

УДК 612.821

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАЗОВОЙ И СУПЕРОРДИНАТНОЙ КАТЕГОРИЗАЦИИ ПРЕДМЕТОВ, ОСЛОЖНЕННОЙ ВЛИЯНИЕМ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО НЕРЕЛЕВАНТНОГО СТИМУЛА

© 2022 г. Н. Ю. Мошникова¹, *, А. Б. Кушнир¹, Е. С. Михайлова¹

¹ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия

*E-mail: nataliagerasimenko@gmail.com

Поступила в редакцию 28.03.2022 г.

После доработки 20.05.2022 г.

Принята к публикации 27.05.2022 г.

На 20 здоровых испытуемых анализировали поведенческие показатели и вызванные потенциалы (ВП) при категоризации бытовых предметов на базовом (БК) и суперординатном (СК) уровнях в присутствии дополнительной нерелевантной информации конгруэнтной или неконгруэнтной целевому стимулу (модель прямой маскировки). Показано, что СК осуществляется быстрее, чем БК, а неконгруэнтная маска замедляет категоризацию. Амплитуда ранних компонентов ВП N50 в каудальных областях и P50 во фронтальных зависела от сочетания уровня категоризации и типа маскирующего изображения. При конгруэнтности стимула и маски их амплитуда выше при СК, при неконгруэнтности, напротив, выше при БК. Амплитуда компонентов P130 в каудальных областях и N150 во фронтальных определялась типом маски и была меньше при ее конгруэнтности целевому стимулу. Основной эффект уровня категоризации проявлялся в виде увеличения фронтальной N400 и центральной поздней позитивности LP (400–500 мс) при СК по сравнению с БК. Следовательно, уровень категоризации влияет на ранний перцептивный и на поздний когнитивный этапы переработки информации. Предполагается, что связанные с уровнем категоризации различия ранних этапов переработки могут быть обусловлены неодинаковым вкладом парво- и магноцеллюлярного путей в СК и БК. Наблюдавшееся при СК увеличение поздних компонентов во фронто-центральных отделах может отражать привлечение дополнительных ресурсов памяти и внимания для семантического анализа изображения.

Ключевые слова: человек, зрение, категоризация, прямая маскировка, зрительные вызванные потенциалы.

DOI: 10.31857/S0131164622100290

Категоризация окружающих объектов является неотъемлемой составляющей зрительного восприятия и мышления человека [1, 2]. Хотя в нашей повседневной жизни категоризация изображений кажется несложной задачей, остается неясным, как именно наш мозг объединяет зачастую сильно отличающиеся стимулы в одну категорию [3]. Непохожие друг на друга кошка, щука и бабочка будут относиться к одной категории “животные”, в то время как схожие по форме змея и веревка — к совершенно разным. Понимание механизмов, лежащих в основе категоризации, осложняется тем, что один и тот же предмет окружающего мира может относиться к нескольким категориям разного уровня. На суперординатном уровне категоризации стул будет относиться к категориям “неодушевленные предметы” и “мебель”, на базовом — к стульям, на субординатном, например,

к “офисным стульям” или “стульям для кухни” [3, 4].

В настоящее время механизмы категоризации изображений на разных уровнях изучены не полностью, а существующие данные зачастую противоречат друг другу [5–7]. Согласно теории, предложенной Элеонорой Рош, “уровнем ввода” при категоризации предметов окружающего мира является базовый уровень, и первыми активизируются соответствующие ему репрезентации [8]. При этом предполагается, что переработка информации об изображении происходит по иерархическому принципу от базового к другим уровням [9, 10]. Однако позднее было продемонстрировано ультрабыстрое опознание категории “животные”, опережающее идентификацию этих же изображений на базовом уровне [11]. В дальнейшем преимущество суперординатной катего-

ризации было продемонстрировано для разных классов объектов при коротких (26–120 мс) длительностях предъявления [10, 12]. При больших длительностях базовая категоризация зачастую происходила быстрее, чем суперординатная [7]. Предполагается, что это связано с тем, что суперординатная категоризация основывается в большей мере на низкочастотной составляющей зрительной информации и ухудшается при ее удалении из изображения, а базовая, наоборот, зависит от присутствия высоких пространственных частот [6].

На процесс категоризации влияет предшествующая или сопутствующая зрительная информация [13, 14]. Оpozнание объектов внутри сцены облегчается при соответствии целевого изображения и фонового контекста благодаря семантическим и пространственным правилам, хранящимся в долговременной памяти [15]. Характер влияния предшествующей зрительной информации зависит от таких параметров как степень семантической близости предшествующего нерелевантного и текущего релевантного стимулов [16, 17] и временных параметров предъявления изображений [18]. Ранее нами было показано, что при категоризации на базовом уровне конгруэнтная маска ухудшала опознание стимула, а на суперординатном, наоборот, облегчала [16].

Важным фактором является дизайн эксперимента. Можно использовать блочный дизайн, когда в ходе одного эксперимента опознаваемые категории задаются однократно в начале серии и испытуемый опознает изображения только на каком-то одном уровне, а можно использовать дизайн с “ключом” — обычно это слово, появляющееся перед или после каждого стимула и обозначающее категорию, к которой его надо отнести. Более быстрая суперординатная категоризация наблюдается только при блочном дизайне, но отсутствует при использовании “ключа” [3]. Сложность категоризации в дизайне с “ключом” описана в работе [7]. Анализируя поведенческие данные, авторы показали, что для базовой категоризации изображений используются разные зрительные характеристики (доля вертикальных и горизонтальных линий, максимумы выпуклости и вогнутости линий, количество изгибов) в зависимости от того, до или после стимула предъявлялся “ключ”. При суперординатной категоризации, используемые для решения задачи характеристики изображения, не зависели от времени предъявления “ключа” [7]. Это указывает на важность нисходящих влияний и на гибкость механизмов категоризации изображения в зависимости от дизайна исследования [7].

В передаче зрительной информации о стимуле принимают участие два пути: магноцеллюлярный и парвоцеллюлярный. Магноцеллюлярный путь

быстро передает низкочастотную составляющую зрительной информации, достигает теменной коры и дает проекции в орбитофронтальную кору, которая оказывает нисходящее влияние на нижневисочную кору, являющуюся конечным звеном вентрального пути [19]. Парвоцеллюлярный путь передает высокочастотную информацию об изображении и работает медленнее, чем магноцеллюлярный. Он направляет информацию в нижневисочную кору, в которой существуют репрезентации различных объектов окружающего мира [20–22], организованные таким образом, что за распознавание близких категорий отвечают соседние репрезентации [23–26]. Предполагается, что репрезентации формируют вложенную друг в друга пространственную иерархию, в которой базовые репрезентации оказываются составной частью более крупных суперординатных репрезентаций [17, 20]. В настоящее время нет однозначного ответа на вопрос, чем отличаются механизмы категоризации изображений на разных уровнях. Одни авторы, основываясь на данных функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и результатах поведенческих исследований, предполагают, что различия связаны с активностью на уровне репрезентаций в нижневисочной коре [17, 20]. Однако это не согласуется с данными, полученными при анализе зрительных вызванных потенциалов (ВП), амплитуды которых при базовой и суперординатной категоризациях различались, главным образом, во фронто-центральных областях в интервале 300–400 мс после предъявления стимула [4, 9]. Позднее было выдвинуто предположение, что в процессе категоризации изображения зрительная система может работать в разных режимах, переключение между которыми происходит в зависимости от задачи и доступной в данный момент зрительной информацией [7, 27, 28]. Такая неоднозначность мнений о различиях механизмов, лежащих в основе категоризации на разных уровнях, указывает на необходимость дальнейших исследований. В настоящей работе мы планируем сравнить поведенческие ответы испытуемых и региональную специфичность нейронных процессов при базовой и суперординатной категоризации объектов, которым предшествуют другие — незначимые для выполнения задачи — изображения.

МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 20 здоровых испытуемых (8 женщин и 12 мужчин, средний возраст 24 ± 0.8 лет) с нормальным или скорректированным до нормы зрением. Один испытуемый был исключен из последующего анализа из-за технических проблем во время записи. По самоотчету все испытуемые за исключением од-

ного были правшами. Исследование проводили в дневное время с 10:00 до 17:00.

В качестве целевых и маскирующих стимулов использовали черно-белые фотографии животных и предметов, взятые из сети Интернет. Выбранные изображения вырезали из фона с помощью программы *Adobe Photoshop CS6* и помещали по центру макета с белым фоном размером 800×600 пикселей. Размер самого изображения составлял 210×210 пикселей, разрешение — 72 точки на дюйм (72 dpi). Далее цветное изображение превращали в черно-белое. Размер изображения на экране монитора — 8–10 см по ширине и по высоте, что в условиях эксперимента (120 см от экрана до глаз испытуемого) составляло 3.8° – 4.8° .

Из полученных изображений были созданы две библиотеки для двух экспериментальных серий по категоризации на базовом и суперординатном уровнях. На базовом уровне испытуемые опознавали изображения кувшинов и ламп, на суперординатном — распознавали две категории — мебель и посуда. В каждую категорию стимулов входило по 16 изображений. В качестве конгруэнтных масок использовали изображения других предметов, в качестве неконгруэнтных — изображения животных. В каждой серии использовали 32 маскирующих изображения, по 16 для каждой из этих категорий. Примеры стимулов и масок приведены на рис. 1, А. В одной экспериментальной серии использовали 64 уникальные пары маска-стимул для каждой категории стимулов (всего 128 пар). Каждую пару в ходе эксперимента предъявляли по одному разу.

Использовали следующую временную схему предъявления изображений: сначала на 100 мс на экране появлялось маскирующее изображение, сразу после него демонстрировали целевой стимул (100 мс), затем следовал межстимульный интервал, продолжительность которого варьировала случайным образом от 2.8 до 3.2 с (во время него в центре экрана находилась фиксационная точка) (рис. 1, Б). При категоризации стимула испытуемый нажимал на одну из клавиш выносной клавиатуры *Serial Response Box*. Испытуемых просили отвечать быстро, но быть внимательными, чтобы избежать большого количества ошибок.

Эксперимент начинали с тренировочной серии для выработки моторного навыка, во время которой на экране в случайном порядке на 100 мс вспыхивали цифры “1” и “2” (каждая по 12 предъявлений). При появлении цифры испытуемый должен был нажать на соответствующую ей кнопку клавиатуры. Основную часть эксперимента начинали с инструкции, где испытуемого просили категоризовать стимул и нажать соответствующую клавишу (“кувшин” — клавиша “1”, “лампа” — клавиша “2” для серии с базовой категоризацией; “посуда” — клавиша “1”, “мебель” — клавиша “2” —

для суперординатной). Далее следовала тренировочная часть, в ходе которой целевые стимулы предъявляли без маскировки (длительность 100 мс, 16 предъявлений каждого). После окончания тренировки на экране появлялась надпись: “Основная часть”, после чего начиналось предъявление замаскированных целевых изображений (параметры предъявления описаны выше). Длительность каждой из экспериментальных серий составляла около 8 мин. Последовательность серий в ходе эксперимента была случайной.

В процессе исследования испытуемые сидели в звукозаглушенной камере на расстоянии 120 см от экрана монитора *NEC MultiSync EA193mi* (размер 19”, разрешение 1280×1024 , частота обновления 60 Гц). Освещенность помещения составляла 3 лк. Предъявление стимулов, регистрацию правильности ответов и времени реакции (ВР, мс) проводили с помощью программы *E-Prime 2.0* (*Psychology Software Tools, Inc.*, США) с выносной клавиатурой *Serial Response Box*. Во время исследования также регистрировали зрительные ВП с помощью 128-канального электроэнцефалографа фирмы *Geodesics* (*Electrical Geodesics Inc.*, США) и шлема *HydroCel Geodesic Sensor Net* (*Electrical Geodesics Inc.*, США). Частота квантования сигнала 500 Гц. Согласно требованиям производителя (*Net Station Acquisition Technical Manual*), сопротивление электродов не превышало 50 кОм. В качестве индифферентного электрода использовали вертекс (Cz).

Данные электроэнцефалографии (ЭЭГ) обрабатывали *off-line* в программе *NetStation 4.5.4* (*Electrical Geodesics Inc.*, США). При этом проводили пересчет референта относительно усредненного электрода. Предварительно фильтрованные (0.5–45 Гц) записи ЭЭГ каждого испытуемого сегментировали на отрезки длительностью 1100 мс, содержащие интервалы 300 мс до предъявления маски и 800 мс после. Далее исключали реализации с выраженными глазными движениями, двигательными и электромиографическими артефактами амплитудой более 80 мкВ. После этого для каждого испытуемого по безартефактным отрезкам ЭЭГ (от 29 до 64 реализаций, в среднем 52.5 ± 0.9) проводили усреднение ВП на целевой стимул для правильных ответов при конгруэнтной и неконгруэнтной маске. Коррекцию базовой линии проводили по отрезку ЭЭГ 300 мс до предъявления маски.

В программе *NetStation 4.5.4* анализировали амплитуду компонентов ВП, усредненную по кластерам электродов. Усреднение амплитуды проводили в симметричных фронтальных (в левом полушарии сенсоры № 21, 22, 25, в правом — № 8, 9, 14), височных (в левом — № 58, 59, 65, в правом — № 90, 91, 96) и затылочных (в левом — № 66, 70, 71, в правом — № 76, 83, 84), а также цен-

