Е. С. ГОРБУНОВА

Горбунова Елена Сергеевна
преподаватель, Департамент психологии
НИУ ВШЭ, кафедра общей и
экспериментальной психологии
Россия, Москва 105066, Старая Басманная ул., 21/4
Тел. +7 (495) 772-95-90
научный сотрудник, Лаборатория
когнитивных исследований, ШАГИ РАНХиГС
Россия, Москва, 119571, пр-т Вернадского, 82
Тел. +7 (499) 956-96-47
E-mail: gorbunovaes@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЯ «ПРОПУСКОВ ПРИ ПРОДОЛЖЕНИИ ПОИСКА» В РЕНТГЕНОЛОГИИ И КОГНИТИВНОЙ ПСИХОЛОГИИ

Аннотация. Статья представляет собой аналитический обзор литературы, посвященной исследованиям эффекта «пропусков при продолжении поиска» (ППППП). ППППП наблюдаются в задаче зрительного поиска, когда необходимо найти два целевых стимула — как правило, один хорошо, а другой плохо заметный, и представляет собой пропуск второго целевого стимула после успешного нахождения первого. Существует ряд факторов, оказывающих влияние на возникновение ППППП: время предъявления стимулов, вероятность появления двух стимулов, загрузка рабочей памяти, и др. В данной работе проведен анализ экспериментальных исследований ППППП, а также теоретических моделей, в которых делаются попытки объяснить данный феномен.

Ключевые слова: зрительное внимание, зрительный поиск, эффект «пропусков при продолжении поиска», эффект «мигания внимания».

© Е. С. ГОРБУНОВА

Исходно феномен «пропусков при продолжении поиска» (subsequent search misses) был открыт в рентгенологии (см., например: [Berbaum et al. 1990]). Было обнаружено, что врач при просмотре рентгеновского снимка, на котором присутствуют две каких-либо аномалии (одна хорошо, другая плохо заметная), прекращает поиск после нахождения хорошо заметной аномалии, тем самым упуская из вида вторую. Было высказано предположение о том, что после нахождения первой аномалии врач довольствуется полученным результатом поиска и прекращает искать другие потенциальные проблемы, в связи с чем феномен получил название «насыщения поиска» (satisfaction of search). Тем не менее результаты более поздних исследований как в области рентгенологии [Samuel et al. 1995], так и при использовании более абстрактных задач зрительного поиска [Fleck et al. 2010] говорят о том, что преждевременное прекращение поиска не является первопричиной пропуска второго целевого стимула. Поэтому было предложено новое название для данного феномена — «пропуски при продолжении поиска» (ППППП) (например, [Cain et al. 2013]).

Несмотря на долгую историю изучения ППППП в рентгенологии, какого-либо общего мнения о его исходной причине сформировано не было. Помимо объяснения пропусков второго целевого стимула насыщением поиска после нахождения первого целевого стимула, были сделаны попытки связать ППППП с перцептивной установкой или с истощением ресурсов внимания. Согласно гипотезе перцептивной установки, после нахождения первого целевого стимула более вероятным будет нахождение других стимулов в случае, когда они имеют перцептивное сходство с первым, и менее вероятным — нахождение не сходных по перцептивным характеристикам стимулов [Berbaum et al. 1990; 1991]. К примеру, если врач сначала обнаружил сломанную кость, то другая сломанная кость с высокой вероятностью будет найдена, в то время как опухоль, скорее всего, будет упущена из виду. Пропуск второго целевого стимула также может быть связан с тем, что уже найденный первый целевой стимул истощает ресурсы рабочей памяти и тем самым мешает продолжению поиска [Adamo et al. 2013]. Тем не менее ни одна из этих теорий не объясняет всего спектра данных, полученных в исследованиях ППППП, что может говорить о том, что данный феномен имеет сложную комплексную природу.

