

ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЭФФЕКТА ПРЕДУПРЕЖДАЮЩЕГО СИГНАЛА В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ

© 2007 г. В. И. Белопольский*, А. В. Белопольский**

* Кандидат психологических наук, зав. редакционно-издательским отделом,
Институт психологии РАН, Москва;
e-mail: vbelop@psychol.ras.ru

** Доктор философии, научный сотрудник, Свободный университет, Амстердам, Нидерланды;
e-mail: A.Belopolsky@psy.vu.nl

Изучались факторы, влияющие на временную динамику эффекта предупреждающего сигнала в задаче обнаружения. Варьировались модальности предупреждающих сигналов, их пространственные и временные характеристики, а также способы чередования периодов упреждения в блоке проб (постоянный, смешанный) и степень пространственной предсказуемости целевого стимула. Установлена общая тенденция к уменьшению ВР с увеличением периода упреждения до 1.5 с; наибольшие различия относятся к первым 100–350 мс этого периода. Подтверждена гипотеза об обусловленности суммарного эффекта предупреждающего сигнала в задаче обнаружения как процессами общей активации внимания, так и более быстрыми процессами пространственной ориентировки.

Ключевые слова: предупреждающий сигнал, время реакции, период упреждения, внимание.

Предупреждающие (*warning*) сигналы, или сигналы готовности, широко используются для экстренной мобилизации внутренних ресурсов человека и его концентрации на предстоящем событии. Примерами из повседневной жизни являются сигналы светофора, регулирующие дорожное движение, выстрелы и команды стартера при проведении спортивных состязаний, сигналы тревоги при возникновении опасных ситуаций. В экспериментальной психологии еще со времен В. Вундта известно, что предупреждающий сигнал уменьшает время реакции и является необходимым условием опознания стимула при его тахистоскопическом предъявлении. Поэтому предупреждающий сигнал является неотъемлемой частью процедуры, используемой при измерении временных характеристик когнитивных процессов – обнаружения, поиска, опознания, сравнения и т.д. Он призван оптимизировать и уравнивать для разных экспериментальных проб состояния бдительности и готовности к выполнению задания.

Между тем, анализ процедуры использования предупреждающих сигналов в исследованиях по когнитивной психологии показывает, что условия их применения в разных экспериментах широко варьируют. Предупреждающие сигналы могут отличаться по модальности (зрительные, слуховые и др.), интенсивности, способу подачи (включение или выключение); может варьиро-

вать длительность и временная вариативность периода упреждения (*fore-period*) и ряд других параметров.

Разными авторами выполнено значительное количество работ, в которых установлено, что все эти особенности использования предупреждающих сигналов оказывают существенное влияние на выполнение задачи обнаружения [13]. Например, было экспериментально подтверждено, что при звуковых предупреждающих сигналах время реакции обнаружения короче, чем при зрительном предупреждении [6]. Также доказано, что увеличение интенсивности предупреждающего сигнала ведет к ускорению процесса обнаружения [9, 10, 12]. На эффективность выполнения задания серьезное влияние оказывает и период упреждения (ПУ) – интервал между началом предупреждающего сигнала и моментом подачи стимула [2, 3, 11].

Задача осложняется тем, что при постоянной длительности ПУ возникает эффект антиципации: когда испытуемый начинает предвосхищать появление сигнала, и время его реакции падает ниже 100 мс; иногда его ответы даже опережают появление цели. Чтобы избежать влияния эффекта антиципации исследователи вынуждены случайным образом варьировать длительность ПУ в серии экспериментальных проб [4]. Однако использование этой процедуры влечет за собой ряд вопросов, например, о том, сколько именно ПУ нужно использовать или каков оптимальный

¹ Здесь и далее – формы прилагательного “временной” следует читать с ударением на последний слог.

диапазон вариативности ПУ в единой последовательности (блоке) экспериментальных проб.

Следует признать, что, даже применяя экспериментальную парадигму с варьированием длительности ПУ, мы не можем полностью избежать влияния субъективных ожиданий относительно вероятностной структуры ПУ. Как было показано Наатаненом, для акустических сигналов, время реакции на самый короткий из используемых в серии проб ПУ всегда немного больше, чем на наиболее длинный [11].

