

ТОРМОЖЕНИЕ ВОЗВРАТА ВНИМАНИЯ ЧАСТЬ 2. МЕХАНИЗМЫ: ОТ СЕТЧАТОЧНОЙ МАСКИРОВКИ ДО СТРАТЕГИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ¹

© 2006 г. И. С. Уточкин*, М. В. Фаликман**

* Аспирант факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

** Кандидат психологических наук, ассистент кафедры общей психологии факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

В статье анализируется спектр моделей и теорий зрительно-пространственного внимания, которые дают объяснение феномену “торможения возврата”, состоящему в замедлении направления внимания на те места в пространстве, которые только что были обследованы вниманием. Прослеживается развитие моделей торможения возврата: (1) ранние представления о нем как эффекте *сетчаточной маскировки*, (2) модель *ориентировки внимания* М. Познера, (3) “*премоторные*” теории *внимания*, в которых торможение возврата предстает как результат глазодвижительного торможения, (4) модель *внимания как инерционной системы*, (5) модели, объясняющие торможение возврата через функционирование *рабочей памяти*, (6) понимание торможения возврата как следствия особой *стратегии* функционирования перцептивного внимания. Обсуждаются возможные нейрофизиологические механизмы торможения возврата, выступающие в качестве дополнительного критерия для оценки адекватности анализируемых моделей.

Ключевые слова: перцептивное внимание, торможение возврата, рабочая память, глазодвижительное торможение, прайминг, стратегии, нейрофизиологические механизмы внимания.

Торможение возврата – это феномен замедления ответа на предъявленный целевой стимул при условии его появления в том месте, куда недавно было привлечено *непроизвольное (экзогенное)* внимание, по сравнению с любым другим местом в поле зрения. Торможению возврата предшествует по времени противоположный эффект – ускорение ответа на целевой стимул в указанной позиции. Это ускорение длится до 300 мс с момента наступления события, непроизвольно привлекающего внимание, после чего уступает место торможению. Традиционно данный эффект наблюдается в задачах обнаружения зрительных целевых стимулов и может быть выявлен с помощью *методики подсказки* М. Познера и его коллег [21], в которой предъявлению целевого стимула предшествует предъявление подсказки, непроизвольно привлекающей внимание к возможному (не обязательно верному) месту появления целевого стимула. Однако использование различных модификаций данной методики дало основание считать, что торможение возврата может наблюдаться также в других модальностях и при других требованиях задачи: таких, как различение целевых стимулов и их локализация. В последние годы эффект торможения возврата стал предметом особо

пристального изучения. Одна из основных причин этого – бурное развитие теорий и моделей, опирающихся на представления о внимании как пространственном отборе. Данный обзор посвящен анализу возможных причин торможения возврата с позиций подобного рода теорий и моделей.

1. ТОРМОЖЕНИЕ ВОЗВРАТА КАК СЕНСОРНАЯ МАСКИРОВКА

На начальном этапе исследований эффекта торможения возврата его первооткрыватели М. Познер и И. Коэн обсуждали возможность того, что эффект имеет сенсорную природу [19]. Исследователи полагали, что причиной торможения может быть низкоуровневое *маскирующее* влияние периферической подсказки на целевой стимул, предъявляемый в том же месте (см. обсуждение в [31]).

Однако такое объяснение эффекта едва ли правдоподобно. Прежде всего, длительность торможения возврата не сопоставима с длительностью эффекта маскировки предшествующим стимулом (*forward masking*) в зрительной модальности, которая составляет около 100 мс [5]. Кроме того, ряд впечатляющих экспериментальных демонстраций, проведенных Э. Мэйлор и Р. Хокки [16], также ставит под сомнение сенсорное объяс-

¹ Исследование М.В. Фаликман поддержано грантом РФФИ № № 03-06-80191.

