

УДК 612.821+612.822.3

НЕОСОЗНАВАЕМЫЕ ПРОЦЕССЫ КОНТЕКСТНОГО КОНТРОЛЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ПРОСТЫХ СТИМУЛОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

© 2009 г. Е. В. Левичкина*, А. Я. Каплан**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт проблем передачи информации
им. А.А. Харкевича

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 02.08.2007 г.

В исследовании с участием 10 здоровых испытуемых-добровольцев методом вызванных потенциалов (ВП) определялось влияние несемантического контекста на восприятие простых невербализуемых зрительных стимулов. Несемантический контекст задавался путем формирования памятного следа к тестовому зрительному стимулу посредством его многократного повторения без какой-либо инструкции испытуемому кроме фиксации взора. Затем этот же стимул предъявлялся в случайном чередовании с контрольными стимулами, не имевшими к началу их предъявления памятного следа. Было показано, что ВП в интервале 260–340 мс после предъявления стимула на ранее предъявлявшийся простой невербализуемый стимул статистически значимо отличается от контрольных ВП. Полученные результаты свидетельствуют о возможности модификации некоторых стадий обработки зрительных стимулов несемантическим контекстом.

В экспериментальной психологии хорошо известно, что одни и те же стимулы могут по-разному восприниматься и вызывать разные поведенческие реакции в зависимости от характера неосознаваемой человеком контекстной информации [1–3].

В энцефалографических исследованиях эти эффекты были надежно продемонстрированы методом вызванных потенциалов, поздние компоненты которых изменялись по амплитуде в зависимости, например, от того, впервые или повторно предъявлялись сенсорные стимулы (см. обзор [4]).

В этих исследованиях маскирующая стимуляция не позволяла испытуемым осознанно заметить предварительное их ознакомление с теми или иными стимулами [5–7].

Эти и другие данные позволили прийти к предположению о том, что процесс анализа одних и тех же стимулов может приводить к разным результатам в зависимости, в том числе, и от неосознаваемого субъектом собственного опыта, от предварительного ознакомления испытуемого с формирующими контекст стимулами. Была выдвинута гипотеза о существовании двух различных систем памяти: эксплицитной и имплицитной, обслуживающих соответственно осознаваемый и неосознаваемый контексты восприятия [8].

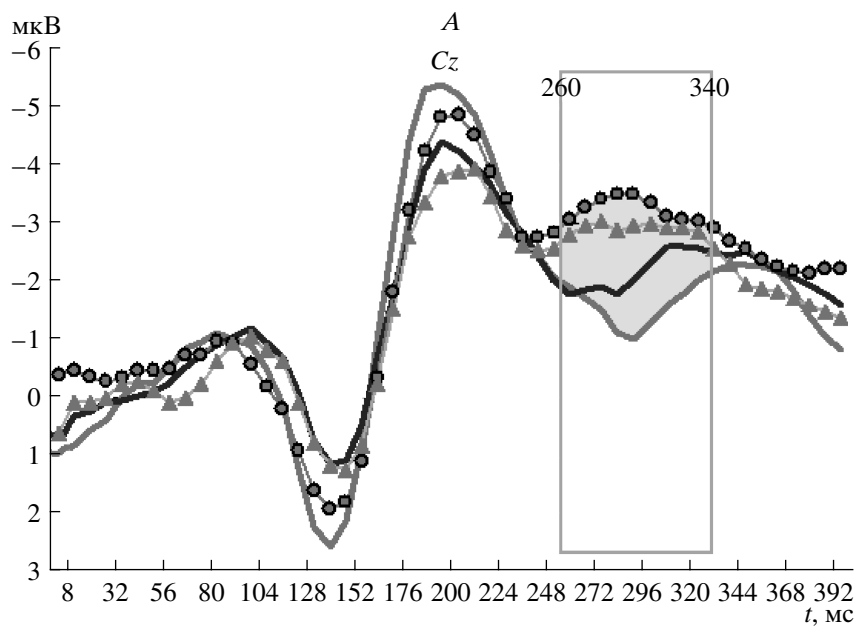
Однако в чем заключается контекст, позволяющий даже на неосознанном уровне автоматически “сортировать” стимулы на более и менее соответствующие этому контексту? Практически все исследовательские парадигмы в этом отношении апеллировали к семантическому контексту,

для чего, как правило, использовали в качестве стимулов слова, изображения разных категорий объектов и т.д. Останется ли влияние контекста, если задающие этот контекст стимулы будут лишены семантической атрибутики?