В своей работе мы исходили из принципиального положения, что эффект предупреждающего сигнала надо рассматривать в контексте целостного перцептивного события, т.е. с учетом взаимодействия тех процессов и установок, которые соотносятся не только с актуальной, но и с прошлой информацией. Иными словами, недостаточно просто указать на факторы, определяющие этот эффект, – необходимо раскрыть также конкретные механизмы, определяющие его вариативность в зависимости от тех или иных условий измерения.

Было проведено два эксперимента, *цель* которых состояла в получении более детальной информации о временной динамике эффекта предупреждающего сигнала в задаче обнаружения в зависимости от типа предупреждающего сигнала, а также временной и пространственной неопределенности целевого стимула. Диапазон ПУ от 100 до 1600 мс представляет особый интерес, поскольку имеющиеся в литературе данные носят достаточно противоречивый характер. С одной стороны, при фиксированной длительности ПУ типичный результат заключается в увеличении времени реакции с возрастанием ПУ, за исключением самых коротких (до 200 мс) интервалов, где зарегистрирован прямо противоположный эффект. С другой стороны, установлено, что при варьированном ПУ время реакции имеет тенденцию уменьшаться при увеличении ПУ до 1.5 с (по другим данным – до 5 с), однако в этом случае весь набор ПУ (числом от 3 до 7) предъявляли в едином блоке проб (см., например, [12]).

Первая задача, решаемая в эксперименте 1, заключалась в том, чтобы на достаточно коротких временных интервалах развести эффекты последовательности, связанные с влиянием предыдущего ПУ на восприятие последующего ПУ, и эффекты временной динамики состояния готовности в чистом виде.

Вторая задача эксперимента 1 состояла в том, чтобы прояснить взаимосвязь между предупреждающим сигналом и сигналом предынформирования (*cueing*). О последнем обычно говорят в контексте экспериментальной парадигмы выигрыша–проигрыша [14], когда подаваемый после начала пробы вспомогательный сигнал указыва-

ет наиболее вероятное местоположение целевого стимула. Высказывается мнение, что предынформирующий сигнал работает и как сигнал предупреждения, оказывая, таким образом, дополнительное влияние на скорость обнаружения. Однако Фернандес-Дюке и Познер [7] получили данные, которые поддерживают идею о отдельных механизмах для управления такими компонентами внимания, как активация (*alerting*) и ориентировка (*orienting*). Активация представляет собой общую, неспецифическую готовность к совершению действия, тогда как ориентировка повышает чувствительность сенсорной системы на появление стимула в определенной пространственной зоне.

Задачей эксперимента 2 являлось изучение особенностей временной динамики эффекта предупреждающего сигнала в зависимости от того, задается ли предупреждение *выключением* или *включением* соответствующего сигнала. О возможной разнице между этими двумя ситуациями говорит тот факт, что короткий темновой интервал между выключением фиксационной точки и предъявлением стимула ведет к сокращению времени саккадической и мануальной реакции, по сравнению с условиями, когда фиксационная точка экспонируется постоянно [8].

ЭКСПЕРИМЕНТ 1

МЕТОДИКА

Стимулы и процедура. Временную динамику эффекта предупреждающего сигнала изучали на интервалах ПУ 100–1600 мс, комбинируя процедуру фиксированного и переменного ПУ. Диапазон вариативности ПУ оставался постоянным (3 сигнала, ± 250 мс), тогда как среднее значение ПУ менялось в разных блоках проб с шагом 250 мс. Использовали предупреждающие сигналы разной модальности – слуховой и зрительный. Зрительные предупреждающие сигналы были двух типов, предполагающие узкую или более широкую фокусировку пространственного внимания. В серии проб целевой стимул появлялся либо в неизменной пространственной позиции, либо равновероятно в одной из пяти возможных позиций.

Эксперимент проводили на базе персонального компьютера с использованием программы “*Batterfly*” [16]. Все стимулы предъявлялись на темно-сером фоне, который был выбран для того, чтобы усложнить задачу обнаружения и сделать эффект предупреждающего сигнала более выраженным. Тонкая черная квадратная рамка (сторона 10°) постоянно экспонировалась в центре экрана и служила в качестве фиксационного стимула. В наших предыдущих исследованиях [1] было установлено, что испытуемые могут без

труда стабилизировать взор, глядя на большую фиксационную рамку. Отказ от использования так называемой фиксационной точки был связан и с тем, что в этом случае задача фиксации требует дополнительных ресурсов внимания.