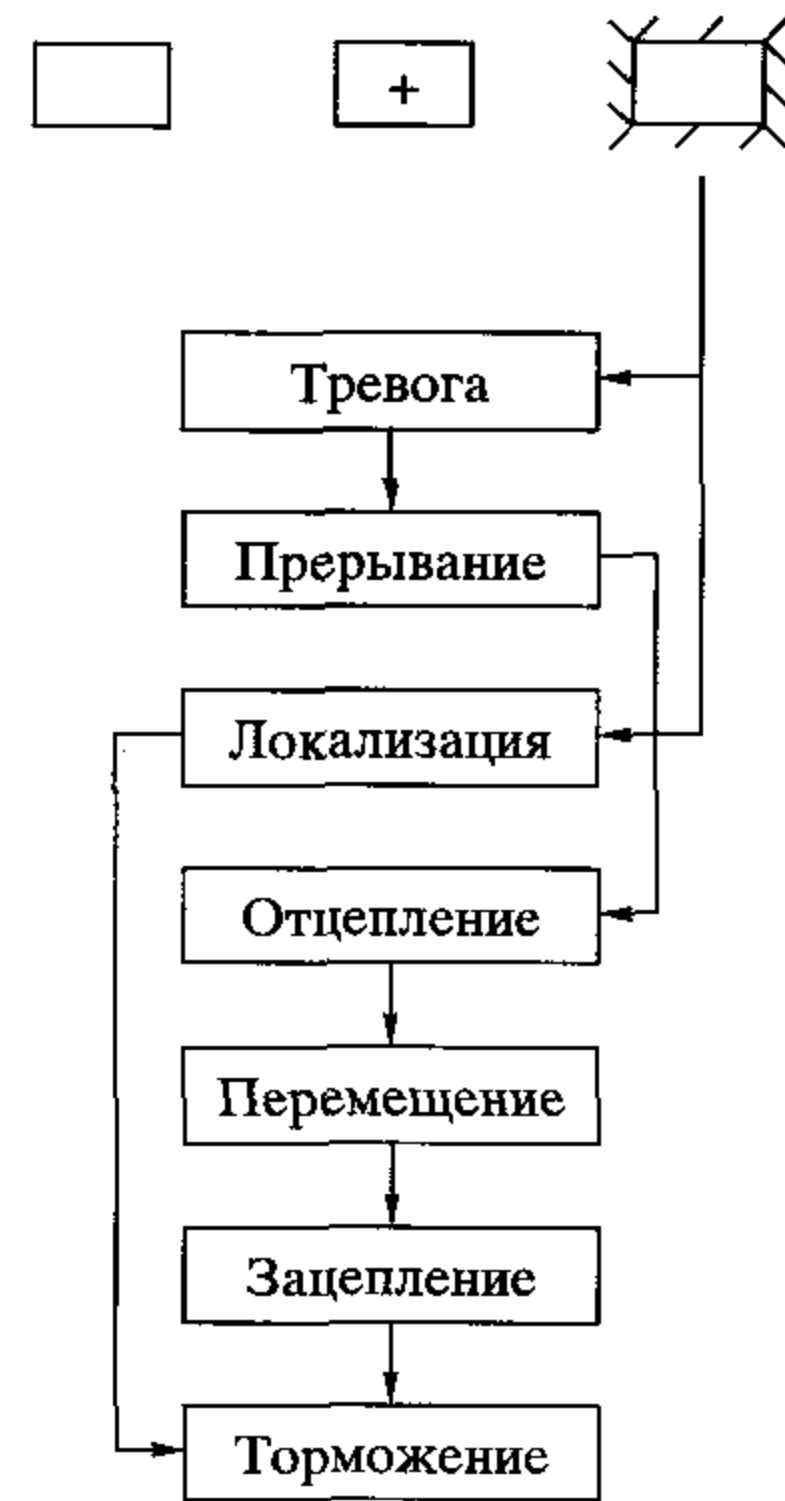
нение эффекта. В одной из них испытуемым предъявлялись четыре позиции, расположенные в вершинах условного квадрата, в центре которого находилась точка фиксации. После того, как в одной из позиций возникала периферическая подсказка, начальная точка фиксации исчезала, но появлялась другая, находящаяся под нижней стороной условного квадрата. Ниже новой точки фиксации располагались еще две позиции, которые в сочетании с нижними позициями первого квадрата образовывали второй условный квадрат. После перевода взора на вторую точку фиксации в одной из позиций второго квадрата появлялся целевой стимул. Точки фиксации и стимульные позиции были расположены так, чтобы верхняя и нижняя стороны второго квадрата заняли на сетчатке то же положение, что и соответствующие стороны первого квадрата при первой точке фиксации. Таким образом, если бы гипотеза о торможении возврата вследствие сенсорной маскировки была верна, то при подсказке одной из позиций на нижней стороне первого квадрата торможение возникло бы для аналогичной позиции на нижней стороне второго квадрата. Однако было обнаружено, что при смене точки фиксации торможение наблюдается в ответ на целевой стимул, который появляется именно в подсказанной позиции. Иными словами, торможению подвергается место во внешнем пространстве, а не на сетчатке, как это было бы в случае маскировки.

Еще одним возражением против сенсорной интерпретации торможения возврата может считаться тот факт, что похожий эффект обнаруживается в других модальностях и кроссмодальных условиях [28].

Впрочем, идея о роли сенсорной маскировки в экзогенной ориентировке внимания, возможно, не лишена оснований. В последние годы обсуждается тот факт, что при очень коротких интервалах между моментами начала предъявления подсказки и целевого стимула (до 50 мс) наблюдается изменение ВР, внешне сходное с торможением возврата: замедление ответа на верно подсказанный целевой стимул, по сравнению с неподсказанным или неверно подсказанным положением целевого стимула (например, [3, 26]). Вероятно, именно этот эффект имеет сенсорную природу и проявляется раньше, чем вступает в действие цикл экзогенной ориентировки.

2. КЛАССИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРИЧИНАХ ТОРМОЖЕНИЯ ВОЗВРАТА: МОДЕЛЬ М. ПОЗНЕРА

Приняв критику относительно невозможности интерпретации торможения возврата как следствия сенсорной маскировки, М. Познер выдвинул альтернативную гипотезу, которая стала отправной точкой для дальнейших поисков объяснения



Модель ориентировки внимания по М. Познеру (адапт. из [20]).

эффекта. Согласно данной гипотезе, торможение возврата – это проявление одной из функций зрительного внимания – *ориентировки*, обеспечивающей человеку или животному оперативный отбор информации о полезных и опасных стимулах посредством направления внимания на их актуальное или потенциальное положение во внешнем мире. Процесс ориентировки зрительного внимания, по М. Познеру, можно уподобить движению луча прожектора с ограниченным охватом по зрительному полю и фиксации (“зацеплению”) этого луча в определенной пространственной позиции на определенное время. Современный вариант модели М. Познера [20] представлен на рисунке.

