

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ  
**НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**



**МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2017**

ПОД РЕД. Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ, М.В. ФАЛИКМАН

УДК 159.9

ББК 81.002

К57

К57 Коллективный

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г.

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2017 г. – 596 стр.

Электронная версия

ISBN 978-5-4465-1509-7

УДК 159.9

ББК 81.002

ISBN 978-5-4465-1509-7

© Авторы статей, 2017

## **ВЛИЯНИЕ ПРЯМОЙ МАСКИРОВКИ НА КАТЕГОРИЗАЦИЮ СЛОЖНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗОВОМ И СУПЕРОРДИНАТНОМ УРОВНЯХ**

Н. Ю. Герасименко\*, А. Б. Киселева, Я. В. Безрукавая, Е. С. Михайлова  
[nataliagerasimenko@gmail.com](mailto:nataliagerasimenko@gmail.com)

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

**Аннотация.** Цель работы – оценить влияние категориальной близости маски и стимула на эффективность прямой маскировки при категоризации изображения на базовом и суперординатном уровне, а также проанализировать влияние низкочастотной фильтрации маски. В исследовании приняли участие 41 испытуемый (24.4±0.5 лет). Масками и стимулами служили черно-белые фотографии. Испытуемые выполняли два вида задач по категоризации: 1) на базовом уровне (кошка, кролик и т.п.); 2) на суперординатном уровне (животное или предмет). Маскирующее изображение предъявляли 102 мс, после появлялся стимул (85 мс), следом – шумовая маска (50 мс). Регистрировали время реакции (ВР) и правильность ответа. Показано, что эффективность прямой маскировки зависит от типа экспериментальной задачи. При опознании изображений на базовом уровне эффективность маскировки была максимальной при совпадении категориальной принадлежности стимула и маски. При суперординатной категоризации наибольшее ВР и наименьшая точность наблюдались при маскировке изображениями другой категории – животными для предметов и предметами для животных. Низкочастотная фильтрация маски снижала эффективность маскировки. Лица и дома оказывали меньший маскирующий эффект, чем изображения других категорий. Наши данные подтверждают гипотезу о временном и пространственном разделении в мозге процессов базовой и суперординатной категоризации. Меньшая эффективность маскировки изображениями домов и лиц связана с существованием специализированных областей для их обработки. Низкочастотная составляющая играет важную роль при категоризации как на базовом, так и на суперординатном уровнях.

**Ключевые слова:** категоризация, человек, зрение, опознание, прямая маскировка

Работа поддержана грантом РФФИ № 15-06-08447.

В повседневной жизни зрительная система человека перерабатывает информацию о множестве различных объектов. Прямая маскировка – удобная экспериментальная модель для изучения влияния на опознание изображение другой – нерелевантной к выполняемой испытуемым задаче зрительной информации. Ранее нами было показано, что эффективность прямой маскировки зависит от совпадения уровня сложности и категориальной принадлежности стимула и маски (Михайлова и др., 2009; Герасименко и др., 2013). Чем ближе по этим критериям маска и стимул, тем сильнее выражен маскирующий эффект.

Но помимо этих параметров на силу маскировки могут влиять и другие факторы. Один из них – тип экспериментальной задачи. Каждое изображение может быть отнесено как к базовой категории (собака, коза, шкаф и т. п.), так и к категориям более высокого – суперординатного – уровня (животное или неодушевленный предмет) (Tanaka et al., 1999). В связи с этим цель данной работы – оценить влияние категориальной близости маски и стимула на эффективность маскировки при категоризации изображения на базовом и суперординатном уровне, а также проанализировать влияние низкочастотной фильтрации маски.

## Методика

Всего в исследовании принял участие 41 испытуемый ( $24.4 \pm 0.5$  лет), из них в исследовании опознания изображений на базовом уровне участвовало 29 человек ( $24.0 \pm 0.5$  лет), на суперординатном – 23 ( $25.2 \pm 0.5$  лет).