Испытуемых просили фиксировать центр рамки и нажимать как можно быстрее на кнопку специального выносного пульта, как только они обнаруживали цель. Целевым стимулом служила небольшая черная точка (0.2°) на экране компьютера. В первой части каждой экспериментальной серии она появлялась только в центре фиксационной рамки, а во второй части – в пяти возможных позициях внутри фиксационной рамки, включая и центральную позицию (см. рис. 1). В экспериментах участвовали 4 взрослых испытуемых.

План эксперимента. Использовали три типа предупреждающих сигнала: 1) звуковой сигнал интенсивностью 50 дБ и частотой 547 Гц; 2) зрительный периферический сигнал – “вспышка” (утолщение линии) фиксационной рамки; 3) зрительный центральный сигнал – появление маленькой черной рамки (1°) в центре экрана (см. рис. 1). Кроме того, для контроля использовали пробы без предупреждающего сигнала. Таким образом, фактор “Тип предупреждающего сигнала” имел четыре уровня. Все предупреждающие сигналы предъявлялись вплоть до получения ответа испытуемого, так что изучался только эффект включения предупреждающего сигнала.

Всего в каждом блоке проб в случайном порядке варьировали три ПУ: среднее, на 250 мс меньше и на 250 мс больше среднего. Средняя длительность периода упреждения (ПУ^с) в отдельных блоках проб составляла 350 мс; 600 мс; 850 мс; 1100 мс; 1350 мс (пять уровней значений). Таким образом, использовали следующие комбинации абсолютных значений ПУ (ПУ^а): 1) 100–350–600 мс; 2) 350–600–850 мс; 3) 600–850–1100; 4) 850–1100–1350 мс; 5) 1100–1350–1600 мс.

Также использовали два типа пространственной локализации целевого стимула: постоянная (центрально) и случайная (пять позиций – по углам рамки и в центре, см. рис. 1). Длительность экспозиции стимула определялась временем реакции испытуемого.

Каждый испытуемый выполнял полную программу эксперимента, которая состояла из четырех рандомизированных серий, отдельно для каждого типа предупреждающего сигнала. В первой половине каждой серии стимул предъявляли в центральной позиции, во второй – случайным образом. Длительность упреждения меняли блоками, по 45 предъявлений в каждом блоке проб (по 15 на каждое абсолютное значение длительности). Интервал между отдельными пробами, включая ПУ, составлял 3000 мс. Исключение со-

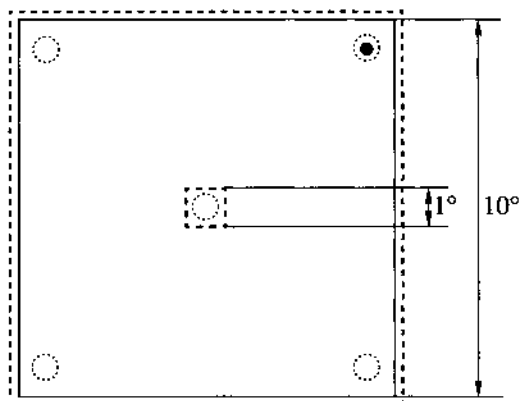


Рис. 1. Фиксационный, предупреждающие и целевые стимулы, использовавшиеся в эксперименте 1. Тонкая черная линия – постоянная фиксационная рамка, полужирные штриховые фигуры – варианты зрительных предупреждающих стимулов. Тонкими штриховыми окружностями обозначены места появления целевых стимулов (черная точка).

ставляла серия без предупреждающего сигнала, где интервал между пробами варьировал между значениями 2750, 3000 и 3250 мс.

Время реакции измеряли с точностью до 1 мс. Ответы с временем реакции менее 100 мс исключали из анализа, поскольку они рассматривались как результат антиципации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Был проведен дисперсионный анализ (ANOVA) зависимости ВР от факторов: Тип предупреждающего сигнала (ТПС – 4 уровня) × Средняя длительность периода упреждения (ПУ^с – 5 уровней) × Временная позиция ПУ (ВППУ – 3 уровня) × Локализация цели (ЛЦ – 2 уровня) × Испытуемые (4 уровня). Хотя результаты отдельных испытуемых значимо ($F = 29.03$; $p < 0.0001$) различались по среднему ВР (от 277 до 243 мс), фактор Испытуемые не взаимодействовал с другими факторами и потому исключался из дальнейшего анализа.