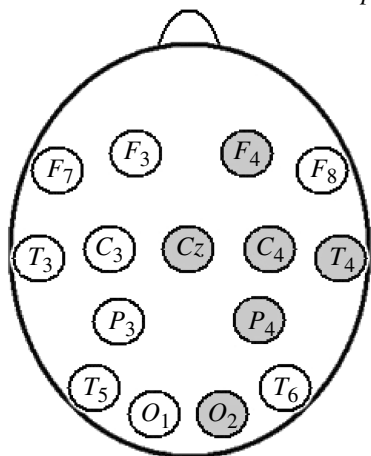
Целью настоящей работы было выяснить, ограничивается ли неосознаваемое контекстное “управление” восприятием стимулов семантическими фильтрами, или это возможно даже при отсутствии у стимулов выраженного семантического контекста?

Тулвиг и Шактер предположили, что имплицитная память может актуализироваться на уровне пресемантической презентации стимулов [3]. Манипуляции со смыслом стимулов дали, однако, противоречивые результаты. В экспериментах с бессмысленными фигурами и микшированными картинками эффективность контекста в восприятии практически нивелировалась [9, 10]. В то же время удалось продемонстрировать контекстное влияние на восприятие при сопоставлении микшированных и нормальных изображений [10].

Таким образом, вопрос о необходимости семантической атрибутики стимулов для формирования эффективного контекста восприятия остается открытым. В этой связи в настоящей работе проверялась гипотеза о том, проявятся ли известные эффекты обусловленного контекстом изменения вызванных потенциалов при использовании очень простых стимулов, не вербализуемых при их восприятии.

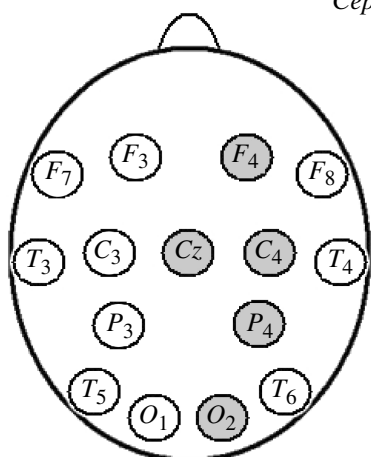


Серия 12 Б



O2м	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2	F4м	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2
260-276					260-276				
276-292					276-292				
292-308					292-308				
308-324					308-324				
324-340					324-340				
P4м	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2	T4м	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2
260-276					260-276				
276-292					276-292				
292-308					292-308				
308-324					308-324				
324-340					324-340				
C4м	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2	Czм	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2
260-276					260-276				
276-292					276-292				
292-308					292-308				
308-324					308-324				
324-340					324-340				

Серия 22



O2б	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2	F4б	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2
260-276					260-276				
276-292					276-292				
292-308					292-308				
308-324					308-324				
324-340					324-340				
P4б	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2	T4б	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2
260-276					260-276				
276-292					276-292				
292-308					292-308				
308-324					308-324				
324-340					324-340				
C4б	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2	Czб	п-т	т-к1	т-к2	к1-к2
260-276					260-276				
276-292					276-292				
292-308					292-308				
308-324					308-324				
324-340					324-340				

Аналогично показаны результаты сравнения для серии 2 (большие стимулы).

МЕТОДИКА

Исследование было выполнено с участием 10 испытуемых-добровольцев (4 мужчины и 6 женщин).

ЭЭГ регистрировали монополярно в 15 отведениях ($O_1, O_2, P_3, P_4, T_5, T_6, T_5, T_4, C_3, C_4, C_2, F_3, F_4, F_7, F_8$) относительно объединенного ушного электрода, с частотой 500 Гц. Зрительные стимулы представляли собой вспышки (0.15 мкс x 4, 20 мс) четырех красных светодиодов АЛ307, составляющих разные паттерны. Пятый светодиод располагался в центре поля зрения и служил постоянной точкой фиксации, а четыре остальных располагались по одному в каждом квадранте поля зрения и составляли вершины четырехугольников с неравными сторонами. Использовались комплекты паттернов двух угловых размеров (далее в тексте “маленькие” и “большие”) для контроля влияния эксцентриситета предъявляемых стимулов. В проекции на сетчатку светодиодные стимулы из маленьких и больших паттернов располагались на расстоянии соответственно 2.3–4.6 и 4.6–9.1 градусов от центра, т.е. в обоих случаях проецировались во внефовеальную область сетчатки [11, 12]. Длительность предъявления стимула составляла 20 мс, после чего в течение 700 мс записывалась реакция на стимул, а затем следовал случайный интервал, равный 50–400 мс.