В случае экзогенной ориентировки, при которой обычно и наблюдается торможение возврата, направление движения “луча прожектора” внимания строго соответствует месту, где с помощью соответствующих низкоуровневых детекторов обнаружено некоторое зрительное событие (появление, исчезновение, движение). С биологической точки зрения такое событие имеет первостепенную важность по сравнению с остальными, статичными элементами зрительного поля, поскольку может нести жизненно значимую информацию: например, о потенциальной опасности со стороны хищника или, наоборот, о потенциальном объекте пищевой потребности. В связи с этим перцептивная система немедленно переходит в “режим тревоги”. Этот режим ведет, с од-

ной стороны, к прерыванию переработки предыдущих стимулов и “отцеплению” от них внимания, а с другой – к запуску процесса локализации источника тревоги. Только после выполнения этих условий возможно дальнейшее перемещение внимания и “зацепление” его за новый участок зрительного поля с целью дальнейшей фокальной обработки информации об объектах на этом участке. Эти процессы в случае экзогенной ориентировки происходят автоматически и с малой задержкой. Стимул, попавший в фокус внимания, будет обработан быстрее остальных, поскольку появление стимула в любой другой области потребовало бы повторения цикла экзогенной ориентировки, что ведет к дополнительным затратам времени. Этим, по мнению М. Познера, объясняется “выигрыш” в ВР при верной подсказке и интервале между моментами появления подсказки и целевого объекта не более 300 мс.

Эффект торможения возврата М. Познер также объясняет требованиями, предъявляемыми окружающей средой к системе пространственного внимания. С одной стороны, маловероятно, что событие или объект, вызвавшие ориентировку (чаще всего такое событие будет интерпретироваться как движение объекта), будет долго сохраняться в одном и том же месте пространства; скорее всего, после относительно долгой задержки оно произойдет где-то в другом месте, как если бы перцептивная система прогнозировала перемещение объекта. С другой стороны, в информационно неопределенной среде чрезмерно долгая задержка внимания на одной части зрительного поля чревата пропуском потенциально важных событий в других его частях. Поэтому, если спустя 300 мс после тревоги никакого объекта в данной позиции не появилось, то “прожектор” внимания начинает обследовать другие части зрительного поля. При этом информация о локализации указанной области оказывает эффект торможения на данную область. Таким образом, при появлении стимула именно в этой области “луч” внимания будет двигаться туда с меньшей готовностью, чем в любую другую область. В связи с этим наблюдается “проигрыш” в ВР при верной подсказке и интервале между моментами появления подсказки и целевого объекта, превышающем 300 мс.

Однако в скором времени это правдоподобное объяснение было подвергнуто экспериментальной и теоретической критике по целому ряду направлений [31, 34 и др.], в результате чего, с одной стороны, сложилась новая исследовательская область психологии внимания – изучение динамики и пространственных характеристик его “перемещений” в поле зрения, а с другой стороны, появился класс моделей, объясняющих эти характеристики в целом и феномен торможения возврата, в частности.

3. ТОРМОЖЕНИЕ ВОЗВРАТА КАК ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

В 1980-х гг. появился класс теорий пространственного зрительного внимания, согласно которым его мозговые механизмы эквивалентны механизмам, управляющим движениями глаз, даже если задача не требует перевода взора (например, [24]). Многие исследователи усматривают подобный глазодвигательный механизм и за торможением возврата, опираясь как на психологические, так и на нейрофизиологические данные.

Дж. Гальфано с коллегами [7] показали, что в случае, когда испытуемый при решении задачи по стандартной методике подсказки строго удерживает взгляд в точке фиксации, он непроизвольно осуществляет микродвижения глаз, направление которых после предъявления подсказки противоположно месту ее появления. Скорость микросаккад достигает пикового значения 300 мс спустя после появления подсказки, т.е. в период, непосредственно предшествующий началу торможения возврата. Следовательно, механизмы, стоящие за торможением возврата и за регуляцией движений глаз, как минимум взаимосвязаны.

Подтверждения гипотезы о вкладе механизма, управляющего движениями глаз, в торможение возврата получены в работах Я. Тиуса с коллегами. Например, они показали, что торможение возврата ведет к снижению интерференции в зрительной системе, когда необходимо осуществить выбор направления движения глаз [32]. Если человек должен осуществить движение глаз в направлении целевого стимула, одновременное предъявление отвлекающего стимула может ему помешать. Но если отвлекающий стимул предъявляется в точке зрительного поля, подвергшейся торможению возврата, то он создает значительно меньшие помехи, задержка в осуществлении движений глаз уменьшается, а траектория движения выпрямляется. Эти результаты свидетельствуют, что торможение возврата и управление движениями глаз опираются на одну и ту же пространственную репрезентацию.

Ряд исследователей полагает, что в торможении возврата можно выделить и глазодвигательный компонент, и специфический компонент внимания, не сводимый к управлению движениями глаз. Например, в экспериментах А. Кингстоуна и Дж. Прэтта [10] по методике подсказки испытуемые должны были либо удерживать взгляд в точке фиксации, либо осуществлять саккаду в направлении целевого стимула. Торможение возврата наличествовало в обоих условиях, но было выражено в большей степени, когда испытуемый должен был перевести взгляд на целевой стимул.

Впоследствии А. Кингстоуну совместно с А. Хант удалось осуществить *двойную диссоциацию* глазо-двигательного компонента и компонента внимания в торможении возврата, первый из которых вносит вклад в торможение, когда ответ осуществляется посредством движений глаз, а второй – когда ответ дается рукой посредством нажатия на кнопку [8]. А. Кингстоун и А. Хант установили, что в первом случае на степень торможения возврата влияет яркость целевого стимула, тогда как во втором – исчезновение точки фиксации одновременно с появлением целевого стимула, в результате чего саккада в направлении него может быть осуществлена быстрее. Противоположных же влияний не наблюдалось (яркость целевого стимула не влияла на торможение возврата в условиях глазо-двигательного ответа, а исчезновение точки фиксации – в условиях мануального ответа), что позволило исследователям сделать вывод о взаимной независимости глазо-двигательного компонента и компонента внимания.