Все анализируемые факторы показали значимый главный эффект: ПУ^с ($F = 5.58$; $p < 0.001$); ТПС ($F = 31.22$; $p < 0.0001$); ЛЦ ($F = 53.85$; $p < 0.0001$); ВППУ ($F = 86.62$; $p < 0.0001$). Общая динамика эффекта предупреждающего сигнала показана на рис. 2. ВР монотонно уменьшалось с увеличением ПУ^с (с 267 до 251 мс). Для ТПС наибольший выигрыш во ВР давал акустический предупреждающий сигнал (237 мс против 267 мс для условий без предупреждающего сигнала). Эффекты от периферического и центрального зрительного сигнала (большая и малая визуальная рамка) были незначительными (6 и 7 мс соответственно). ВР на постоянный центральный стимул было значимо ниже, чем при случайном предъ-

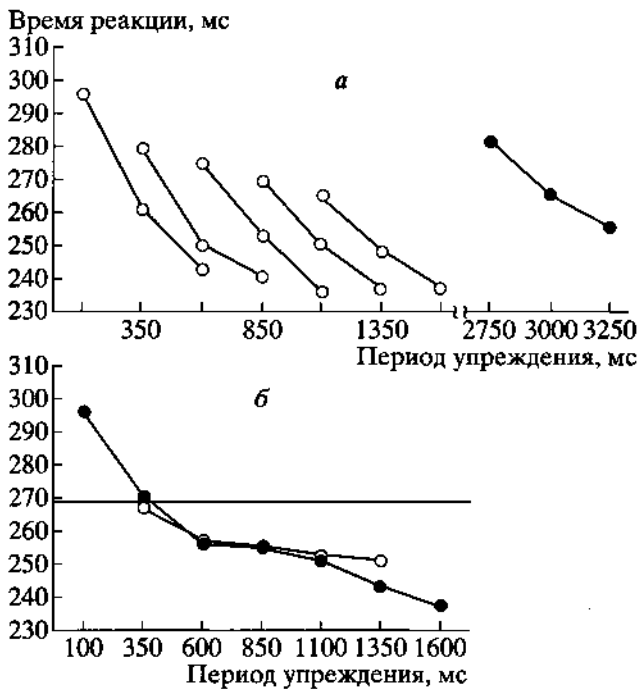


Рис. 2. Графики зависимости эффекта предупреждающего сигнала от абсолютной и средней длительности периода предупреждения: а – время реакции для каждой временной позиции периода предупреждения в каждом блоке проб, суммарно по всем типам предупреждающего сигнала и локализации целевого стимула, темные кружки – результаты для серии без предупреждающего сигнала; б – те же результаты, усредненные по блокам проб (светлые кружки) или по абсолютным (темные кружки) длительностям периода предупреждения. Горизонтальная линия показывает время реакции для серии без предупреждающего сигнала.

явлении целевого стимула (247 против 265 мс). Наконец, ВР зависело от ВППУ. При одном и том же абсолютном значении длительности предупреждения, ВР на стимул в первой из трех временных позиций на 25 мс превышало ВР на стимул во второй позиции, а ВР на стимул в третьей позиции укорачивалось еще на 14 мс. Анализ парных сравнений по тесту Шеффе (Scheffe) подтвердил значимость этих различий.

Интересно отметить, что эффект ВППУ обнаружен и в сериях проб без предупредительного сигнала. Если в этом случае предупредительным сигналом считать нажатие на кнопку в предыдущей пробе, то значение ПУ^с здесь составляло 3000 мс.

Значимые взаимодействия были показаны только для ТПС × ЛЦ ($F = 5.8$; $p < 0.001$). Графически это показано на рис. 3. При постоянной локализации стимула особо выражен эффект акустического и центрального зрительного предупреждающего сигнала, в меньшей степени – периферического зрительного предупреждающего сигнала. Однако при случайной локализации



Рис. 3. Временная динамика эффекта предупреждающего сигнала как функция пространственной локализации целевого стимула (постоянная или случайная) и типа предупреждающего сигнала: а – звуковой; б – зрительный периферический; в – зрительный центральный.

стимула выигрыш во ВР давал только акустический предупреждающий сигнал; зрительные предупреждающие сигналы не выполняли своей функции и даже оказывали негативное влияние на ВР, особенно при ПУ до 1100 мс.