В качестве тестовых стимулов использовали черно-белые фотографии животных и бытовых предметов, в качестве масок – черно-белые фотографии животных, предметов, домов и лиц людей с нейтральным выражением. Маски и стимулы не совпадали. Изображения животных, предметов и домов были взяты из интернета. Лица брались из базы фотографий лиц Университета Неймегена (Langner et al., 2010). Для эксперимента исходное изображения вырезалось из фона и предьявлялось в центре белого экрана. В части опытов использовались интактные маскирующие изображения, в другой части – низкочастотно-фильтрованные (2 цикла/град.) (рис. 1). Размер рисунков на экране – 8–10 см по ширине и высоте, что в условиях нашего эксперимента (120 см от экрана до глаз испытуемого) составляло 4–5 угловых градусов.

Всего было проведено 6 серий экспериментов, в 4 из которых изображения категоризовались на базовом уровне, а в 2 – на суперординатном. Использовали четыре вида маскирующих изображений (интактных или низкочастотно-фильтрованных). В каждой серии на базовую категоризацию испытуемый опознавал четыре изображения, принадлежавших к одной категории. Например, в серии с опознанием животных стимулами служили фотографии верблюда, лошади, льва и кошки. Всего использовалось 4 изображения каждой категории, каждое демонстрировалось по 16 раз, всего 256 предьявлений. Для изучения категоризации на суперординатном уровне в каждой серии испытуемому предьявляли 16 изображения животных и 16 изображений предметов. Каждое изображение предьявлялось 8 раз, всего 256 предьявлений в серии. Длительность предьявления маски – 102 мс, сразу после нее на 85 мс предьявлялся стимул, который сменялся обратной шумовой маской (50 мс). Межсти-



Рисунок 1. Примеры интактных (А) и низкочастотно-фильтрованных (Б) масок

мульный интервал — 3000 мс. Предъявление стимулов и регистрация ответов осуществлялись с помощью программы E-Prime 2.0. В сериях на базовую категоризацию испытуемый опознавал четыре категории стимулов и нажимал одну из четырех клавиш выносной клавиатуры Serial Response Box. В сериях на суперординатную категоризацию испытуемый относил стимул к категории «Животные» или «Предметы» и нажимал на одну из двух клавиш. Регистрировались правильность ответа и время реакции (ВР).

## Результаты

Для ВР и точности опознавания изображений был проведен дисперсионный анализ ANOVA RM с учетом факторов СТИМУЛ (предмет или животное), МАСКА (дом, лицо, маска другой категории, маска той же категории) и ФИЛЬТР (интактная маска или низкочастотно-фильтрованная).

**Анализ опознавания на базовом уровне.** Для ВР были выявлены достоверные эффекты факторов СТИМУЛ ( $F(1,28) = 20.5$ ;  $p < .001$ ), МАСКА ( $F(3,84) = 67.9$ ;  $p < .001$ ), ФИЛЬТР ( $F(1,28) = 26.2$ ;  $p < .001$ ) и взаимодействий СТИМУЛ  $\times$  МАСКА ( $F(3,84) = 35.7$ ;  $p < .001$ ), МАСКА  $\times$  ФИЛЬТР ( $F(3,84) = 18.5$ ;  $p < .001$ ) и СТИМУЛ  $\times$  МАСКА  $\times$  ФИЛЬТР ( $F(3,84) = 6.1$ ;  $p < .01$ ). Для точности опознавания — эффект фактора МАСКА ( $F(3,84) = 7.0$ ;  $p < .01$ ) и взаимодействия МАСКА  $\times$  ФИЛЬТР ( $F(3,84) = 6.5$ ;  $p < .01$ ). При категоризации изображений на базовом уровне эффективность маскировки была максимальной при совпадении категориальной принадлежности стимула и маски — наблюдалось достоверное увеличение ВР ( $.001 < p < .01$ ) и снижение точности опознавания ( $p < .001$  для животных). При опознании изображений животных этот эффект более выражен, чем при опознании предметов. Низкочастотная фильтрация маски снижала эффективность прямой маскировки. Причем при опознании животных этот эффект наблюдался только при совпадении категориальной принадлежности маски и тестового стимула ( $p < .001$  для ВР,  $p < .01$  для точности). При опознании предметов достоверное уменьшение ВР и увеличение точности опознавания при низкочастотной фильтрации наблюдалось для всех типов масок, но наиболее выраженное — при совпадении категориальной принадлежности маски и стимула.