Подобные “двухкомпонентные” объяснения торможения возврата подтверждаются и нейрофизиологическими данными, согласно которым в условиях торможения возврата активируются зоны мозга, задействованные как в организации движений глаз, так и в работе зрительного внимания, не связанного с движениями глаз [15].

4. РОЛЬ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ В ТОРМОЖЕНИИ ВОЗВРАТА

В последние годы рядом авторов выдвигаются модели, где в роли основного механизма, объясняющего эффект торможения возврата, выступает система *рабочей памяти*². Основой для этих моделей послужил открытый в середине 1990-х гг. эффект *множественного торможения возврата* (см. обсуждение в [6]).

Условия получения эффекта множественного торможения возврата, в целом, сходны с условиями получения стандартного торможения возврата. Но в этом случае в зрительном поле помещается не менее трех возможных позиций для предъявления стимулов. Периферические подсказки предъявляются последовательно как минимум в двух позициях, и как минимум одна позиция остается неподсказанной. Целевой стимул может появиться в любой из позиций. Далее ВР на целевой стимул, предъявленный в неподсказанной позиции, сравнивается с ВР в каждой из последовательно подсказанных позиций. В этой ситуации обнаруживается временной проигрыш всех подсказанных позиций, по сравнению с неподсказанными, т.е. торможение возврата. Самое

² Под “рабочей памятью” имеется в виду система хранения информации с ограниченными объемом и временем удержания следов.

сильное торможение отмечается для последней подсказанной позиции. По мере удаления момента предъявления подсказки от момента появления целевого стимула торможение соответствующей позиции в зрительном поле снижается. Такая динамика наблюдается как при высоких значениях асинхронии предъявления подсказок (например, 500 мс, когда для каждой отдельно взятой позиции торможение должно наступать до предъявления следующей подсказки), так и при низких (например, 50 мс, где внимание должно переместиться на новую позицию до того, как наступит торможение текущей) [6].

Нетрудно заметить, что динамические характеристики этого эффекта обнаруживают много общего с законами функционирования памяти. Например, каждая последующая периферическая подсказка оказывает на предыдущую влияние, традиционно обозначаемое как “ретроактивное торможение” или *интерференция* (см. [37]). В отсутствие интерференции (при классическом варианте эффекта) торможение возврата обнаруживает динамику, сходную с угасанием следа рабочей памяти [26]. Наконец, в случае множественного торможения возврата, так же, как и при исследованиях рабочей памяти, можно измерить емкость системы, стоящий за эффектом торможения, которая в данном случае будет определяться как количество последовательно подсказанных позиций, дающих проигрыш во времени по сравнению с неподсказанной. По данным С. Данцигера и др. (1998, цит. по [6]), этот объем равен примерно пяти позициям, что согласуется с оценками объема зрительной кратковременной памяти в современной когнитивной психологии и нейрофизиологии [12], а также с оценками объема внимания в классической психологии сознания [1].

Чтобы выявить, какая именно подсистема рабочей памяти задействована в торможении возврата, А. Кастел, Дж. Прэтт и Ф. Крейк [2] предлагали испытуемым двойные задачи: в качестве первичной выступала классическая задача обнаружения с периферической подсказкой [19], а в качестве вторичной – задача на запоминание трех цифр (непространственная память) или на запоминание направлений трех стрелок (пространственная память). Предъявление вторичной задачи заполняло интервал между подсказкой и целью в первичной, т.е. промежуток, в который обычно наблюдается торможение возврата. О первичной задаче испытуемый отчитывался сразу после предъявления цели, о вторичной – после ответа на первичную. Было обнаружено, что при запоминании направления стрелок (т.е. при загрузке пространственной рабочей памяти) эффект торможения возврата исчезает. При условии запоминания цифр, как и в контрольном условии, где выполнялась только первичная задача, эффект был налицо. На основе этого факта

авторы сделали вывод, что с торможением возврата связана именно *пространственная* подсистема рабочей памяти.

Роль памяти в торможении возврата подтверждает и тот факт, что торможение возврата наблюдается и при решении задач *зрительного поиска*, когда испытуемый должен отыскать определенный целевой объект среди множества других сходных с ним объектов, последовательно просматривая их. Этот эффект получили немецкие психологи Г. Мюллер и А. фон Мюленен [17], используя зондовую задачу. Испытуемым, решающим задачу зрительного поиска, предъявлялся зондовый стимул, требующий обнаружения, как в задачах с подсказкой. Этот стимул мог быть предъявлен как в месте нахождения одного из отвлекающих стимулов, где внимание предположительно уже побывало в ходе поиска целевого объекта, так и в любой другой точке зрительного поля, не занятой зрительными объектами. В первом случае наблюдалось явно выраженное торможение возврата. Следовательно, испытуемые удерживали в течение некоторого времени информацию об этих позициях, иначе ВР на зондовый стимул не отличалось бы от еще не обследованных позиций.