Еще одно взаимодействие факторов приблизилось к значимому уровню: ВППУ × ЛЦ ($F = 2.29$; $p < 0.102$). Это взаимодействие означает, что при постоянной локализации стимула разница во ВР между стимулами в первой и третьей временной позиции меньше (33 мс), чем при случайной локализации стимула (46 мс). Другими словами, при прочих равных условиях временная неопределенность в ПУ меньше сказывается на ВР, когда отсутствует неопределенность в пространственной локализации стимула (см. рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одним из главных результатов, полученных в нашем исследовании, является то, что в тестируемом временном диапазоне при использовании в отдельном блоке проб трех равновероятных ПУ с общей вариативностью 500 мс (± 250 мс) эффект ВППУ не зависит от общей временной динамики эффекта предупреждающего сигнала. Более того, той же величины эффект временной позиции отмечен и в пробах без явного предупреждающего сигнала. Таким образом, можно предположить, что состояние готовности (подготовки) к действию, которое запускает предупреждающий сигнал, модулируется не только ближайшими по времени событиями (ПУ в предшествующей пробе), но и интегральными установками, например,

ожиданиями среднего по блоку проб значения ПУ. Согласно литературным данным [5], более ранний по сравнению с ожидаемым предупреждающий сигнал вызывает задержку реакции, а запаздывающий сигнал ее ускоряет. При этом, как показывают наши результаты, зафиксированный эффект временной неопределенности, или временного диапазона (*range effect*), не зависит от средней величины ПУ и от типа используемого предупреждающего сигнала.

В то же время, фактор пространственной локализации предъявляемого стимула показал тесную связь как с типом предупреждающего сигнала, так и с временной позицией ПУ. Зрительный сигнал производил значимый предупреждающий эффект (ВР меньше, чем в ситуации без предупреждающего сигнала) только тогда, когда целевой стимул постоянно появлялся в центральной позиции. При этом центральный зрительный предупреждающий сигнал обеспечивал более быстрое обнаружение, чем периферический. Одним из объяснений этого факта может служить то, что в этих условиях центральный предупреждающий стимул обеспечивал точное (в пределах 1°) предынформирование о месте появления стимула с достоверностью 100%. Периферический же стимул не обеспечивал столь четкого целеуказания, задавая широкий (10°) фокус внимания с неявно обозначенным центром. Оба зрительных предупреждающих сигнала оказались мало эффективны, когда местоположение стимула варьировало случайным образом, т.е. когда они не обладали качеством предынформирования (валидность центральной и четырех других пространственных позиций равнялась 20%) (см. рис. 3б и 3в).

Если сравнить между собой эффективность акустического и зрительных предупреждающих сигналов, то следует отметить, что первый обеспечивал более существенное снижение ВР в задаче обнаружения, и этот выигрыш во времени не зависел от средней величины ПУ и от степени неопределенности пространственной локализации стимула. Это означает, что акустический предупреждающий сигнал связан, прежде всего, с механизмами общей активации и менее специфичен в отношении механизма пространственной локализации стимула (рис. 3а). “Вспыхивающий” периферический или центральный зрительный стимул не только является сигналом готовности, причем энергетически более слабым по сравнению с акустическим сигналом, но и запускает процессы, связанные с избирательной настройкой зрительного пространственного внимания на основе текущей и ранее воспринятой информации.

Говоря о динамике пространственного внимания, часто выделяют следующие фазы, или этапы этого процесса: 1) отстройка от объекта предыдущей фиксации (*disengagement*); 2) движение или

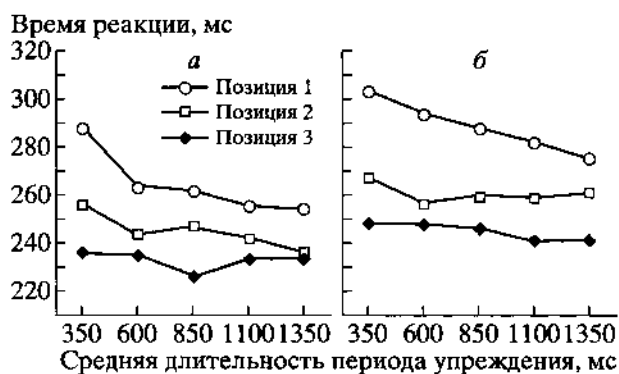


Рис. 4. Временная динамика эффекта предупреждающего сигнала как функция временной позиции ПУ в блоке проб и локализации целевого стимула: а – постоянная; б – случайная локализация целевого стимула.

изменение размера поля внимания; 3) захват новой цели (*engagement*) [8, 15]. Каждый этап обрабатывается в автоматическом режиме и занимает определенное время, которое, тем не менее, не является строго фиксированным и зависит от целого ряда факторов, как внешних, так и внутренних.