**Анализ опознавания на суперординатном уровне.** Для ВР были выявлены достоверные эффекты факторов МАСКА ( $F(3,45) = 12.6$ ;  $p < .01$ ), ФИЛЬТР ( $F(1,15) = 7.4$ ;  $p < .05$ ) и взаимодействий СТИМУЛ  $\times$  МАСКА ( $F(3,45) = 4.1$ ;  $p < .05$ ) и МАСКА  $\times$  ФИЛЬТР ( $F(3,45) = 5.5$ ;  $p < .05$ ). Для точности опознавания — эффект фактора МАСКА ( $F(3,45) = 8.6$ ;  $p < .01$ ) и взаимодействия МАСКА  $\times$  ФИЛЬТР ( $F(3,84) = 7.5$ ;  $p < .05$ ). При категоризации на суперординатном уровне максимальные значения ВР и минимальная точность наблюдались при маскировке изображениями другой категории — животными для предметов и предметами для животных. Низкочастотная фильтрация маски снижала эффективность прямой маскировки.

Дома и лица оказывали слабое маскирующее воздействие как при базовой, так и при суперординатной категоризации стимулов.

## Обсуждение и выводы

Анализ данных психофизиологической серии показал, что эффективность прямой маскировки зависела от типа выполняемой задачи. При опознании на базовом уровне маскирующий эффект был более выражен при совпадении категориальной принадлежности маски и стимула, что было показано нами ранее (Герасименко и др., 2013). Напротив, при опознании на суперординатном уровне нерелевантное изображение той же категории облегчало опознание тестового стимула. Показано, что при предъявлении испытуемыми изображений животных активируются близлежащие области нижневисочной коры. При этом чем семантически ближе животные (например, тигр и лев), тем ближе расположены зоны, активирующиеся при их предъявлении (Weber et al., 2009). Таким образом, при выполнении задачи на базовую категоризацию предъявление изображения животного будет активировать соответствующую область нижневисочной коры, которая будет тормозить близлежащие области, ответственные за опознание других животных. В результате при выполнении задачи на базовую категоризацию более выраженный маскирующий эффект наблюдался в парах, где и маска, и стимул принадлежали к одной категории. Можно предположить, что при выполнении задачи на суперординатную категоризацию информация, полученная при обработке маскирующего изображения того же класса, что и тестовый стимул, облегчает обработку последнего за счет эффекта положительного прайминга (Schacter et al., 2007; Ortells et al., 2016). Полученные данные подтверждают гипотезу о временном и пространственном разделении когнитивных процессов при базовой и суперординатной категоризации (Tanaka et al., 1999).

В нашей работе низкочастотная фильтрация маски значительно снижала выраженность маскирующего эффекта, но не приводила к его исчезновению. Данный эффект наблюдался как при выполнении задачи опознания на базовом уровне, так и при суперординатной категоризации. Известно, что низкочастотная составляющая изображения предоставляет информацию о его глобальной форме, следовательно, она важна для суперординатной категоризации. В то же время для базовой категоризации требуется более детальная информация о стимуле, которая содержится в высокочастотной составляющей его описания (Harel, Bentin, 2009; Craddock et al., 2013). Однако наши данные не вполне согласуются с этим предположением. Если бы низкочастотное описание маскирующего изображения предоставляло достаточно информации для его суперординатной категоризации, то при выполнении данного типа задач низкочастотная маска оказывала бы столь же выраженный маскирующий эффект, как и интактное, нефильТРованное изображение. В нашей же работе такой эффект не был получен. На основании наших данных мы можем предположить, что при опознании изображений как на базовом, так и на суперординатном уровне учитывается как низкочастотная, так и высокочастотная составляющие зрительного стимула.

Показано, что степень маскирующего эффекта зависела от категориальной принадлежности маски: изображения лиц и домов оказывали меньший маскирующий эффект по сравнению с изображениями животных и предметов. Мы предполагаем, что это связано с обособленностью обработки зрительной информации об

изображениях этих категорий. Есть сведения о существовании в мозге областей, селективно отвечающих на предъявление лиц – *fusiform face area* и домов – *parahippocampal place area* (Downing et al., 2006; Bunzeck et al., 2006). Таким образом, мы предполагаем, что процесс обработки зрительной информации о маске-лицо и маске-доме не интерферирует с обработкой значимого стимула.