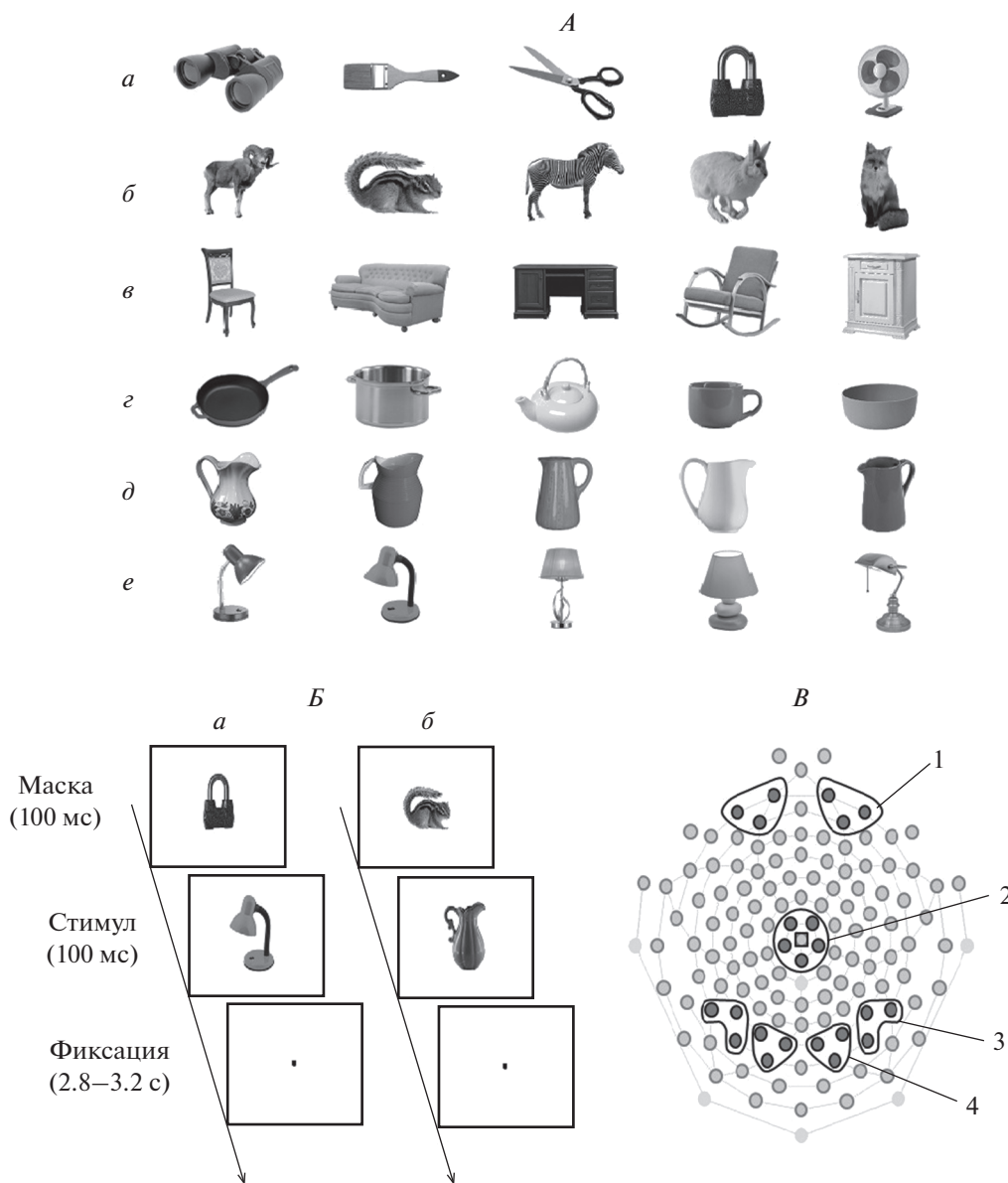


Рис. 1. Условия эксперимента.

A – примеры масок и стимулов: *a* – маски-предметы, *б* – маски-животные, *в* – стимулы “мебель”, *г* – стимулы “посуда”, *д* – стимулы “кувшины”, *е* – стимулы “настольные лампы”. *Б* – временная схема эксперимента: *a* – при конгруэнтной маске, *б* – при неконгруэнтной маске. *В* – схема расположения регистрирующих электродов на поверхности головы. Квадратом обозначен референтный электрод. Обведены кластеры электродов, в которых проводился анализ: 1 – фронтальный, 2 – центральный, 3 – височный, 4 – затылочный.

тральном (№ 7, 31, 55, 80, 106) кластерах электродов (рис. 1, *В*). Приведенные номера сенсоров соответствуют номерам в 128-канальном шлеме *Hydro Cel Geodesic Sensor Net*. В затылочном и височном кластерах анализировали компоненты N50 (25–90 мс) и P130 (80–175 мс), в центральном – позднюю позитивность LP (290–610 мс), во фронтальных – P50 (20–80 мс), N150 (90–190 мс), P300 (200–400 мс) и N400. Для всех компонентов, кроме N400, измеряли адаптивный минимум или максимум, а именно средние значения амплитуды

в 4-миллисекундном интервале, соответствующем 2 мс до и после пика компонента. Компонент N400 анализировали, используя среднюю амплитуду в диапазоне 400–500 мс после стимула.

Анализ полученных данных осуществляли с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями (*ANOVA RM*). При анализе поведенческих данных учитывали влияние факторов УРОВЕНЬ (2 уровня – базовый и суперординатный) и МАСКА (2 уровня – конгруэнтная-предмет и неконгруэнтная-животное). При анализе

Таблица 1. Средние значения времени реакции (ВР) и точности категоризации стимулов на базовом и суперординатном уровнях при разных типах масок

Уровень	Маска	ВР, мс	Точность, %
Базовый	Конгруэнтная	653.0 (26.4)	97.6 (0.8)
	Неконгруэнтная	666.5 (27.8)	97.0 (1.1)
Суперординатный	Конгруэнтная	596.4 (24.9)	97.5 (0.6)
	Неконгруэнтная	612.3 (29.0)	97.1 (0.6)

Примечание: приведены средние значения и ошибка среднего.

амплитуд компонентов ВП учитывали факторы УРОВЕНЬ, МАСКА и ПОЛУШАРИЕ (2 уровня). Результаты *ANOVA* при необходимости корректировали поправкой Гринхауса–Гейссера. При внутригрупповых *post-hoc* сопоставлениях использовали Тьюки-тест. Статистический анализ проводили в программах *IBM SPSS 23.0* и *Statistica 10.0*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ поведенческих характеристик. Дисперсионный анализ ВР показал достоверное влияние факторов УРОВЕНЬ $F(1, 18) = 12.24, p = 0.003, \eta_p^2 = 0.41$ и МАСКА $F(1, 18) = 6.04, p = 0.021, \eta_p^2 = 0.26$. На суперординатном уровне категоризации ВР больше, чем на базовом; при конгруэнтной маске ВР больше, чем при неконгруэнтной. Для точности категоризации значимые эффекты не выявлены. Средние значения приведены в табл. 1.

Анализ вызванных потенциалов. Усредненные ВП для двух уровней категоризации и двух вариантов маскирующих изображений приведены на рис. 2. Диаграммы средних по группе значений амплитуд компонентов ВП для разных условий категоризации и вариантов маски приведены на рис. 3.

Ранние эффекты уровня категоризации и конгруэнтности маски и целевого стимула выявлены через 50 мс после начала целевого стимула, что соответствует 150 мс после начала маски. В затылочно-височных отведениях в это время регистрируется негативный компонент N50, а во фронтальных – позитивное отклонение P50.

Для амплитуды компонента N50 показано взаимодействие УРОВЕНЬ \times МАСКА: $F(1, 18) = 16.85, p = 0.001, \eta_p^2 = 0.48$ для затылочного кла-

стера и $F(1, 18) = 30.67, p = 0.000, \eta_p^2 = 0.63$ для височного. Это взаимодействие проявлялось в том, что значимые различия между уровнями наблюдались только при конгруэнтной маске: при базовой категоризации амплитуда N50 меньше, чем при суперординатной ($p = 0.02$ для затылочных областей, $p = 0.0004$ для височных). В свою очередь, при базовой категоризации: амплитуда N50 больше при неконгруэнтной маске по сравнению с конгруэнтной, что значимо в височном кластере ($p = 0.003$). Напротив, при суперординатной категоризации существует обратная зависимость: амплитуда больше при использовании семантически близкой маски ($p = 0.009$ для затылочного и $p = 0.009$ для височного кластеров). Обнаружено значимое взаимодействие МАСКА \times ПОЛУШАРИЕ $F(1, 18) = 4.51, p = 0.048, \eta_p^2 = 0.20$ для затылочных областей и $F(1, 18) = 6.63, p = 0.019, \eta_p^2 = 0.27$ для височных; различия между вариантами МАСКИ значимы только в левом полушарии ($p = 0.04$).

Взаимодействие УРОВЕНЬ \times МАСКА $F(1, 18) = 6.43, p = 0.021, \eta_p^2 = 0.26$ выявлено также для амплитуды компонента P50 во фронтальном кластере: амплитуда больше при базовой категоризации по сравнению с суперординатной в случае неконгруэнтной маски и выше при суперординатной категоризации по сравнению с базовой в случае конгруэнтной маски.