Можно предположить, что в задаче обнаружения, которая не предъявляет сколько-нибудь высоких требований к разрешающей способности зрительной системы, полученные нами различия во ВР для стимулов в ожидаемой и случайной пространственных локализациях при зрительных предупреждающих сигналах и отсутствие таких различий при акустических предупреждающих сигналах связаны, главным образом, с первым этапом пространственной ориентировки внимания, а именно с этапом отстройки от фиксации. Акустический сигнал автоматически отстраивал внимание от фиксационной рамки, тогда как зрительный, напротив, притягивал его соответственно к большой или малой рамке. Положительный эффект такого зрительного предынформирования достигался только в случае, когда оно было релевантно позиции предъявляемого стимула, тогда как неопределенность в локализации стимула заново запускала цикл настройки пространственного внимания, что влекло к проигрышу во ВР даже по сравнению с условиями без предупреждающего сигнала. Интересно, что длительность этапа отстройки от фиксации обычно оценивают в 50 мс, что совпадает с наивысшей величиной эффекта предупреждающего сигнала.

Для проверки предположения о характере связи пространственного внимания с типом предупреждающего сигнала, нами был проведен эксперимент 2, где предупреждающим сигналом служило выключение фиксационного стимула.

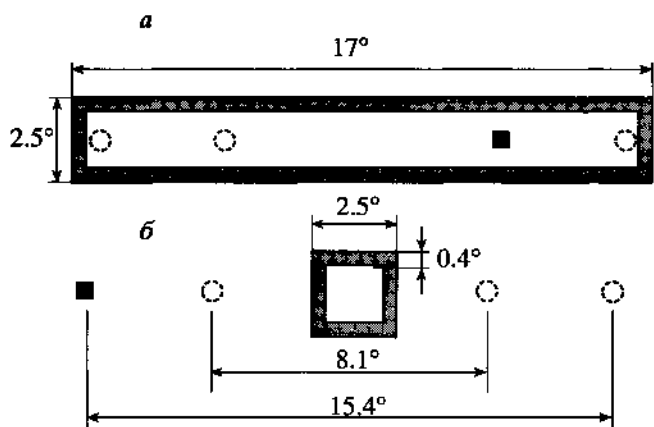


Рис. 5. Пространственное расположение стимулов, использованных в эксперименте 2: *a* – периферическая фиксационная рамка, *б* – центральная фиксационная рамка. Обозначенные штриховой линией окружности показывают места появления целевого стимула (черный квадрат).

ЭКСПЕРИМЕНТ 2

МЕТОДИКА

Стимулы и процедура. Было проведено сравнение эффектов включения и выключения предупреждающего стимула при выполнении задачи обнаружения. Как и в эксперименте 1, использовали периферический и центральный предупреждающий зрительный стимул, а также меняли длительность и вариативность ПУ, который в данном случае представлял собой “пустой” (gap) интервал. Задача обнаружения была усложнена и включала также определение стороны предъявления целевого стимула (справа или слева от центра фиксационной рамки), о чем испытуемые сообщали бинарным моторным ответом. Такая процедура была призвана уменьшить вероятность антиципирующих реакций.

Фиксационными стимулами служили горизонтальная темно-серая рамка размером $17^\circ \times 2.5^\circ$ или квадратная рамка со стороной 2.5° , которые предъявлялись на светло-сером экране компьютера. Стимулом для обнаружения был небольшой черный квадрат (0.4°), который мог с равной вероятностью появиться в одной из четырех пространственных позиций, две из которых находились в правой, а две других – в левой части экрана. Фиксационную рамку зажигали на 1000 мс, после чего гасили и через варьируемый “пустой” интервал предъявляли целевой стимул, который экспонировали в течение 200 мс. Использовали две кнопки, на которые испытуемые нажимали правой и левой рукой соответственно: правой – при обнаружении стимула в правой части экрана, левой – при обнаружении стимула в левой части экрана. После правильного ответа на экране на 600 мс высвечивалось число – время реакции в