## Литература

Герасименко Н. Ю., Славуцкая А. В., Калинин С. А., Куликов М. А., Михайлова Е. С. Опознание зрительных образов в условиях их прямой маскировки. Влияние категориальной близости значимого и маскирующих изображений // Журнал высшей нервной деятельности. 2013. Т. 63. № 4. С. 419–430.

Михайлова Е. С., Герасименко Н. Ю., Овсиенко А. В. Опознание сложных и простых изображений при их прямой маскировке // Физиология человека. 2009. Т. 35. С. 13–19.

Bunzeck N., Schütze H., Düzel E. Category-specific organization of prefrontal response-facilitation during priming // *Neuropsychologia*. 2006. Vol. 44. No. 10. P. 1765–1776. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.03.019

Craddock M., Martinovic J., Müller M. M. Task and spatial frequency modulations of object processing: an EEG study // *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8. No. 7. P. e70293–e70293. doi:10.1371/journal.pone.0070293

Downing P. E., Chan A. W. Y., Peelen M. V., Dodds C. M., Kanwisher N. Domain specificity in visual cortex // *Cerebral Cortex*. 2006. Vol. 16. No. 10. P. 1453–1461. doi:10.1093/cercor/bhj086

Harel A., Bentin S. Stimulus type, level of categorization, and spatial-frequencies utilization: Implications for perceptual categorization hierarchies // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2009. Vol. 35. No. 4. P. 1264–1273. doi:10.1037/a0013621

Langner O., Dotsch R., Bijlstra G., Wigboldus D. H. J., Hawk S. T., van Knippenberg A. Presentation and validation of the Radboud Faces Database // *Cognition and Emotion*. 2010. Vol. 24. No. 8. P. 1377–1388. doi:10.1080/02699930903485076

Ortells J. J., Kiefer M., Castillo A., Megías M., Morillas A. 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. Vol. 146. P. 143–157. doi:10.1016/j.cognition.2015.09.012

Schacter D. L., Wig G. S., Stevens W. D. Reductions in cortical activity during priming // *Current Opinion in Neurobiology*. 2007. Vol. 17. No. 2. P. 171–176. doi:10.1016/j.conb.2007.02.001

Tanaka J., Luu P., Weisbrod M., Kiefer M. Tracking the time course of object categorization using event-related potentials // *NeuroReport*. 1999. Vol. 10. No. 4. P. 829–835. doi:10.1097/00001756-199903170-00030

Weber M., Thompson-Schill S. L., Daniel Osherson D., Haxby J., Parsons L. Predicting judged similarity of natural categories from their neural representations // *Neuropsychologia*. 2009. Vol. 47. No. 3. P. 859–868. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.12.029

## The Influence of Forward Masking on the Categorization of Complex Images at the Basic and Superordinate Levels

Gerasimenko N. Y.\*, Kiseleva A. B., Bezrukavaya Y. V., Mikhailova E. S.  
[nataliagerasimenko@gmail.com](mailto:nataliagerasimenko@gmail.com)

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia

**Abstract.** The aim of the present study was to investigate the influence of the mask and stimulus categorical similarity on the basic and superordinate level categorizations under forward masking, and also to analyze the effect of a low spatial frequency filtered mask. Forty-one individuals participated in this study ( $24.4 \pm 0.5$  years). Masks and stimuli were black-and-white photographs. Participants performed two types of categorization tasks: 1) at the basic level (cat, rabbit, etc.); and 2) at the superordinate level (animal or man-made object). The masking image was presented for 102 ms, then a stimulus appeared (85 ms), followed by a noise mask (50 ms). The reaction time (RT) and accuracy of the response were recorded. It is shown that the effectiveness of forward masking depends on the type of the experimental task. At the basic level categorization, performance was worse when the mask and test images belonged to the same category. On the contrary, at the superordinate level categorization, the masking effect was strongest when the mask and test images belonged to different categories. Faces and houses produced a weaker masking effect than animals and man-made objects. Importantly, the low-frequency filtered masks evoked a lower masking effect than unfiltered ones. Our results are consistent with the hypothesis that basic and superordinate levels of categorization are temporally and spatially separable in the brain. Faces and houses are specific categories of images which activate distinct brain areas and have less masking effect than animals and man-made objects. Low spatial frequency plays an important role in categorization at both levels.

**Keywords:** categorization, human, vision, recognition, forward masking