Для амплитуды компонента P130 в затылочном и височном кластерах и компонента N150 в лобном показан основной эффект МАСКИ. По данным дисперсионного анализа различия между типами маски в затылочных областях значимы при $F(1, 18) = 58.74, p = 0.000, \eta_p^2 = 0.77$, в височных при $F(1, 18) = 71.70, p = 0.000, \eta_p^2 = 0.80$. Амплитуда P130 больше при неконгруэнтной

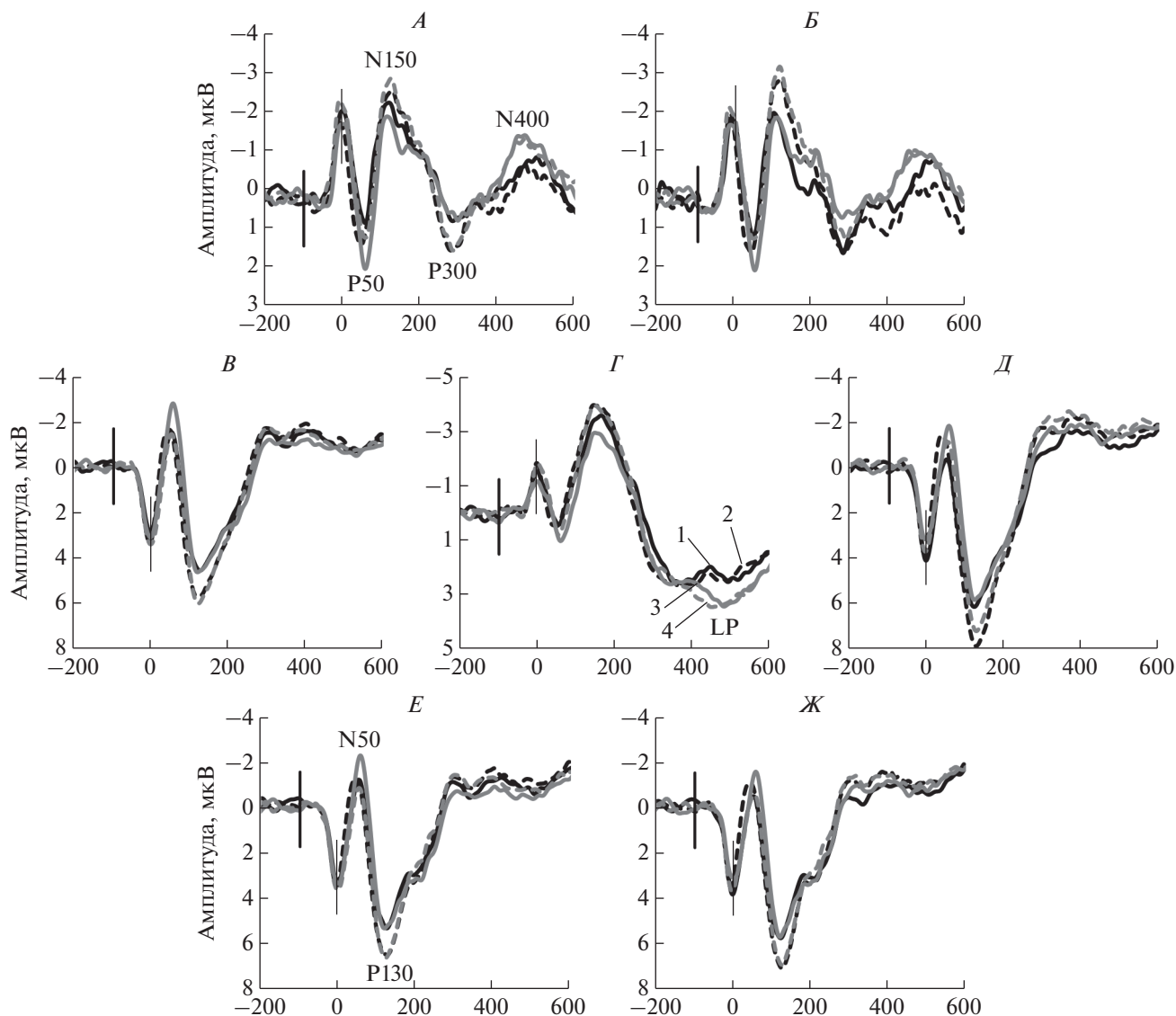


Рис. 2. Усредненные по кластерам электродов зрительные вызванные потенциалы (ВП) при категоризации изображений предметов, осложненной влиянием предшествующего нерелевантного изображения. Представлены ВП левой лобной (А), правой лобной (Б), левой височной (В), центральной (Г), правой височной (Д), левой затылочной (Е) и правой затылочной (Ж) областей. Цифрами обозначены: 1 – черная сплошная линия – базовая категоризация при конгруэнтной маске, 2 – черная пунктирная – базовая категоризация при неконгруэнтной маске, 3 – серая сплошная – суперординатная категоризация при конгруэнтной маске, 4 – серая пунктирная – суперординатная категоризация при неконгруэнтной маске. Вертикальные линии – моменты предъявления маски (толстая линия) и стимула (тонкая линия). Обозначены пики компонентов P50, N50, P130, N150, P300, N400 и LP.

маске по сравнению с конгруэнтной. В височном кластере также выявлен эффект ПОЛУШАРИЯ $F(1, 18) = 7.13, p = 0.016, \eta_p^2 = 0.28$, что проявлялось как бóльшая амплитуда P130 в правом полушарии по сравнению с левым. Во фронтальном кластере для амплитуды компонента N150 эффект МАСКИ $F(1, 18) = 31.70, p = 0.000, \eta_p^2 = 0.64$ проявлялся как ее бóльшая амплитуда в случае неконгруэнтной маски по сравнению с конгруэнтной. Эффект ПОЛУШАРИЯ $F(1, 18) = 5.12, p = 0.036, \eta_p^2 = 0.22$

проявлялся как более высокая амплитуда N150 в правом полушарии по сравнению с левым.

Влияние УРОВНЯ, как основного фактора или как взаимодействия с другими факторами, показано для амплитуды компонентов P300 и N400 во фронтальном кластере, а также для амплитуды поздней позитивности (LP) в центральном кластере.

Для амплитуды компонента P300 выявлен эффект УРОВНЯ $F(1, 18) = 4.59, p = 0.046, \eta_p^2 = 0.20$,