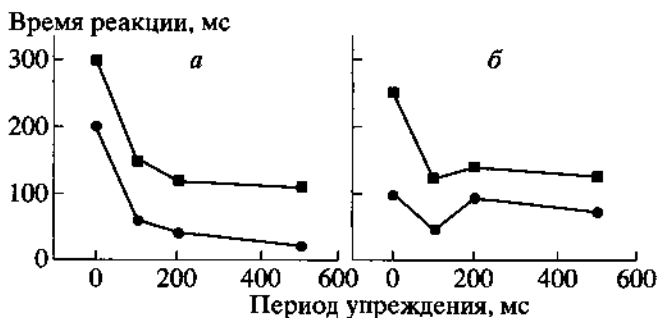


Рис. 6. Временная динамика эффекта предупреждающего сигнала в задаче обнаружения стороны предъявления целевого стимула: *a* – смешанный, *б* – постоянный способ варьирования периода упреждения. Предупреждением служило выключение фиксационной рамки, периодом упреждения – темновой интервал до появления стимула. Кругами обозначена серия с маленькой рамкой, квадратами – с большой рамкой.

миллисекундах, после неправильного ответа – слово ОШИБКА. Интервал между пробами составлял 2000 мс. Используемые в эксперименте 2 стимулы и их пространственное расположение показаны на рис. 5.

План эксперимента. Основными независимыми переменными в эксперименте 2 были:

1. Фиксационная рамка – центральная или периферическая;
2. Длительность ПУ – 0, 100, 200 или 500 мс;
3. Способ варьирования ПУ – блочный (все пробы в блоке из 120 проб имели фиксированную длительность “пустого” интервала) и смешанный (в блоке проб использовали разные длительности “пустого” интервала).

Зависимая переменная – время реакции (ВР) испытуемого, измеренное с точностью до 1 мс.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Был проведен пятифакторный дисперсионный анализ (ANOVA) зависимости ВР от факторов: *Размер фиксационной рамки* (ФР – 2 уровня) \times *Длительность ПУ* (2 уровня) \times *Варьирование ПУ* (2 уровня) \times *Сторона предъявления* (2 уровня) \times *Испытуемые* (8 уровней). Главные эффекты были установлены только для факторов *Длительность ПУ* ($F = 20.9$; $p < 0.001$) и *ФР* ($F = 43.4$; $p < 0.001$). Это означает, что ВР уменьшалось с увеличением ПУ и было выше для периферической фиксационной рамки по сравнению с центральной (280 мс против 256 мс). Уровня значимости достигало только одно 2-факторное взаимодействие: *Длительность ПУ* \times *Варьирование ПУ* ($F = 5.8$; $p < 0.001$). Графически эти результаты представлены на рис. 6.

Из рис. 6 видно, что при обоих способах варьирования ПУ скорость реакции резко возрастает при ПУ = 100 мс (по сравнению с ПУ = 0 мс), но далее при смешанном способе варьирования ПУ она продолжает монотонно увеличиваться с возрастанием длительности ПУ, тогда как при блочном остается на постоянном уровне. Более того, даже при ПУ = 0 мс, т.е. когда целевой стимул предъявляли одновременно с выключением фиксационной рамки, блочный способ варьирования ПУ давал выигрыш в 20–25 мс, если сравнивать с аналогичными условиями предъявления при смешанном способе варьирования ПУ. Во всех случаях динамика эффекта выключения предупреждающего сигнала не зависит от типа фиксационной рамки.

Таким образом, учитывая сказанное ранее при обсуждении результатов эксперимента 1, можно заключить, что свой вклад в эффект предупреждающего сигнала вносят и процессы общей активации, и процессы ориентировки зрительного пространственного внимания. При смешанном способе варьирования ПУ интенсивность состояния активации (готовность) нарастает к последней временной позиции ПУ, тогда как при постоянном ПУ максимум активации достигается к любому ожидаемому ПУ в диапазоне 100–500 мс. Процессы же ориентировки зрительного пространственного внимания относятся к ранним этапам развития состояния активации и составляют его фазическую компоненту.

ОБЩЕЕ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента 1, относящиеся к включению зрительного предупреждающего сигнала при случайной локализации целевого стимула, могут быть напрямую сопоставлены с результатами эксперимента 2, где предупреждающим сигналом служило выключение зрительного предупреждающего сигнала. Из этого сравнения следует одно принципиальное сходство – значимое уменьшение ВР на относительно коротких диапазонах ПУ. Вместе с тем, между ними имеется и существенное различие: приоритет периферического предупреждающего сигнала над центральным в первом случае и прямо противоположный эффект – во втором.