5. ТОРМОЖЕНИЕ ВОЗВРАТА КАК ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ПРАЙМИНГ

Одна из моделей рассматривает торможение возврата как частный случай феномена, описанного в исследованиях *объектной природы* зрительного внимания и получившего название "*отрицательный прайминг*". Под отрицательным праймингом понимают замедление двигательного ответа на целевой объект (что характерно и для торможения возврата), если в предыдущей пробе он выступал в качестве отвлекающего стимула и подлежал игнорированию. Этот феномен особенно ярко выступает в экспериментах с наложенными друг на друга изображениями объектов, один из которых испытуемый должен опознать как можно быстрее, не обращая внимания на другой. Предположительно, при выполнении подобной задачи отображение второго объекта в системе переработки информации подлежит *торможению*. Поэтому, если в очередной пробе этот объект становится целевым, человек опознает его медленнее.

С. Типпер с коллегами [34, 35] получили данные в поддержку того, что торможение возврата тоже может носить *объектный характер*. В методике М. Познера подсказывается место, обозначенное квадратиком с одной из сторон от точки фиксации, внутри которого должен появиться целевой стимул. Но квадратик может выступать здесь и как объект, на который может быть направлено внимание.

В экспериментах С. Типпера с коллегами [35] квадратики были приведены в *движение*: они двигались по кругу вокруг точки фиксации, и один из них в это время подсвечивался. Через некоторое время, изменявшееся от пробы к пробе, в одном из квадратиков появлялась точка (целевой стимул), и испытуемый должен был как можно быстрее нажать на кнопку в ответ на ее появление. Критической стала проба, в которой после подсказки подсвеченный квадратик совершал поворот на 180°. Если бы торможение возврата имело *пространственную природу*, то должен был бы замедлиться ответ на стимул не в подсказанном квадратике, а в том *месте*, где данный квадратик находился в момент предъявления подсказки. Результат же оказался противоположным: торможению подвергался возврат внимания не к пространственной позиции, а именно к подсказанному квадратику.

Впоследствии было получено множество данных, подтверждающих гипотезу об объектном характере торможения возврата (см. [34]). Например, это результаты исследований роли рабочей памяти в возникновении эффекта. Торможение возврата по отношению к нескольким последовательно подсказываемым пространственным позициям *минимально*, если эти позиции не помечены никакими объектами, *возрастает*, если они помечены одинаковыми объектами (серыми квадратиками), и *максимально*, если эти объекты различаются по цвету и форме [18].

Однако получены и данные, ставящие под сомнение гипотезу об объектной природе торможения возврата и вновь указывающие на его *пространственную природу*. В экспериментах, подобных проведенному С. Типпером с коллегами [35], несмотря на изменение абсолютного пространственного расположения квадратиков на экране, сохраняется их *относительное* пространственное расположение, или система отсчета, в которой работает испытуемый. Эта система отсчета может быть представлена как целостная пространственная репрезентация зрительной сцены. Поэтому получаемые результаты не исключают пространственного объяснения эффекта (см. также [33]).

Чтобы получить эффекты пространственного и объектного торможения возврата в чистом виде, К. Шендель, Л. Робертсон и Э. Трейсман [27] давали объектные и пространственные подсказки по отношению к *одним и тем же* составным объектам (гексаграммам, составленным из двух равносторонних треугольников и расположенных по две стороны от точки фиксации) на разных интервалах времени. В качестве подсказки использовалось подсвечивание гексаграммы, задача же состояла в обнаружении целевого стимула, который предъявлялся внутри одной из гексаграмм. Подсказка считалась *пространственной*,

если целевой стимул появлялся в одном из треугольников гексаграммы, тогда как второй треугольник исчезал с экрана (иными словами, зрительный объект оказывался новым), и предположительно *объектной*, если целевой стимул предъявлялся в той же целостной гексаграмме.

В результате для “пространственных” подсказок было получено ускорение ответов на коротких интервалах времени и торможение возврата на более длинных интервалах. Для “объектных” подсказок было получено ускорение ответов на более длинных интервалах, а торможения возврата не наблюдалось вовсе.

В связи с накоплением подобного рода данных одни исследователи допускают существование двух механизмов торможения возврата – пространственного и объектного [33], тогда как другие склонны полагать, что феномены “объектного” торможения возврата опосредованы пространственными механизмами [27].

6. ВНИМАНИЕ КАК ИНЕРЦИОННЫЙ МЕХАНИЗМ: ТОРМОЖЕНИЕ БЕЗ ТОРМОЖЕНИЯ

Наконец, недавно была предложено объяснение торможения возврата, согласно которому эффект может быть понят без обращения к идее торможения. В конце 1990-х гг. Т. Спалек с коллегами [29, 30] выдвинули модель “момента внимания”, воспользовавшись аналогией с понятием момента в физике. Внимание предстает в этой модели как инерционный механизм, который, начав двигаться, склонен продолжать двигаться в том же самом направлении до тех пор, пока ему не воспрепятствует какая-нибудь внешняя сила. Если же внимание должно начать двигаться в любом другом направлении, на его перенаправление требуется дополнительное время.

В случае торможения возврата события, согласно модели, развиваются следующим образом. По подсказке внимание перемещается от точки фиксации к потенциальному месту появления целевого стимула. Но целевой стимул не появляется, и внимание возвращается в точку фиксации, поскольку испытуемый, согласно инструкции, должен удерживать фиксацию. Тем временем, пока внимание перемещается в сторону точки фиксации от подсказанной позиции, с противоположной стороны от нее появляется целевой стимул. В этом случае вниманию проще продолжать перемещаться в его направлении, а не разворачиваться и перемещаться обратно к подсказанной позиции, поскольку “разворот” тоже занимает некоторое время. Таким образом, эффект торможения возврата выступает как время, которое необходимо механизму внимания для того, чтобы

совершить поворот (как правило, на 180°) и вновь достигнуть места предъявления подсказки.