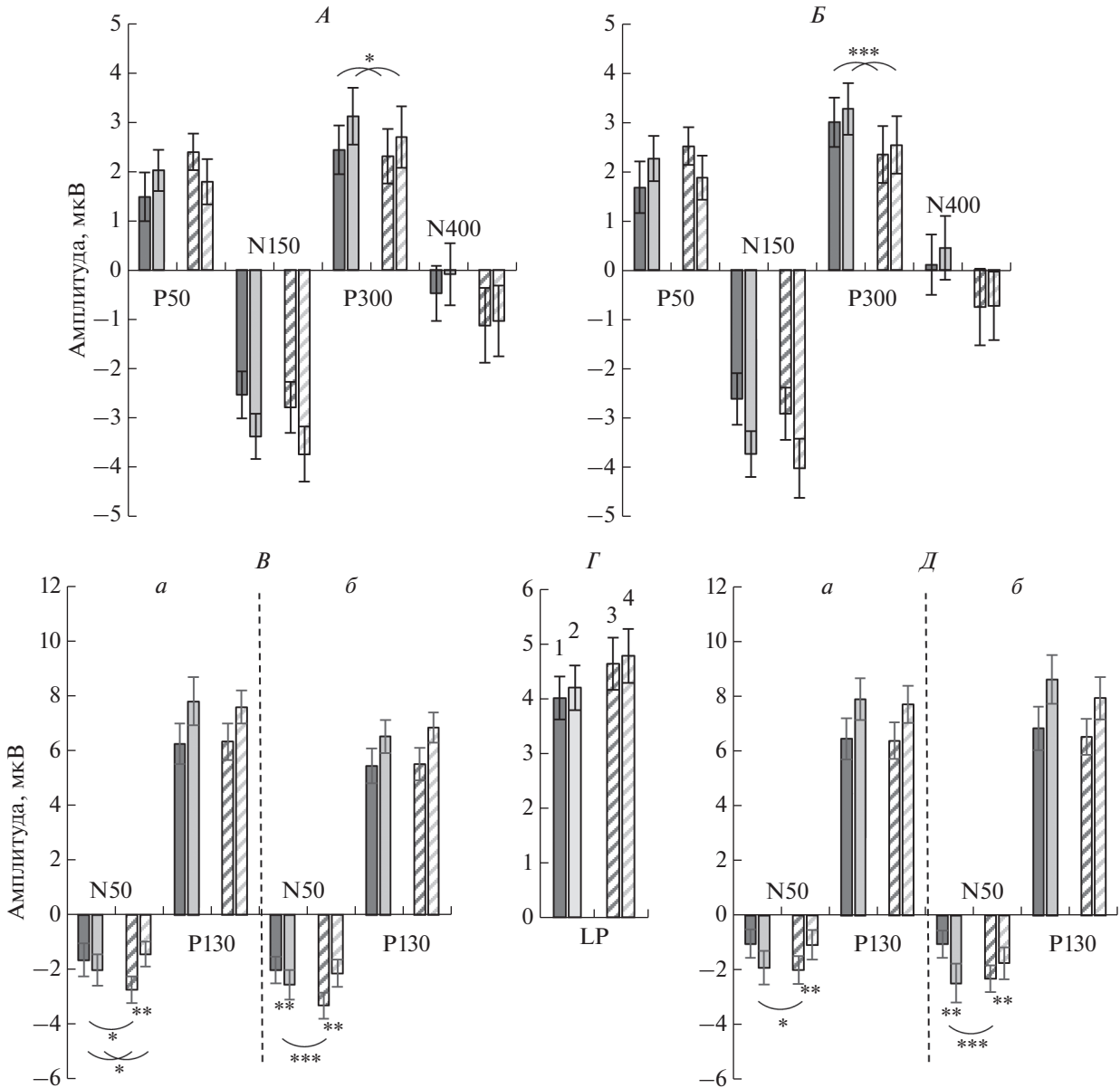


Рис. 3. Средние значения амплитуды компонентов вызванных потенциалов (ВП) для базового и суперординатного уровней категоризации при маскировке конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами.

Цифрами обозначены экспериментальные условия: 1 – темные закрашенные столбики – базовая категоризация при конгруэнтной маске, 2 – светлые закрашенные – базовая категоризация при неконгруэнтной маске, 3 – темные заштрихованные – суперординатная категоризация при конгруэнтной маске, 4 – светлые заштрихованные – суперординатная категоризация при неконгруэнтной маске. *А* – левый фронтальный кластер, *Б* – правый фронтальный кластер, *В* – левые затылочный (*а*) и височный (*б*) кластеры, *Г* – центральный кластер, *Д* – правый затылочный (*а*) и височный (*б*) кластеры. Достоверность различий: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$, *** – $p < 0.001$.

МАСКИ $F(1, 18) = 5.28, p = 0.034, \eta_p^2 = 0.23$ и взаимодействие УРОВЕНЬ \times ПОЛУШАРИЕ $F(1, 18) = 9.31, p = 0.007, \eta_p^2 = 0.34$. Амплитуда P300 больше при категоризации на базовом уровне. Различия между уровнями категоризации более отчетливы в правом полушарии ($p = 0.0002$) по сравнению с левым ($p = 0.02$). Эффект МАСКИ проявлялся как большая амплитуда P300 при неконгруэнтной

маске. Для амплитуды фронтального компонента N400 дисперсионный анализ обнаружил влияние фактора УРОВЕНЬ $F(1, 18) = 6.55, p = 0.020, \eta_p^2 = 0.27$, что проявлялось как большая амплитуда N400 при суперординатной категоризации по сравнению с базовой. В левом полушарии амплитуда N400 выше, чем в правом, что соответствовало основному эффекту ПОЛУШАРИЯ $F(1, 18) =$

$= 10.10$, $p = 0.005$, $\eta_p^2 = 0.36$. Основной эффект УРОВНЯ обнаружен для амплитуды LP в центральном кластере $F(1, 18) = 7.41$, $p = 0.014$, $\eta_p^2 = 0.29$. При суперординатной категоризации амплитуда LP была больше, чем при базовой.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящем исследовании проведен анализ поведенческих и нейрофизиологических характеристик категоризации изображений на базовом (кувшины и лампы) и суперординатном (мебель и посуда) уровнях в ситуации, когда им предшествовало другое незначимое изображение предмета (вентилятора, гитары, ножниц и т.п.) – конгруэнтная маска, или животного – неконгруэнтная маска.

Влияние уровня категоризации на поведенческие параметры опознания изображений и характеристики зрительных ВП. Анализ поведенческих данных показал, что категоризация изображений на суперординатном уровне происходила значительно быстрее, чем на базовом. Это преимущество может быть связано как с длительностью предъявления изображения, так и с дизайном эксперимента. Известно, что преимущество суперординатной категоризации наблюдается только при небольших длительностях стимула (26–120 мс) [10, 12], сходных с использованной нами (100 мс). Суперординатная категоризация использует низкочастотную составляющую зрительного сигнала [6], передающуюся по быстрому магноцеллюлярному пути [29], в то время как базовая требует точного описания изображения [12]. Существенным фактором, влияющим на время категоризации, является дизайн эксперимента. Мы использовали блочный дизайн, при котором категоризация выполнялась на одном уровне, базовом или суперординатном. Именно при блочном дизайне наблюдается преимущество суперординатной категоризации [3].

Анализ ВП показал, что влияние уровня категоризации проявляется уже на раннем этапе переработки информации о целевом стимуле в виде изменения амплитуды негативности N50 в затылочных и височных областях коры и позитивности P50 во фронтальных. Влияние уровня зависело от типа маски, что проявлялось как взаимодействие УРОВЕНЬ \times МАСКА.

Раздельный анализ уровней категоризации показал, что при базовом уровне тип маски не оказывает значимого влияния на амплитуду затылочного компонента N50, что говорит о независимости раннего этапа базовой категоризации в затылочной коре от характера нерелевантной информации. Выше, в височных областях, амплитуда N50 больше при маске, неконгруэнтной целе-

вому стимулу. При суперординатной категоризации эффект семантической близости целевого стимула и маскирующего изображения имеет иной характер, амплитуда N50 в затылочном и височном кластерах выше при конгруэнтности этих двух изображений. Этот результат можно рассматривать как указание на разницу процессов, поддерживающих базовую и суперординатную категоризацию, хотя топографически оба эти процесса связывают с фузиформной областью коры [17, 20]. Представляется вероятным, что при блочном дизайне характер инструкции настраивает нейронные популяции зрительных областей на восприятие категорий, заданных инструкцией. В литературе есть указания на существование такого механизма “преднастройки” зрительной системы на выделение конкретных характеристик изображения, необходимых для категоризации [3, 7].