Новые перспективы для изучения ППППП открылись в связи с экспериментами М. Флека, Э. Самея и С. Митроффа, в которых данный эффект был воспроизведен на более привычном для когнитивной психологии материале [Fleck et al. 2010]. Была использована стандартная задача зрительного поиска «Т среди L»: в качестве целевых стимулов выступали буквы «Т», в качестве дистракторов (отвлекающих стимулов) — буквы «L», при этом целевые стимулы и дистракторы могли иметь различную пространственную ориентацию и были расположены на экране в случайном порядке. Всего на экране в каждой пробе предъявлялось 25 стимулов. Стимулы предъявлялись на выполненном в оттенках серого «облачном» фоне (см.

пример на *рис. 1*). Это было сделано для повышения сложности задачи и приближения к условиям поиска в рентгенологии. Было проведено три типа проб: с одним хорошо различимым целевым стимулом; с одним плохо различимым целевым стимулом и с двумя стимулами — одним хорошо различимым и другим плохо различимым. Испытуемые были осведомлены о том, что целевых стимулов может быть один или два. Задача заключалась в том, чтобы найти целевые стимулы — буквы «Т» (одну или две). Ответ давался с помощью компьютерной мыши: нужно было навести курсор на целевой стимул и нажать на кнопку мыши (при наличии двух целевых стимулов такая процедура выполнялась сначала с одним, а затем с другим стимулом). Сравнению подлежал процент правильных ответов в условии с одним плохо различимым стимулом и с двумя целевыми стимулами (один из которых был плохо различимым, а другой — хорошо различимым). В условии с двумя целевыми стимулами правильным ответом считалось нахождение обоих.

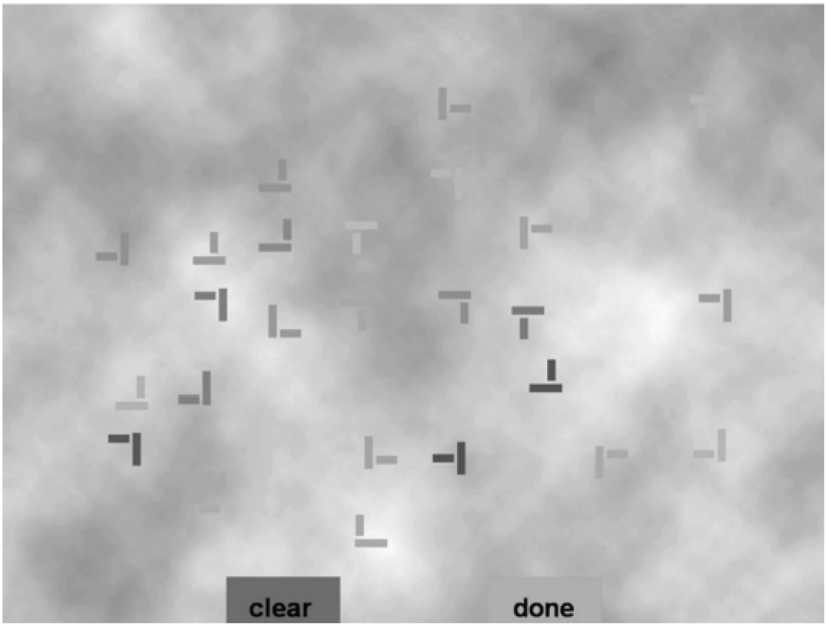


Рис. 1. Пример стимуляции, используемой в исследованиях «пропусков при продолжении поиска» [Fleck et al. 2010]

Общий результат десяти экспериментов заключался в том, что процент правильных ответов в условии с двумя стимулами оказывается значимо меньшим по сравнению с условием с одним плохо различимым стимулом. Таким образом, феномен ПППП был воспроизведен в лабораторных условиях. Помимо этого, был выявлен ряд факторов, оказывающих влияние на возникновение данного эффекта. Было обнаружено, что он возникает

только в том случае, когда вероятность появления плохо различимого одиночного целевого стимула значительно меньше вероятности появления хорошо различимого одиночного стимула. Пропуска второго целевого стимула не происходило, когда вероятности появления плохо различимого и хорошо различимого стимула были одинаковыми. Однако когда хорошо различимые одиночные целевые стимулы встречались в два или в три раза чаще по сравнению с плохо различимыми, в условии с двумя стимулами испытуемые пропускали плохо различимый целевой стимул чаще, чем в условии с одним плохо различимым стимулом.