Для подтверждения модели авторы провели ряд экспериментов, в которых показали, в частности, зависимость торможения возврата от угла поворота, который должен совершить механизм внимания для того, чтобы вернуться к целевому стимулу. На инерционный характер этого механизма указывает, по мнению авторов, и лево-правая асимметрия торможения возврата, связанная с принятым в культуре направлением чтения [30].

7. ТОРМОЖЕНИЕ ВОЗВРАТА КАК СТРАТЕГИЯ ОТБОРА РЕЛЕВАНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

До сих пор мы рассматривали торможение возврата в его классической интерпретации как эффект преимущественно экзогенной природы. Однако в последние годы обсуждается роль эндогенных факторов в его возникновении.

С одной стороны, выдвигается предположение, что для эндогенного внимания в целом характерны объектные эффекты, тогда как для экзогенного – пространственные эффекты, к каковым в большинстве случаев относится торможение возврата (например [27]). Поэтому предполагается, что этот феномен стратегической регуляции неподвластен.

С другой стороны, идея о возможной роли эндогенных процессов представляется весьма правдоподобной, поскольку торможение наблюдается на таких интервалах между подсказкой и целью, при которых эффективно работает именно эндогенная ориентировка внимания [9]. Иными словами, вероятно, можно говорить о чувствительности эффекта к сложным формам управления вниманием, например, к стратегиям обработки информации.

В литературе обсуждается ряд результатов, свидетельствующих в пользу гипотезы об эндогенном компоненте торможения возврата, во всяком случае, для длинных интервалов времени между подсказкой и целевым стимулом. Так, К. Декэ с коллегами [4] давали двум группам испытуемых классическую задачу с периферической подсказкой (интервал между подсказкой и целью составлял 1000 мс), где верно подсказывались 50% стимулов. В середине опыта вероятность предъявления верной подсказки менялась, о чем испытуемых специально не уведомляли. Для одной половины испытуемых вероятность верной подсказки снижалась до 20%, для другой увеличивалась до 80%. В результате у первой половины было отмечено увеличение степени торможения возврата, по сравнению с исходным условием, а у второй эффект нивелировался, что соответствует степени полезности подсказки.

Еще один интересный феномен отмечают М. Шмитт с коллегами [28]. В эксперименте с периферической подсказкой при интервале между подсказкой и целью свыше 600 мс в условиях, когда возможных позиций цели не две, а четыре (причем они расположены вдоль горизонтального отрезка, центром которого является точка фиксации), торможения возврата не наблюдается. Этот факт авторы пытаются интерпретировать в терминах стратегий зрительного поиска. В стандартной задаче с подсказкой при длительном отсутствии целевого стимула в подсказанной позиции перцептивная система «прогнозирует» его появление в другой позиции, и другие варианты не рассматриваются, потому что иных позиций нет. В случае с четырьмя позициями такой прогноз затруднен, и в этом случае явного предпочтения новых позиций уже подсказанной не наблюдается.

Наконец, Х. Лупианес и коллеги [13] экспериментально показали, что, в зависимости от требований задачи, при решении которой возникает торможение возврата, испытуемый может использовать две стратегии, соответствующие двум установкам внимания: 1) установке на *кодирование новых событий*, т.е. на широкое и быстрое сканирование поля зрения (задачи обнаружения и локализации), и 2) установке на *интеграцию информации в рамках отображения данного события*, которая способствует более длительному удержанию фокуса внимания на одном месте (задача различения). Использование второй стратегии отодвигает начальную границу торможения возврата во времени дальше от начала подсказки, по сравнению с задачей обнаружения. При этом, чем сложнее различить целевой и отвлекающий стимулы, тем меньше выражено торможение, что связывается с усилением необходимости использования второй стратегии.

8. РЕЗУЛЬТАТЫ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОРМОЖЕНИЯ ВОЗВРАТА

В последние годы психологи и нейрофизиологи стремятся к интеграции усилий по изучению механизмов внимания с привлечением новых методов объективной регистрации активности мозга. Прежде всего, это регистрация вызванных потенциалов (ВП), позволяющая описать *ход* переработки информации в мозге, и функциональное магнитно-резонансное картирование (ФМРК), дающее возможность выявить мозговые *структуры*, задействованные в выполнении той или иной задачи.

Данные ФМРК, привязанного к событиям (ER-fMRI), склоняют исследователей в пользу гипотезы о глазодвигательном механизме торможе-

ния возврата. В момент торможения активируются те зоны мозга, которые участвуют в управлении движениями глаз [11, 15]: например, лобные глазодвигательные поля и дополнительные глазодвигательные поля. Применение метода транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС), состоящего в прицельном воздействии магнитными полями на зоны мозга, потенциально вовлеченные в торможение возврата, позволило подтвердить роль лобных глазодвигательных полей коры головного мозга в возникновении данного эффекта [25].

Однако психологи и нейрофизиологи на основе анализа результатов функционального картирования склонны считать, что, помимо *глазодвигательного механизма*, за торможением возврата стоит также и *внимание* со своими специфическими мозговыми механизмами: например теменная кора правого полушария головного мозга³ и передняя поясная извилина [14, 15]. Иными словами, торможение возврата, вероятнее всего, управляется не одной, а как минимум двумя мозговыми системами. А. Майер с коллегами допускают, что торможение возврата опирается на мозговую нейронную сеть, сходную с системой управления эндогенным вниманием. В частности, активация верхневисочной и теменной коры, характерная для торможения возврата, наблюдается также при перенаправлении внимания и отыскании целевых объектов.