Обсуждение возможных механизмов базовой и суперординатной категоризации в условиях, осложненных дополнительными нерелевантными стимулами, представлено в работе [17]. Авторы считают, что прайм-стимул, опережающий целевой объект, влияет на категоризацию на этапе раннего анализа, обозначенного авторами как “*evidence accumulation stage*”. В основе лежит интерференция, сила которой увеличивается по мере увеличения сходства между категориями прайма и целевого стимула. Хотя механизмы категоризации пока являются предметом дискуссии [6, 7, 17, 20], существующие данные позволяют предположить их различия для базового и суперординатного уровней [4, 6, 9]. Если для базового уровня категоризации необходима детальная обработка изображения, то при суперординатном происходит выделение отдельных классификационных признаков [6]. Например, для разделения животных и предметов используется информация о контуре и текстурах [30]. Для использованных нами изображений мебели и посуды – это степень сложности изображения [7]. Можно предположить, что конгруэнтная маска-предмет более сходна со значимым стимулом по своим зрительным характеристикам, чем неконгруэнтное изображение животного. Наблюдаемое увеличение ранней негативности для конгруэнтной маски может отражать ее более глубокую переработку [31, 32]. Другим важным моментом является различие в семантическом пространстве, которое больше для суперординатных категорий по сравнению с базовыми [17]. Поэтому нейронные реакции при конгруэнтности/неконгруэнтности прайма и целевого стимулов при суперординатной категоризации могут резко отличаться от соответствующих нейронных реакций при базовой категоризации. В нашем исследовании это проявляется как различия в характере взаимодействий

УРОВЕНЬ × МАСКА при разных уровнях категоризации.

Во фронтальных областях зависимость амплитуды P50 от уровня категоризации и конгруэнтности маски и целевого стимула сходна с описанной для компонента N50 в затылочных и височных. Сходство характеристик ВП на раннем этапе категоризации в ростральных и каудальных отделах коры связано с быстрым взаимодействием зрительных и фронтальных областей, что было описано для простых зрительных стимулов в работе [33], а также в зрительной задаче классификации слов [34].

Наиболее четкие эффекты уровня категоризации обнаружены для поздних компонентов зрительных ВП в ростральных областях коры. Амплитуда фронтального компонента P300 больше при базовой категоризации, а фронтальной N400 и поздней позитивности LP в центральных отделах – при суперординатной. Полученные данные можно сопоставить с результатами других исследований [4, 9]. Наши результаты сходны с данными J. Tanaka et al. [9], показавшими увеличение амплитуды фронтальной N400 при суперординатной категоризации по сравнению с базовой. Иной результат представлен в работе [4], в которой авторы описали увеличение амплитуды поздней позитивности во фронто-центральных отведениях во временном окне 320–420 мс при суперординатной категоризации по сравнению с базовой. Эти различия в результатах могут быть обусловлены выбором категорий для суперординатной категоризации. В работе [4] это категории “одушевленные” и “неодушевленные” объекты, в работе [9] и нашем исследовании использованы более узкие категории, например, “мебель”, “посуда” и “инструменты”, находящиеся внутри более крупной категории “неодушевленные предметы”. Известно, что разделение изображений на одушевленные и неодушевленные происходит быстрее и легче, чем деление на суперординатные категории, входящие в эти две большие группы [5]. Предположительно, это может быть связано с разным характером используемой зрительной информации. При категоризации на одушевленные и неодушевленные объекты используется достаточно простые характеристики изображения, например, большая степень кривизны в одушевленных объектах [35]. Разделение же на более узкие суперординатные категории происходит с привлечением семантического анализа, что отражается в характеристиках поздних компонентах ВП, в первую очередь, N400 [36], что мы и зарегистрировали в нашей работе.

Уровень категоризации оказывал значимое влияние на амплитуду центральной поздней позитивности LP, которая была больше при суперординатной категоризации. По данным ис-

следования [37] этот компонент связан с процессом высокоуровневой когнитивной переработки информации. Другие авторы отмечают положительную зависимость амплитуды поздней позитивности от сложности правила, которым описывается принадлежность объекта к категории [38]. Полученный нами результат может быть связан с более сложным правилом отнесения объекта к категории и привлечением дополнительных ресурсов памяти и внимания [38, 39].

Влияние категориальной принадлежности маски на поведенческие параметры опознания изображений и характеристики зрительных ВП. Анализ поведенческих данных показал, что при использовании конгруэнтной маски ВР было меньше, чем в случае неконгруэнтной. Несмотря на то, что, согласно инструкции, маска является незначимым изображением, происходит ее имплицитный анализ, влияющий на переработку значимого стимула [40]. Зрительная информация о маске, передающаяся по восходящему пути, оставляет “след”, приводящий к изменению времени переработки значимого стимула [41]. Мы предполагаем, что конгруэнтная маска облегчала категоризацию стимула по механизму семантического прайминга [42, 43].

По данным анализа ВП, влияние конгруэнтности маски и целевого стимула значимо для амплитуды каудального компонента P130 и фронтального N150. При этом амплитуда P130 меньше при предъявлении конгруэнтных пар маска-стимул, что совпадает с данными других авторов, полученными при суперординатной категоризации [44] и прайминге повторением [45, 46]. Можно предположить, что это снижение отражает повышение селективности активных репрезентаций в случае совпадения категории маски и стимула [42, 44].

Амплитуда фронтального компонента N150 больше для неконгруэнтных пар маска-стимул. В литературе среднелатентную фронто-центральную негативность связывают с процессами когнитивного контроля и детекции конфликта [47–49]. Ранее нами было продемонстрировано увеличение ее амплитуды в случае базовой категоризации изображений предметов и животных для неконгруэнтных пар маска-стимул [50], аналогичные результаты получены и в других исследованиях [51].

Также категориальная принадлежность маски влияла на амплитуду фронтального компонента P300, который был больше для неконгруэнтной пары. Похожие результаты были получены ранее нами [50] и другими исследователями [52–54]. Увеличение амплитуды P300 во фронтальных отведениях может отражать повышение уровня внимания в случае неконгруэнтной маски, что, может быть, связано как с ее большим отличием от стимула по сравнению с конгруэнтной маской

[54], так и с ее принадлежностью к эволюционно значимой категории “животные” [55, 56].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе анализировали поведенческие и нейрофизиологические характеристики базовой и суперординатной категоризации изображений предметов, которым предшествовал нерелевантный стимул конгруэнтный или неконгруэнтный целевому (модель прямой маскировки). Показано, что суперординатная категоризация осуществляется быстрее, чем базовая, что предположительно связано с большим вкладом в категоризацию на этом уровне низкочастотного описания объекта, быстро передающегося по магноцеллюлярному пути. По данным анализа ВП уровень категоризации изображений влиял на амплитуду как ранних компонентов (50 мс после начала стимула), так и поздних (после 300 мс), отражающих когнитивный этап переработки зрительной информации. С учетом “блокового” дизайна эксперимента, можно предположить, что связанные с уровнем категоризации различия ранних компонентов ВП отражают “преднастройку” нейронов зрительной коры и имплицитную категоризацию изображений. Различия поздних компонентов в передних отделах, затрагивающие P300 и N400 во фронтальных областях и позднюю позитивность LP в центральных, отражают различия эксплицитной категоризации изображений. Можно предположить, что наблюдавшиеся при суперординатной категоризации увеличение фронтальной N400 и центральной LP связаны с большим вкладом семантического анализа и процессов сравнения стимула с хранящимися в памяти репрезентациями представителей в категоризацию на этом более высоком уровне. С учетом современной литературы, можно думать, что суперординатная категоризация требует более глубокого семантического анализа, возможно, из-за большего разнообразия представителей категорий и более сложного правила, согласно которому описывается их принадлежность к категории.