Другой фактор, оказывающий влияние на появление ПППП, — фактор времени: в условии, когда время одной пробы ограничено 30 секундами, размер эффекта меньше по сравнению с условием, когда время пробы составляет 15 секунд. Наибольший размер эффекта получен в условии, когда время поиска в одной пробе было ограничено 9 секундами. При этом эффект сохраняется, даже если испытуемые имеют сильную мотивацию к обнаружению стимулов (к примеру, получают денежное вознаграждение за точность их обнаружения), что опровергает гипотезу о «насыщении поиска». Эффект также сохраняется, если оба стимула являются одинаковыми, что не согласуется с гипотезой о перцептивной установке.

Дальнейшее изучение факторов, влияющих на возникновение ПППП, было произведено в последующих экспериментах исследовательской группы С. Митроффа. В частности, было обнаружено, что вероятность обнаружения второго целевого стимула повышается, если первый целевой стимул после его нахождения исчезает с экрана или становится хорошо заметным и легко отделимым от фона [Cain, Mitroff 2013]. Это говорит о том, что ПППП, вероятно, связан с дефицитом рабочей памяти: нахождение первого целевого стимула потребляет ресурсы рабочей памяти, которые могли бы быть направлены на нахождение других стимулов. Гипотезу о роли дефицита ресурсов рабочей памяти в возникновении ПППП подтверждают результаты более позднего эксперимента: эффект значительно уменьшался, если после нахождения первого целевого стимула испытуемому предъявлялось несколько не связанных с основной задачей картинок или пустых проб, а уже затем продолжался поиск второго целевого стимула [Cain et al. 2014].

В экспериментах М. Кейна, С. Адамо и С. Митроффа с регистрацией движений глаз производился анализ ошибок, способствующих возникновению ПППП. Было выделено несколько типов ошибок, связанных с пропуском второго целевого стимула: ошибки сканирования (отсутствие фиксации на втором менее заметном целевом стимуле), ошибки стратегии (прекращение поиска сразу после нахождения первого целевого стимула), ошибки истощения ресурсов (происходит возврат фиксации к первому целевому стимулу после того, как он был найден, что истощает ресурсы), ошибки опознания или принятия решения (когда фиксация на втором целевом стимуле присутствует, но испытуемый не дает ответа о нахождении

стимула), а также ошибки «псевдо-ПППП» (когда менее заметный целевой стимул был в зафиксирован до нахождения хорошо заметного, но не был вновь зафиксирован после нахождения первого целевого стимула) [Cain et al. 2013]. При этом наибольшее в процентном соотношении количество ошибок приходится на ошибки сканирования и истощения ресурсов, а наименьшее — на ошибки стратегии.

Таким образом, ПППП, вероятно, является сложным феноменом, за которым стоит целый комплекс факторов. Было обнаружено, что на ПППП оказывают влияние особенности постановки задачи, а также ожидания и индивидуальные особенности испытуемых. В частности, размер эффекта увеличивается при условии ожидания негативного события (например, удара током), при этом менее тревожные испытуемые оказываются более чувствительными к этой манипуляции по сравнению с более тревожными [Cain et al. 2011]. Другим фактором, играющим роль в возникновении ПППП, являются особенности постановки задачи и организации подкрепления. В экспериментах К. Кларк и коллег испытуемые могли получить дополнительное вознаграждение за участие в эксперименте либо при условии достижения определенного количества баллов (правильных ответов) за минимальное количество времени, либо при условии достижения максимального количества баллов в течение ограниченного времени. При инструкции получения определенного количества баллов за минимальное количество времени был обнаружен значимый эффект ПППП: процент правильных ответов в условии с двумя стимулами оказался значимо меньшим по сравнению с условием с одним плохо различимым стимулом. Напротив, в условии достижения максимального количества баллов в течение ограниченного времени аналогичных значимых различий обнаружено не было [Clark et al. 2013].