Результаты исследований торможения возврата с регистрацией ВП коры головного мозга в целом подтверждают этот вывод, указывая на то, что в основе торможения возврата лежит механизм внимания, работающий на стадиях сенсорной обработки информации и подготовки ответа, а не глазодвигательное торможение, как считает ряд теоретиков. Например, Д. Прайм и Л. Уард, используя задачу различения формы зрительных объектов, показали, что в ВП в ответ на зрительный стимул, подвергшийся торможению возврата, изменяется амплитуда сенсорных и премоторных, но не моторных компонентов [23]. Вывод о том, что за торможением возврата стоит именно механизм внимания, оказывающий влияние на обработку сенсорной информации, подтверждается и исследованиями слухового торможения возврата с регистрацией ВП, проведенными той же группой авторов [22].

³ Участие этой зоны мозга в обеспечении торможения возврата подтверждается и клиническими данными – в частности, исследованием больных с односторонним пространственным игнорированием по причине локального поражения теменной коры правого полушария [34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный корпус работ, представляющий собой только незначительную часть экспериментальных и теоретических исследований торможения возврата, показывает, что данный эффект с момента описания продолжает оставаться объектом пристального интереса психологов и нейрофизиологов. Это говорит о его значимости для понимания механизмов восприятия и внимания. Несмотря на кажущуюся парадоксальность (*замедление* ответа на зрительный объект в тех местах зрительного поля, где данный объект должен появиться согласно подсказке, адресованной механизмам произвольного внимания), эффект указывает на важнейшую роль механизмов торможения в познании. Однако результаты его исследований продолжают оставаться неопределенными.

С одной стороны, можно считать практически доказанным, что торможение возврата представляет собой эффект внимания. Согласно предельной позиции по этому вопросу, торможение возврата можно рассматривать как «*эффект внимания, направленный на внимание*» [31]. Природа эффекта – скорее пространственная, нежели объектная, и даже если усматривать истоки эффекта в механизмах рабочей памяти, то речь идет о ее пространственной подсистеме.

С другой стороны, целый ряд вопросов подлежит дальнейшему исследованию. Во-первых, это вопрос о том, сколько различных процессов стоит за торможением возврата и все ли они являются процессами внимания. Во-вторых, это проблема длительности эффекта и нахождения его верхней границы. Накопленные данные указывают на то, что длительность торможения зависит от условий перцептивной задачи, но в целом не позволяют сделать вывод о предельной длительности торможения возврата. В-третьих, более детальному изучению подлежит роль эндогенных компонентов внимания и индивидуальных стратегий в возникновении и динамике эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вундт В. Введение в психологию. М., 1912. С.174–191.
2. Castel A.D., Pratt J., Craik F.I.M. The role of spatial working memory in inhibition of return: Evidence from divided attention tasks // *Perception and Psychophysics*. 2003. V. 65. № 6. P. 970–981.
3. Danziger S., Kingstone A. Unmasking the inhibition of return phenomenon // *Perception and Psychophysics*. 1999. V. 61. № 6. P. 1024–1037.
4. Decaix C., Sieroff E., Bartolomeo P. How voluntary is 'voluntary' orienting of attention? // *Cortex*. 2002. V. 38. P. 841–845.
5. Di Lollo V. Temporal integration in visual memory // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1980. V. 109. № 1. P. 75–97.
6. Dodd M.D., Castel A., Pratt A. Inhibition of return with rapid serial shifts of attention: Implications for memory and visual search // *Perception and Psychophysics*. 2003. V. 65. № 7. P. 1126–1135.
7. Galfano G., Betta E., Turatto M. Inhibition of return in microsaccades // *Experimental Brain Research*. 2004. V. 159. № 3. P. 400–404.
8. Hunt A.R., Kingstone A. Inhibition of return: Dissociating attentional and oculomotor components // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2003. V. 29. № 5. P. 1068–1074.
9. Jonides J. Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement // Long J.B., Baddeley A.D. (Eds.) *Attention and Performance IX*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1981. P. 187–203.
10. Kingstone A., Pratt J. Inhibition of return is composed of attentional and oculomotor processes // *Perception and Psychophysics*. 1999. V. 61. № 6. P. 1046–1054.
11. Lepsien J., Pollmann S. Covert reorienting and inhibition of return: an event-related fMRI study // *J. of Cognitive Neuroscience*. 2002. V. 14. № 2. P. 127–144.
12. Luck S.J., Vogel E.K. The capacity of visual working memory for features and conjunctions // *Nature*. 1997. V. 390. P. 279–281.
13. Lupianez J., Milliken B., Solano C., Weaver B. On the strategic modulation of the time course of facilitation and inhibition of return // *Quarterly J. of Experimental Psychology*. 2001. V. 54A. № 3. P. 753–773.
14. Mayer A.R., Dorflinger J.M., Rao S.M., Seidenberg M. Neural networks underlying endogenous and exogenous visual-spatial orienting // *Neuroimage*. 2004. V. 23. № 2. P. 534–541.
15. Mayer A.R., Seidenberg M., Dorflinger J.M., Rao S.M. An event-related fMRI study of exogenous orienting: supporting evidence for the cortical basis of inhibition of return? // *J. of Cognitive Neuroscience*. 2004. V. 16. № 7. P. 1262–1271.
16. Maylor E.A., Hockey G.R.J. Inhibitory component of externally controlled covert orienting in visual space // *J. of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1985. V. 11. № 6. P. 777–787.
17. Mueller H.J., von Muehlenen A. Probing distractor inhibition in visual search: Inhibition of return // *J. of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2000. V. 26. № 5. P. 1591–1605.
18. Paul M.A., Tipper S.P. Object-based representations facilitate memory for inhibitory processes // *Experimental Brain Research*. 2003. V. 148. № 3. P. 283–289.
19. Posner M.I., Cohen Y. Components of visual orienting // *Attention and Performance X* / Eds. H. Bouma, D.G. Bouwhuis. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1984. P. 531–556.
20. Posner M.I., Fan J. Attention as an organ system // *Neurobiology of perception and communication: From synapse to society. The 4th De Lange Conference* / Ed. J. Pomerantz. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2004.
21. Posner M.I., Nissen M.J., Ogden W.C. Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. Modes of perceiving and processing informa-