Неконгруэнтная маска замедляла опознание значимого изображения, в то время как конгруэнтное изображение облегчало категоризацию по механизму положительного прайминга. Анализ ВП показал, что степень конгруэнтности маски и стимула оказывала влияние на среднелатентные компоненты P130 в затылочно-височных и N150 во фронтальных областях коры. Можно предположить, что на этом этапе происходит подавление переработки маскирующего стимула, который выступает в роли дистрактора.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновле-

ниях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Финансирование работы. Работа поддержана средствами государственного бюджета по государственному заданию Министерства образования и науки РФ на 2021–2023 гг. Электрофизиологические исследования выполнены на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием для функционального картирования мозга на базе ИВНД и НФ РАН (Москва).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Вклад авторов в публикацию. Н.Ю. Мошникова и Е.С. Михайлова планировали исследование. А.Б. Кушнир создала библиотеку изображений. Н.Ю. Мошникова запрограммировала экспериментальные серии в программе *E-Prime*. Н.Ю. Мошникова и А.Б. Кушнир провели эксперименты, обработали и проанализировали полученные данные. Н.Ю. Мошникова и Е.С. Михайлова написали статью. Е.С. Михайлова отредактировала рукопись. Все авторы внесли свой вклад и одобрили окончательный вариант рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абишева К.М.* Категоризация и ее основные принципы // Вопросы когнитивной лингвистики. 2013. Т. 2. № 35. С. 21.
Abisheva K.M. Categorization and its main principles // Issues of Cognitive Linguistics. 2013. V. 2. № 35. P. 21.
2. *Westermann G., Mareschal D.* From perceptual to language-mediated categorization // Phil. Trans. R. Soc. B. 2014. V. 369. № 1634. P. 20120391.
3. *Fabre-Thorpe M.* The characteristics and limits of rapid visual categorization // Front. Psychol. 2011. V. 2. P. 243.
4. *Large M.E., Kiss I., McMullen P.A.* Electrophysiological correlates of object categorization: back to basics // Cogn. Brain Res. 2004. V. 20. № 3. P. 415.
5. *Banno H., Saiki J.* The processing speed of scene categorization at multiple levels of description: The superordinate advantage revisited // Perception. 2015. V. 44. № 3. P. 269.
6. *Ashtiani M.N., Kheradpisheh S.R., Masquelier T., Ganjtabesh M.* Object categorization in finer levels relies more on higher spatial frequencies and takes longer // Front. Psychol. 2017. V. 8. P. 1261.
7. *Taniguchi K., Kuraguchi K., Takano Y., Itakura S.* Object categorization processing differs according to cate-

- gory level: Comparing visual information between the basic and superordinate levels // *Front. Psychol.* 2020. V. 11. P. 501.
8. *Rosch E., Mervis C.B., Gray W.D. et al.* Basic objects in natural categories // *Cogn. Psychol.* 1976. V. 8. № 3. P. 382.
 9. *Tanaka J., Luu P., Weisbrod M., Kiefer M.* Tracking the time course of object categorization using event-related potentials // *NeuroReport.* 1999. V. 10. № 4. P. 829.
 10. *Vanmarcke S., Calders F., Wagemans J.* The time-course of ultrarapid categorization: the influence of scene congruency and top-down processing // *I-Persept.* 2016. V. 7. № 5. P. 2041669516673384.
 11. *Mace M.J.M., Joubert O.R., Nespoulous J.L., Fabre-Thorpe M.* The time-course of visual categorizations: You spot the animal faster than the bird // *PLoS ONE.* 2009. V. 4. № 6. P. e5927.
 12. *Wu C.T., Crouzet S.M., Thorpe S.J., Fabre-Thorpe M.* At 120 msec you can spot the animal but you don't yet know it's a dog // *J. Cogn. Neurosci.* 2015. V. 27. № 1. P. 141.
 13. *Kalenine S., Bonthoux F., Borghi A.M.* How action and context priming influence categorization: A developmental study // *Br. J. Dev. Psychol.* 2009. V. 27. Pt. 3. P. 717.
 14. *Roelofs A., Piai V.* Distributional analysis of semantic interference in picture naming // *Q. J. Exp. Psychol.* 2017. V. 70. № 4. P. 782.
 15. *Leroy A., Faure S., Spotorno S.* Reciprocal semantic predictions drive categorization of scene contexts and objects even when they are separate // *Sci. Rep.* 2020. V. 10. № 1. P. 8447.
 16. *Герасименко Н.Ю., Кушнир А.Б., Михайлова Е.С.* Маскирующие эффекты нерелевантной зрительной информации в условиях базовой и суперординатной категоризации сложных изображений // *Физиология человека.* 2019. Т. 45. № 1. С. 5.
Gerasimenko N.Yu., Kushnir A.B., Mikhailova E.S. Masking effects of irrelevant visual information under conditions of basic and superordinate categorization of complex images // *Human Physiology.* 2019. V. 45. № 1. P. 1.
 17. *Poncet M., Fabre-Thorpe M., Chakravarthi R.* A simple rule to describe interactions between visual categories // *Eur. J. Neurosci.* 2020. V. 52. № 12. P. 4639.
 18. *Eddy M.D., Holcomb P.J.* The temporal dynamics of masked repetition picture priming effects: manipulations of stimulus-onset asynchrony (SOA) and prime duration // *Brain Res.* 2010. V. 1340. P. 24.
 19. *Bognar A., Csete G., Németh M. et al.* Transcranial stimulation of the orbitofrontal cortex affects decisions about magnocellular optimized stimuli // *Front. Neurosci.* 2017. V. 11. P. 234.
 20. *Grill-Spector K., Weiner K.S.* The functional architecture of the ventral temporal cortex and its role in categorization // *Nat. Rev. Neurosci.* 2014. V. 15. № 8. P. 536.
 21. *Rajalingham R., DiCarlo J.J.* Reversible inactivation of different millimeter-scale regions of primate IT results in different patterns of core object recognition deficits // *Neuron.* 2019. V. 102. № 2. P. 493.
 22. *Margalit E., Jamison K.W., Weiner K.S. et al.* Ultra-high-resolution fMRI of human ventral temporal cortex reveals differential representation of categories and domains // *J. Neurosci.* 2020. V. 40. № 15. P. 3008.
 23. *Weber M., Thompson-Schill S.L., Osherson D. et al.* Predicting judged similarity of natural categories from their neural representations // *Neuropsychol.* 2009. V. 47. № 3. P. 859.
 24. *Connolly A.C., Guntupalli J.S., Gors J. et al.* The representation of biological classes in the human brain // *J. Neurosci.* 2012. V. 32. № 8. P. 2608.
 25. *Huth A.G., Nishimoto S., Vu A.T., Gallant J.* A continuous semantic space describes the representation of thousands of object and action categories across the human brain // *Neuron.* 2012. V. 76. № 6. P. 1210.
 26. *Cohen M.A., Alvarez G.A., Nakayama K., Konkle T.* Visual search for object categories is predicted by the representational architecture of high-level visual cortex // *J. Neurophysiol.* V. 117. № 1. P. 388.
 27. *Yee E., Thompson-Schill S.L.* Putting concepts into context // *Psychon. Bull. Rev.* 2016. V. 23. № 4. P. 1015.
 28. *Matheson H.E., Garcea F.E., Buxbaum L.J.* Scene context shapes category representational geometry during processing of tools // *Cortex.* 2021. V. 141. P. 1.
 29. *Kauffmann L., Bourgin J., Guyader N., Peyrin C.* The neural bases of the semantic interference of spatial frequency-based information in scenes // *J. Cogn. Neurosci.* 2015. V. 27. № 12. P. 2394.
 30. *Long B., Yu C.P., Konkle T.* Mid-level visual features underlie the high-level categorical organization of the ventral stream // *PNAS.* 2018. V. 115. № 38. P. E9015.
 31. *Gibbons H., Bachmann O., Stahl J.* The more you ignore me the closer I get: An ERP study of evaluative priming // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2014. V. 14. № 4. P. 1467.
 32. *Jost K., Wendt M., Luna-Rodriguez A. et al.* Strategic control over extent and timing of distractor-based response activation // *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* 2017. V. 43. № 2. P. 326.
 33. *Foxe J.J., Simpson G.V.* Flow of activation from V1 to frontal cortex in humans. A framework for defining "early" visual processing // *Exp Brain Res.* 2002. V. 142. № 1. P. 139.
 34. *Sysoeva O.V., Ilyuchenok I.R., Ivanitsky A.M.* Rapid and slow brain systems of abstract and concrete words differentiation // *Int. J. Psychophysiol.* 2007. V. 65. № 3. P. 272.
 35. *Zachariou V., Del Giacco A.C., Ungerleider L.G., Yue X.* Bottom-up processing of curvilinear visual features is sufficient for animate/inanimate object categorization // *J. Vision* 2018. V. 18. № 12. P. 3.