Следует отметить, что изучение ПППП представляет интерес не только в теоретическом плане — для понимания закономерностей работы внимания в задаче зрительного поиска, но также имеет широкое практическое применение, в первую очередь для предотвращения ошибок при решении профессиональных задач зрительного поиска (в рентгенологии, при досмотре багажа в аэропортах и т. п.). При этом существуют данные о том, что люди, профессиональная деятельность которых включает в себя задачи зрительного поиска, используют другие стратегии поиска, нежели обычные испытуемые. В экспериментах А. Биггса и С. Митроффа в качестве испытуемых выступили сотрудники службы досмотра багажа в аэропорту. Сравнивалась эффективность (скорость и точность) выполнения задачи зрительного поиска в условиях отсутствия целевого стимула, одного хорошо заметного целевого стимула, одного плохо заметного целевого стимула и двух целевых стимулов у группы профессионалов и группы обычных университетских студентов. Было обнаружено, что эффективность решения задачи в разных группах различается незначительно (профессионалам требовалось немного больше времени для завершения задания по сравнению с обычными испытуемыми), однако факторы, предсказывающие

точность ответов для разных испытуемых, существенно различались в группах профессионалов и непрофессионалов. Для испытуемых-профессионалов наиболее важным фактором оказалось сходство в скорости поиска в разных пробах — более стабильные испытуемые были более точными. Для непрофессионалов, напротив, ведущую роль сыграло время поиска в условии отсутствия целевого стимула — чем дольше было время поиска в таких пробах, тем выше была общая точность зрительного поиска [Biggs, Mitroff 2013].

Особый интерес представляет сопоставление ПППП с другими перцептивными феноменами и выявление гипотетических общих механизмов. В качестве такого феномена можно назвать эффект «мигания внимания» [Raymond et al. 1992], наблюдающийся в условиях быстрого последовательного предъявления зрительных стимулов (БППЗС). При БППЗС стимулы сменяют друг друга с высокой скоростью (8–11 стимулов в секунду) в одном и том же месте зрительного поля, а задача испытуемого заключается в том, чтобы обнаружить или опознать один или несколько из них. Эффект «мигания внимания» представляет собой кратковременное ухудшение обнаружения или опознания второго целевого стимула (зонда) или нескольких таких стимулов, наступающее вслед за обнаружением или опознанием предшествующего целевого стимула в критическом временном диапазоне после его предъявления (180–450 мс). Возникновение данного эффекта, как правило, рассматривается либо в контексте структурных ограничений в системе переработки информации (наличия в ней блока или канала с ограниченной пропускной способностью) (например, см.: [Vogel et al. 1998]), либо связывается с недостаточным количеством ресурсов для обработки второго целевого стимула (например, см.: [Jolicoeur 1998]).

Несмотря на то что различия в методических процедурах для изучения «мигания внимания» и ПППП очевидны (быстрое последовательное и симультанное длительное предъявление стимулов), оба этих эффекта предполагают одну и ту же закономерность — неспособность обнаружить второй целевой стимул после успешного обнаружения первого целевого стимула. Помимо этого, как «мигание внимания», так и ПППП обнаруживают связь с количеством ресурсов, требуемых для обработки второго целевого стимула. Поразительное сходство между «миганием внимания» и ПППП было обнаружено в экспериментах С. Адамо, М. Кейна и С. Митроффа, в которых использовалась стандартная задача поиска двух целевых стимулов и производилась регистрация движений глаз [Adamo et al. 2013]. Помимо количества пропусков второго целевого стимула, анализу подлежало количество фиксаций между обнаружением первого и второго целевых стимулов, а также время от конца фиксации первого целевого стимула до начала фиксации второго целевого стимула. Оказалось, что вероятность обнаружения второго целевого стимула в задаче зрительного поиска (при условии успешного нахождения первого целевого стимула) зависит от количества и времени фиксаций, что аналогично «миганию внимания» (см. *рис. 2а, 2б*). При этом наблюдается как снижение