Контекст восприятия формировался путем повторяющегося предъявления в начале сессии одного и того же стимула без какой-либо инструкции, кроме фиксации взора. Затем предъявляли этот же стимул в случайном чередовании с другими стимулами, ранее не предъявлявшимися. Отдельная сессия состояла из двух частей: в начале сессии 25 раз подряд предъявляется один и тот же **повторяющийся** стимул, затем в стохастическом порядке предъявлялся тот же стимул уже как **тестовый** и два ранее не предъявлявшихся **контрольных** стимула. Каждый стимул встречался в предъявляемом ряду 25–30 раз. При этом центральный светодиод, использовавшийся как точка фиксации, светился постоянно с яркостью, сниженной по сравнению с другими диодами в 2 раза. Каждый испытуемый участвовал в 8 сессиях (8 записей ЭЭГ), в каждой из которых использовались разные стиму-

лы-паттерны. Сессии были сгруппированы в 2 серии по 4 записи, отдельно со стимулами маленьких и больших размеров. Таким образом, неосознаваемый испытуемым контекст обработки зрительных стимулов заключался в том, что в отношении одного из этих стимулов путем его изолированного многократного предъявления были сформированы имплицитные модели.

Полученные однократные вызванные потенциалы (ВП) предварительно сглаживались усреднением ЭЭГ в последовательных окнах шириной 8 мс (4 отсчета) и далее усреднялись для каждого типа условий, т.е. получался усредненный повторяющийся, усредненный тестовый и два усредненных контрольных ВП в каждой сессии. Затем для каждого испытуемого отдельно между собой усреднялись ВП одного типа внутри каждой из двух серий (большие либо маленькие стимулы). Таким образом, для каждого испытуемого по результатам каждой серии были получены усредненные ВП трех типов: **усредненный повторяющийся, усредненный тестовый** и два **усредненных контрольных**. После визуальной оценки различий для анализа был выделен интервал 400 мс от момента предъявления стимула, содержащий после усреднения 50 временных отсчетов.

Статистический анализ предполагал сравнение амплитуд всех типов ВП между собой. Для этого формировались пары сравнений ВП: тестовый – повторяющийся, тестовый – контрольный 1, тестовый – контрольный 2, повторяющийся – контрольный 1, повторяющийся – контрольный 2, контрольный 1 – контрольный 2. Анализ включал в себя статистическое оценивание (по критерию Вилкоксона) гипотезы о неравенстве нулю разности средних значений амплитуд ВП в парах для каждой из 50 точек оценивания временного ряда ВП. Оценивание по каждой паре сравниваемых стимулов проводили по всем испытуемым, для каждого из 15 ЭЭГ-отведений. Далее проводилось обобщение выявленных статистических различий в парах ВП с учетом знака разности.

Отличия амплитуд вызванных потенциалов (ВП) на тестовые стимулы и остальные типы стимулов.

На А – усредненные для 10 испытуемых ВП на тестовые стимулы (черная линия), повторяющиеся стимулы (жирная серая линия), контрольные стимулы (контроль 1 – круги, контроль 2 – треугольники), отведение C_2 , серия 1 (маленькие стимулы). По горизонтали показано время относительно момента предъявления стимула в миллисекундах, по вертикали отложена амплитуда усредненных ВП.

На Б – слева показана топография полученных статистически значимых различий ($p < 0.05$) для сравнений амплитуд ВП всех типов *серии 1* (маленькие стимулы). Справа даны сводные таблицы статистически значимых различий для отведений $O_2, P_4, C_4, C_2, T_4, F_4$. В таблицах ячейка обозначает два соседних отсчета по 8 мс, интервалы времени от момента предъявления стимула показаны в первом столбце. Сравнения ВП на повторные стимулы и ВП на тестовые стимулы обозначены п-т, ВП на тестовые стимулы и контрольные стимулы – т-к1 и т-к2, ВП на контрольные стимулы между собой – к1-к2. Ячейка окрашена темно-серым цветом, если в соседних отсчетах наблюдались статистически значимые различия одного знака, и светло-серым, если различия обнаруживались только в одном из соседних отсчетов, если различий не обнаружено, ячейка окрашена белым.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты анализа показали, что в интервале 260–340 мс возникают статистически значимые отличия ($p < 0.05$) амплитуд ВП на тестовые стимулы и остальные типы стимулов. В этом интервале ВП на тестовые стимулы, имеющие предварительно сформированный памятный след, были негативнее, чем на повторяющийся стимул и позитивнее, чем на контрольные стимулы. При этом контрольные стимулы между собой не различались. Различия сходны в обеих сериях и возникают в теменно-центрально-лобных областях правого полушария.