36. *Kutas M., Federmeier K.D.* Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP) // *Annu. Rev. Psychol.* 2011. V. 62. № 1. P. 621.
37. *Perez-Gay Juarez F., Sicotte T., Theriault C., Harnad S.* Category learning can alter perception and its neural correlates // *PLoS ONE.* 2019. V. 14. № 12. P. e0226000.
38. *Rabi R., Joannisse M.F., Zhu T., Minda J.P.* Cognitive changes in conjunctive rule-based category learning: An ERP approach // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2018. V. 18. № 5. P. 1034.
39. *Codispoti M., Ferrari V., De Cesare A., Cardinale R.* Implicit and explicit categorization of natural scenes // *Prog. Brain Res.* 2006. V. 156. P. 53.
40. *Jiang Z., Qu Y., Xiao Y. et al.* Comparison of affective and semantic priming in different SOA // *Cogn. Process.* 2016. V. 17. № 4. P. 357.
41. *Койфман А.Я.* Решение задачи категоризации при разных формах категориального прайминга // *Психология. Журнал Высшей школы экономики.* 2011. Т. 8. № 3. С. 102.
42. *Ko P.C., Duda B., Husseya E.P. et al.* The temporal dynamics of visual object priming // *Brain Cogn.* 2014. V. 91. P. 11.
43. *Li B., Gao C., Wang J.* Electrophysiological correlates of masked repetition and conceptual priming for visual objects // *Brain Behav.* 2019. V. 9. № 10. P. e01415.
44. *Freunberger R., Klimesch W., Doppelmayr M., Höller Y.* Visual P2 component is related to theta phase-locking // *Neurosci. Lett.* 2007. V. 426. № 3. P. 181.
45. *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.
46. *Eddy M.D., Holcomb P.J.* Electrophysiological evidence for size invariance in masked picture repetition priming // *Brain Cogn.* 2009. V. 71. № 3. P. 397.
47. *Folstein J.R., Van Petten C.* Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review // *Psychophysiology.* 2008. V. 45. № 1. P. 152.
48. *Ortells J.J., Kiefer M., Castillo A. et al.* The semantic origin of unconscious priming: Behavioral and event-related potential evidence during category congruency priming from strongly and weakly related masked words // *Cognition.* 2016. V. 146. P. 143.
49. *Bensmann W., Vahid A., Beste C., Stock A.K.* The intensity of early attentional processing, but not conflict monitoring, determines the size of subliminal response conflicts // *Front. Hum. Neurosci.* 2019. V. 13. P. 53.
50. *Калинин С.А., Герасименко Н.Ю., Славуцкая А.В., Михайлова Е.С.* Поведенческие и электрографические характеристики опознания сложных изображений в условиях их прямой маскировки. Влияние категориальной близости целевого и маскирующего стимулов // *Физиология человека.* 2014. Т. 40. № 4. С. 5.
- Kalinin S.A., Gerasimenko N.Yu., Slavutskaya A.V., Mikhailova E.S.* Behavioral and ERP characteristics of recognition of complex images under forward masking. The influence of categorical similarity of target and masking stimuli // *Human Physiology.* 2014. V. 40. № 4. P. 355.
51. *Frings C., Groh-Bordin C.* Electrophysiological correlates of visual identity negative priming // *Brain Res.* 2007. V. 1176. P. 82.
52. *Henson R.N., Mouchlianitis E., Matthews W.J., Kouider S.* Electrophysiological correlates of masked face priming // *NeuroImage.* 2008. V. 40. № 2. P. 884.
53. *Andres A.J.D., Oram Cardy J.E., Joannisse M.F.* Congruency of auditory sounds and visual letters modulates mismatch negativity and P300 event-related potentials // *Int. J. Psychophysiol.* 2011. V. 79. № 2. P. 137.
54. *Carreiras M., Perea M., Gil-López C. et al.* Neural correlates of visual versus abstract letter processing in roman and arabic scripts // *J. Cogn. Neurosci.* 2013. V. 25. № 11. P. 1975.
55. *Drewes J., Trommershäuser J., Gegenfurtner K.R.* Parallel visual search and rapid animal detection in natural scenes // *J. Vis.* 2011. V. 11. № 2. P. 20.
56. *Kojima K., Brown E.C., Matsuzaki N., Asano E.* Animal category-preferential gamma-band responses in the lower- and higher-order visual areas: intracranial recording in children // *Clin. Neurophysiol.* 2013. V. 124. № 12. P. 2368.

Psychophysiological Study of the Basic and Superordinate Categorization of Objects Complicated by the Influence of the Previous Irrelevant Stimulus

N. Yu. Moshnikova^a, *, A. B. Kushnir^a, E. S. Mikhailova^a

^a*Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia*

*E-mail: nataliagerasimenko@gmail.com

On 20 healthy subjects, the behavioral characteristics and evoked response potentials (ERPs) were studied during categorization of everyday objects at the basic (BC) and superordinate (SC) levels while the representation of the targeted object was preceded by an irrelevant mask, which may be congruent or incongruent with the target. It is shown that the SC is faster than the BC, and the incongruent mask slows down the categorization. The amplitude of the early caudal component N50 and frontal P50 depended on the interaction between categorization level and the mask congruence. When the stimulus and the mask were congruent, the

amplitude of the early components was higher in SC, while incongruent condition, on the contrary, the amplitude was higher in BC. The amplitudes of the P130 components in the occipital and temporal regions and N150 in the frontal one depended on the mask and were smaller when congruent. The main effect of the categorization level was manifested as an increase of the frontal N400 and in the central late positivity LP (400–500 ms) in SC compared with BC. Thus, it was found that the categorization level influenced at both the early perceptual and late cognitive stages of processing. It is assumed that the effects of the categorization level on the early stage of processing may be associated with the unequal contribution of the parvo- and magnocellular pathways in SC and BC. It is supposed that the high amplitude of late components in the anterior cortex observed in SC may reflect the involvement of additional memory resources for the image semantic analysis.

Keywords: human, vision, categorization, forward masking, event-related potential.