- tion // Eds. H.L. Pick, I.J. Saltzman. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1978. P. 160–174.
22. *Prime D.J., Tata M.S., Ward L.M.* Event-related potential evidence for attentional inhibition of return in audition // *Neuroreport*. 2003. V. 14. № 3. P. 393–397.
 23. *Prime D.J., Ward L.M.* Inhibition of return from stimulus to response // *Psychological Science*. 2004. V. 15. № 4. P. 272–276.
 24. *Rizzolatti G., Riggio L., Dascola I., Umiltà C.* Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention // *Neuropsychologia*. 1987. V. 25. № 1A. P. 31–40.
 25. *Ro T., Farne A., Chang E.* Inhibition of return and the human frontal eye fields // *Experimental Brain Research*. 2003. V. 150. P. 290–296.
 26. *Samuel A.G., Kat D.* Inhibition of return: A graphical meta-analysis of its time course and an empirical test of its temporal and spatial properties // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2003. V. 10. № 4. P. 897–906.
 27. *Schendel K.L., Robertson L.C., Treisman A.* Objects and their locations in exogenous cuing // *Perception and Psychophysics*. 2001. V. 63. № 4. P. 577–594.
 28. *Schmitt M., Postma A., De Haan E.* Cross-modal exogenous attention and distance effects in vision and hearing // *European J. of Cognitive Psychology*. 2001. V. 13. № 3. P. 343–368.
 29. *Spalek T.M., Hammad S.* Supporting the attentional momentum view of IOR: is attention biased to go right? // *Perception and Psychophysics*. 2004. V. 66. № 2. P. 219–233.
 30. *Spalek T.M., Hammad S.* The left-to-right bias in inhibition of return is due to the direction of reading // *Psychological Science*. 2005. V. 16. № 1. P. 15–18.
 31. *Taylor L.M., Klein R.M.* On the causes and effects of inhibition of return // *Psychonomic Bulletin and Review*. 1998. V. 5. P. 625–643.
 32. *Theeuwes J., Godijn R.* Inhibition-of-return and oculomotor interference // *Vision Research*. 2004. V. 44. № 12. P. 1485–1492.
 33. *Tipper S.P., Jordan H., Weaver B.* Scene-based and object-centered inhibition of return: Evidence for dual orienting mechanisms // *Perception and Psychophysics*. 1999. V. 61. № 1. P. 50–60.
 34. *Tipper S.P., Weaver B.* The medium of attention: location-based, object-centered, or scene-based? // *Visual attention* / Ed. R. Wright. Oxford, England: Oxford University Press, 1998. P. 77–107.
 35. *Tipper S.P., Weaver B., Jerreat L.M., Burak A.L.* Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention // *J. of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1994. V. 20. № 3. P. 478–499.
 36. *Vivas A.B., Humphreys G.W., Fuentes L.J.* Inhibitory processing following damage to the parietal lobe // *Neuropsychologia*. 2003. V. 41. № 11. P. 1531–1540.
 37. *Wixted J.T.* A theory about why we forget what we once knew // *Current Directions in Psychological Science*. 2005. V. 14. № 1. P. 6–9.

ATTENTION'S INHIBITION OF RETURN PART 2. MECHANISMS: FROM RETINAL MASKING TO STRATEGICAL REGULATION

I. S. Utochkin*, M. V. Falikman**

*Post-graduate student, department of psychology, Moscow State University after M.V. Lomonosov, Moscow

**PhD, junior member of general psychology chair, department of psychology,
Moscow State University after M.V. Lomonosov, Moscow

The article is devoted to the analysis of a spectrum of visuospatial attention models and theories providing an explanation to the inhibition of return (IOR) phenomenon referring a slower attentional shift to a target presented at a previously attended location as compared to targets presented at novel locations. The evolution of IOR explanations is reviewed: (1) an early explanation of IOR as an effect of *retinal masking*; (2) a model of *attentional orienting* proposed by M. Posner; (3) *premotor theories of attention* presenting IOR as a result of oculomotor inhibition; (4) an *attentional momentum* model of IOR; (5) *working memory* models of IOR; (6) understanding of IOR as an effect of a specific *strategy* of perceptual attention. Possible neurophysiological mechanisms of IOR are discussed as an additional criterion allowing to evaluate listed explanations.

Key words: perceptual attention, inhibition of return, working memory, oculomotor inhibition, priming, strategy, neurophysiological mechanisms of attention.