На рисунке сверху в качестве примера обнаруженных амплитудных различий представлены усредненные для всех испытуемых ВП в отведении Cz на повторяющиеся, тестовые и контрольные стимулы для серии 1 (предъявление маленьких стимулов). Снизу схематично показана топография полученных статистически значимых различий. Поскольку при росте количества статистических сравнений часть получаемых результатов неизбежно будет ложной, мы отмечаем различия амплитуд ВП только в том случае, если в двух соседних интервалах оценивания (отсчетах) наблюдались статистически значимые различия ($p < 0.05$) одного знака, то есть ВП на один тип стимула в двух соседних отсчетах больше (либо в двух соседних отсчетах меньше), чем ВП на второй тип стимула. Для каждого отведения обеих серий сравнения приводится сводная таблица различий, построенная по этому принципу: каждая ячейка таблицы обозначает два соседних отсчета по 8 мс, ячейка окрашена темно-серым цветом, если в обоих отсчетах наблюдались статистически значимые различия одного знака и светло-серым, если различия обнаруживались только в одном из соседних отсчетов.

Можно видеть, что ВП на тестовый стимул в интервале 260–340 мс после предъявления стимула почти повторяет форму ВП на повторный стимул, отличаясь при этом от ВП на контрольные стимулы. Это может означать, что в ситуации отсутствия какой-либо задачи уже виденный, запомненный пассивно при большом количестве повторений стимул на уровне коры оценивается иначе, чем стимулы, не предъявлявшиеся ранее.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

К настоящему времени показана связь с обращением к памяти ряда компонентов зрительного вызванного потенциала [13–16], приходящихся на поздние интервалы после предъявления стимула – около 200–800 мс. Согласно данным литературы, в интервале около 150–300 мс после предъявления стимула в зрительных вызванных потенциалах воз-

никают первые эффекты, связанные с распознаванием и анализом изображения [17, 18].

Особенно вероятно это для пика P300, так как различия ВП в этой области могут быть связаны с процессами извлечения из памяти и сравнения. Так, возникающий в интервале около 300 мс от момента предъявления стимула компонент P3a связывают с появлением нового, совершенно неожиданного, “сюрпризного” стимула [19]. Генерацию P3a связывают с вовлечением лобных долей коры [20], и возникновение P3a зависит от целостности лобной коры [21]. Этот компонент признается идентичным так называемому “Novelty P3”, или P3, возникающему в задачах выделения ранее не встречавшихся стимулов (парадигма *old/new*) [22].

Выделено несколько компонентов, реагирующих на новизну и знакомость стимулов в парадигме *old/new*. Все они выражаются в большей позитивности ВП в ответ на знакомые стимулы в сравнении с новыми [23, 24], однако они различаются по топографии и привязке к типу задачи.

Показано, что самые ранние зрительные *old/new* эффекты проявляются в интервале 170–260 мс от момента предъявления стимула с фокусом в затылочно-височной области, это так называемый “потенциал зрительной памяти” (visual memory potential – VMP), выделенный Беглейтером и соавт. [25], возникновение которого связывают с работой кратковременной памяти.

Более поздние *old/new* эффекты – фронтальный в интервале 300–500 мс и теменной в интервале 400–800 мс. *Old/new* эффект в интервале 300–500 мс часто называют FN400 *old/new* [25, 26, 27] из-за его сходства с компонентом семантического рассогласования N400, однако обычно *old/new* эффект распределен более фронтально, чем центропаритетальный эффект семантического рассогласования. Поздний *old/new* effect обычно называют паритетальным *old/new* эффектом [28, 29], (см. обзор [30]).

Недавние исследования показали, что компонент в области 300–500 мс связан с процессами определения глобального сходства, а более поздний, в интервале 400–800 мс – с процессами извлечения из памяти информации о детальных свойствах объекта [29, 31].