эффективности обнаружения второго целевого стимула на второй позиции после первого целевого стимула, так и «эффект первой позиции», когда при фиксации на втором целевом стимуле сразу после нахождения первого целевого стимула эффективность обнаружения второго целевого стимула не снижается. Таким образом, ПППП представляет собой своего рода пространственный аналог «мигания внимания». Возможно, изучение ПППП в связи с «миганием внимания» и анализ гипотетических общих механизмов данных феноменов может пролить свет как на причины возникновения ПППП, так и на процессы, лежащие в основе «мигания внимания».

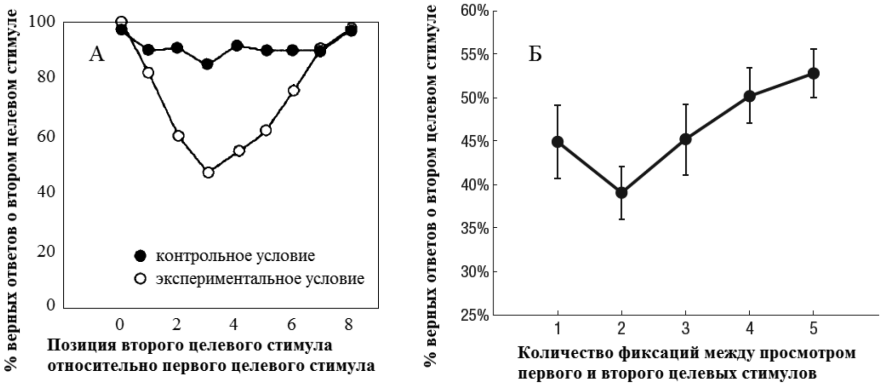


Рис. 2а. Эффект «мигания внимания» [Raymond et al. 1992].
Рис. 2б. Эффект «пропусков при продолжении поиска» [Adamo et al. 2013]

В заключение сделаем несколько выводов.

1. Эффект ПППП наблюдается в условиях зрительного поиска двух стимулов (как правило, одного хорошо заметного и другого плохо заметного) и представляет собой ухудшение обнаружения второго (плохо заметного) целевого стимула при успешном обнаружении первого целевого стимула. Исходно ПППП был открыт в рентгенологии, однако дальнейшие перспективы исследования данного феномена, по всей видимости, связаны с экспериментальной психологией, обладающей инструментарием для исследования ПППП в лабораторных условиях, который позволяет осуществлять более точное варьирование экспериментальных факторов.

2. В существующих на данный момент теориях ПППП в качестве причин данного феномена называются «насыщение поиска» после нахождения первого целевого стимула, перцептивная установка и истощение ресурсов рабочей памяти. Ни одна из теорий не объясняет всего спектра экспериментальных данных.

3. ПППП обнаруживает сходство с другим феноменом — «миганием внимания», наблюдающимся при быстром последовательном предъявлении зрительных стимулов. Представляется, что факторы, лежащие в основе ПППП, могут быть прояснены при сопоставлении ПППП и «мигания внимания».

Литература / References

1. Adamo, S. H., Cain, M. S., Mitroff, S. R. (2013). Self-induced attentional blink: A cause of errors in multiple-target search. *Psychological Science, 24*(12), 2569–2574.

