020

Accepted 08.05.2020