В настоящей работе ВП на новые для испытуемого стимулы – контрольные – в области 300 мс более негативны, а тестовые стимулы, предположительно уже имеющие памятный след – более позитивны и стремятся по уровню позитивного отклонения к ВП на повторяющиеся стимулы. То есть, мы наблюдаем проявление эффекта, подобного *old/new*. По пространственно-временным свойствам возникающий компонент сходен как с потенциалом зрительной памяти, так и с FN400 *old/new* и, вполне вероятно, является составным, тем более что его начало можно отнести скорее к затылочно-те-

менной области, а лобная область вовлекается немного позднее.

В нашем случае *old/new* эффект распределен преимущественно в правом полушарии и имеет фокус в правой теменно-центральной области, что согласуется с данными о латерализованности *old/new* эффектов в случаях предъявления стимулов-слов и стимулов-изображений объектов. Так, было показано, что при распознавании изображений объектов *old/new* эффект возникает около 180 мс после предъявления стимула в правой височной области и достигает пика к 240 мс, тогда как при распознавании слов – в интервале 300–400 мс после предъявления стимула и наиболее сильно выражен в левой височной и обеих лобных областях [10]. Таким образом, правополушарное проявление различий ВП на пассивно запомненный и новый стимул может быть связано с невербализуемостью предъявляемых в нашем эксперименте стимулов. Это дает дополнительные основания считать выявленные различия проявлением зрительной обработки, возможно, связанной с пассивным запоминанием паттернов и извлечением их из памяти.

Традиционно те задачи, которые предполагают возникновение специфических, связанных с памятью компонентов зрительных ВП, включали в себя обязательное привлечение осознанного внимания испытуемого к опознаваемому стимулу или какой-либо его характеристике, то есть активное запоминание стимула. Так, в большинстве случаев в работах, где изучался *old/new* эффект, рассматривались только различия, связанные с предъявлением слов или легко вербализуемых изображений, в задачах на узнавание ранее сознательно запомненного объекта. При этом очевидно, что в условиях естественного поведения преимущественно реализуется запоминание объектов, не требующее привлечения осознанного внимания. Более того, часто эти объекты не имеют для испытуемого вербальных эквивалентов и семантической атрибутики. Таким образом создается неосознаваемый контекст зрительного восприятия. Возможно ли обнаружить в вызванных потенциалах присутствие неосознаваемого контекста, т.е. опыта, сформированного у испытуемого без осознанных усилий?

Ранее в экспериментах с предъявлением нераспознаваемых и невозможных объектов не были обнаружены *old/new* эффекты [10]. Однако следует учесть, что при этом использовались парадигмы, предполагающие предъявление большого количества тест-объектов (порядка сотен) и предъявление каждого объекта не более нескольких раз. В таких условиях действительно трудно ожидать каких-либо эффектов, связанных с запоминанием сложных невербализуемых объектов. Предоставив испытуемым возможность комфортной настройки контекстного управления при помощи простого повторения одних и тех же простых невербализуемых

стимулов, мы видим, что *old/new* эффект может возникать и в этих условиях.

Таким образом, в условиях отсутствия осознанного внимания испытуемого к тем или иным характеристикам стимула, не имеющего, к тому же, семантической атрибутики, его многократное повторение приводит к формированию несемантического контекста, который затем проявляется в различиях вызванных потенциалов на стимулы, соответствующие и не соответствующие сформированному контексту.

ВЫВОДЫ

1. Методика вызванных потенциалов позволяет оценить влияние несемантического контекста на восприятие зрительных стимулов.

1. Влияние неосознаваемого контекста при предъявлении невербализуемых стимулов проявляется в увеличении позитивности в области 300 мс после предъявления знакомых стимулов. Работа выполнена при частичной поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 06-06-00150а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Forster K.I. The pros and cons of masked priming // J. Psycholinguistic Research. 1998. V. 27. P. 203.
2. Fischer R., Schubert T., Liepelt R. Accessory stimuli modulate effects of nonconscious priming // Perception & Psychophysics. 2007. V. 69. № 1. P. 9.
3. Tulving E., Schacter D.L. Priming and human memory systems // Science. 1990. V. 247. P. 301.
4. Eddy M., Schmid A., Holcomb P.J. Masked repetition priming and event-related brain potentials: A new approach for tracking the time-course of object perception // Psychophysiology. 2006. V. 43. № 6. P. 564.
5. Marcel A.J. Conscious and unconscious perception: experiments on visual masking and word recognition // Cogn. Psychol. 1983. V. 15. № 2. P. 197.
6. McCarthy G., Nobre A.C. Modulation of semantic processing by spatial selective attention // EEG and Clin. Neurophysiol. 1993. V. 88. № 3. P. 210.
7. Holcomb P.J., Reder L., Misra M., Grainger J. The effects of prime visibility on ERP measures of masked priming // Cogn. Brain Res. 2005. V. 24. P. 155.
8. Squire L.R., Shimamura A.P., Graf P. Independence of recognition memory and priming effects: a neuropsychological analysis // J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn. 1985. V. 11. P. 37.
9. Schacter D.L., Cooper L.A., Delaney S.M. Implicit memory for possible and impossible objects: constraints on the construction of structural descriptions // J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn. 1991. V. 17. P. 3.
10. Zhang X.L., Begleiter H., Porjesz B., Litkeb A. Visual object priming differs from visual word priming: an ERP study // EEG and Clin. Neurophysiol. 1997. V. 102. № 3. P. 200.