2. Berbaum, K. S., Franken, E. A. Jr., Dorfman, D. D., Rooholamini, S. A., Coffman, C. E., Cornell, S. H., Cragg, A. H., Galvin, J. R., Honda, H., Kao, S. C., et al. (1991). Time course of satisfaction of search. *Investigative Radiology, 26*(7), 640–648.

3. Berbaum, K. S., Franken, E. A. Jr., Dorfman, D. D., Rooholamini, S. A., Kathol, M. H., Barloon, T. J., Behlke, F. M., Sato, Y., Lu, C. H., el-Khoury, G. Y., et al. (1990). Satisfaction of search in diagnostic radiology. *Investigative Radiology, 25*(2), 133–140.

4. Biggs, A. T., Mitroff, S. R. (2013). Different predictors of multiple-target search accuracy between nonprofessional and professional visual searchers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 67*(7), 1335–1348.

5. Cain, M. S., Adamo, S. H., Mitroff, S. R. (2013). A taxonomy of errors in multiple-target visual search. *Visual Cognition, 21*(7), 899–921.

6. Cain, M. S., Biggs, A. T., Darling, E. F., Mitroff, S. R. (2014). A little bit of history repeating: Splitting up multiple-target visual searches decreases second-target miss errors. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 20*(2), 112–125.

7. Cain, M. S., Dunsmoor, J. E., LaBar, K. S., Mitroff, S. R. (2011). Anticipatory anxiety hinders detection of a second target in dual-target search. *Psychological Science, 22*(7), 866–871.

8. Cain, M. S., Mitroff, S. R. (2013). Memory for found targets interferes with subsequent performance in multiple-target visual search. *The Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 39*(5), 1398–1408.

9. Clark, K., Cain, M. S., Adcock, R. A., Mitroff, S. R. (2013). Context matters: The structure of task goals affects accuracy in multiple-target visual search. *Applied Ergonomics, 45*(3), 528–533.

10. Fleck, M. S., Samei, E., Mitroff, S. R. (2010). Generalized "satisfaction of search": Adverse influences on dual-target search accuracy. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 16*(1). 10.1037/a0018629. DOI:10.1037/a0018629.

11. Jolicoeur, P. (1998). Modulation of the attentional blink by on-line response selection: evidence from speeded and unspeeded task1 decisions. *Memory & Cognition, 26*(5), 1014–1032.

12. Raymond, J. E., Shapiro, K. L., Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *The Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18*(3), 849–860.

13. Samuel, S., Kundel, H. L., Nodine, C. F., Toto, L. C. (1995). Mechanism of satisfaction of search: Eye position recordings in the reading of chest radiographs. *Radiology, 194*(3), 895–902.

14. Vogel, E. K., Luck, S. J., Shapiro, K. L. (1998). Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *The Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*(6), 1656–1674.

Studies on subsequent search misses in radiology and cognitive psychology

Gorbunova, Elena S.
Lecturer, School of Psychology, National Research University "Higher School of Economics"
Russia, Moscow, 105066, Staraya Basmannaya str., 21/4
Tel.: +7 (495) 772-95-90
Researcher, Cognitive Research Lab, School of Advanced Studies in the Humanities, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
Russia, Moscow, 119571, Prospect Vernadskogo, 82
Tel.: +7 (499) 956-96-47
E-mail: gorbunovaes@gmail.com

Abstract. The article presents an overview of studies on subsequent search misses (satisfaction of search) effect in visual search. The subsequent search misses phenomenon occurs in a visual search task when a subject fails to continue to search for a subsequent target after finding an initial one (usually a second target is less silent that the first one). Previous studies had revealed a number of factors that influence subsequent search misses: time of stimuli presentation, probability of two stimuli presentation, working memory load and others. The article contains an analysis of experimental research on subsequent search misses and the theoretical models that attempt to explain this phenomenon.

Keywords: visual attention, visual search, subsequent search misses, satisfaction of search, attentional blink.

Gorbunova, E. S. (2015). Studies on subsequent search misses in radiology and cognitive psychology. Shagi / Steps, 1 (1), 138–146