11. *Osterberg G.* Topography of the layer of rods and cones in the human retina // *Acta Ophthal.* 1935. Suppl. 6. P. 1.
12. *Curcio C. A., Sloan K. R., Packer O. et al.* Distribution of cones in human and monkey retina: individual variability and radial asymmetry // *Science.* 1987. V. 236. P. 579.
13. *Pazo-Alvarez P., Cadaveira F., Amenedo E.* MMN in the visual modality: a review // *Biol. Psychol.* 2003. V. 63. № 3. P. 199.
14. *Patel S.H., Azzam P.N.* Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-Related Potential // *Int. J. Med. Sci.* 2005. V. 2. P. 147.
15. *Kotchoubey B.* Event-related potentials, cognition, and behavior: a biological approach // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2006. V. 30. № 1. P. 42.
16. *Luck S.* An Introduction to the Event-Related Potential Technique. Cambridge Mass.: MIT-press, 2005. 388 p.
17. *Johnson J.S., Olshausen B.A.* Timecourse of neural signatures of object recognition // *Journal of Vision.* 2003. V. 3. P. 499.
18. *Mecklinger A., Meinshausen R.M.* Recognition memory for object form and object location: an event-related potential study // *Memory and Cognition.* 1998. V. 26. P. 1068.
19. *Verleger R., Jaskowski P., Wauschkuhn B.* Suspense and surprise: on the relationship between expectancies and P3 // *Psychophysiology.* 1994. V. 31. № 4. P. 359.
20. *Scherg M., Picton T.W.* Separation and identification of event-related potential components by brain electric source analysis // *EEG and Clin. Neurophysiol. Suppl.* 1991. V. 42. P. 24.
21. *Yamaguchi S., Knight R.T.* Anterior and posterior association cortex contributions to the somatosensory P300 // *J. Neurosci.* 1991. V. 11. P. 2039.
22. *Simmons R.F., Graham F.K., Miles M.A., Chen X.* On the relationship of the P3a and the Novelty P3 // *Biological Psychology.* 2001. V. 56. P. 207.
23. *Curran T., Dien J.* Differentiating amodal familiarity from modality-specific memory processes: An ERP study // *Psychophysiology.* 2003. V. 40. № 6. P. 979.
24. *Friedman D.* Cognitive event-related potential components during continuous recognition memory for pictures // *Psychophysiology.* 1990. V. 27. № 2. P. 136.
25. *Begleiter H., Porjesz B. and Wang W.* A neurophysiologic correlate of visual short-term memory in humans // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1993. V. 87. P. 46.
26. *Curran T.* The electrophysiology of incidental and intentional retrieval: ERP old / new effects in lexical decision and recognition memory // *Neuropsychologia.* 1999. V. 37. P. 771.
27. *Curran T.* Brain potentials of recollection and familiarity // *Mem. Cognit.* 2000. V. 20. P. 923.
28. *Allan K., Wilding E.L., Rugg M.D.* Electrophysiological evidence for dissociable processes contributing to recollection // *Acta Psychol.* 1998. V. 98. P. 231.
29. *Rugg M.D., Mark R.E., Walla P. et al.* Dissociation of the neural correlates of implicit and explicit memory // *Nature.* 1998. V. 392. P. 595.
30. *Electrophysiology of Mind: Event-related Brain Potentials and Cognition / Rugg M.D., Coles M.G.H.* N.Y.: Oxford University Press, 1995. P. 240 c.
31. *Curran T., Clearyb A.M.* Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition // *Cogn. Brain Res.* 2003. V. 15. P. 191.