Логично связать выявленные различия именно с временными затратами на отстройку внимания от фиксационного стимула (рамки). В эксперименте 1 вспыхивающий центральный зрительный предупреждающий стимул привлекал и задерживал внимание в обозначенной им зоне, так что при случайной локализации целевого стимула требовалась перенастройка внимания с центральной рамки на постоянно светящуюся периферическую, охватывающую позиции всех стимулов. Понятно, что такая перенастройка требует опреде-



Рис. 7. Результаты эксперимента 1 для блоков проб с ПУ^с = 350 мс и случайной локализацией целевого стимула. Кривые относятся к разным типам предупреждающего сигнала: акустическому (темные ромбы), зрительному периферическому (светлые квадраты) и зрительному центральному (темные треугольники).

ленных временных затрат по сравнению с периферическим предупреждающим стимулом. В эксперименте 2 отстройка от фиксационных зрительных стимулов – и периферического, и центрального – осуществлялась автоматически, за счет гашения этих стимулов. Результаты показывают, что в этом случае легче было отстроиться от центрального фиксационного стимула, чем от периферического, что выразилось в показателях ВР обнаружения. Можно предположить, что при выключении периферического фиксационного стимула внимание продолжало удерживаться в той же пространственной зоне, поскольку именно там ожидалось появление целевых стимулов, тогда как выключение центрального фиксационного стимула приводило систему пространственного внимания в состояние полной готовности к захвату нового стимула. Выключение центрального фиксационного стимула производит эффект, подобный эффекту акустического предупредительного сигнала. Подтверждение сказанному можно получить из сравнения результатов эксперимента 2 (смешанный способ варьирования ПУ), которые приведены на рис. 6а, и результатов эксперимента 1 для ПУ^с = 350 мс, серий со случайной локализацией целевого стимула при акустическом, зрительном центральном и зрительном периферическом предупреждающих сигналах (рис. 7).

Событийно обе сравниваемые ситуации очень близки, за исключением способа подачи предупреждающего сигнала (включение или выключение). Средняя кривая на рис. 7 и верхняя кривая на рис. 6а отражают динамику ВР обнаружения при периферическом зрительном предупреждающем сигнале, а верхняя и нижняя кривые – ВР на цен-

тральный фиксационный стимул и ВР на акустический сигнал, соответственно.

ВЫВОДЫ

1. Эффект предупреждающего сигнала связан с повышением готовности к реагированию и в задаче обнаружения выражается в постепенном снижении ВР при увеличении ПУ до 1350 мс.

2. Предупреждающий сигнал запускает как процессы общей активации внимания, так и более быстрые процессы ориентировки зрительного пространственного внимания, которые могут принести дополнительный выигрыш или проигрыш во ВР обнаружения при небольших величинах ПУ.

3. Кроме модальности предупреждающего сигнала, его эффективными характеристиками могут быть: пространственная позиция, размер и способ его подачи – включение или выключение. На результаты обнаружения влияют также временная и пространственная неопределенность целевого стимула.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белопольский В.И. Внешнее и внутреннее управление размером зоны фокального зрительного внимания // Сенсорные системы. 1989. Т. 3. № 1. С. 48–55.
2. Alegria J. Sequential effects of foreperiod duration: Some strategic factors in tasks involving task uncertainty // Attention and performance V / Eds. P. Rabbit, S. Dornic. L.: Academic Press, 1975.
3. Baumeister A., Joubert C. Interactive effects on reaction time of preparatory interval length and preparatory interval frequency // Journ. of Experimental Psychol. 1969. V. 82. P. 393–395.
4. Bevan W., Hardesty D., Avant L. Response latency with constant and variable interval schedules // Percept. and Mot. Skills. 1965. V. 20. P. 969–972.
5. Botwinick J., Brindley J. An analysis of set in relation to reaction time // Journ. of Experimental Psychol. 1962. V. 63. P. 568–574.
6. Davis R.C., Green F. Intersensory differences in the effect of warning signals on reaction time // Acta Psychologica. 1969. V. 30. P. 155–167.
7. Fernandez-Duque D., Posner M.I. Relating the mechanisms of orienting and alerting // Neuropsychologia. 1997. V. 35. № 4. P. 477–486.
8. Fisher B., Weber H. Express saccades and visual attention // Behav. and Brain Science. 1993. V. 16. P. 553–610.
9. Kohfeld D.L. Stimulus intensity and adaptation level as determinants of simple reaction time // Journ. of Experimental Psychol. 1968. V. 76. P. 468–473.
10. Kohfeld D.L. Effects of intensity of auditory and visual ready signals on simple reaction time // Journ. of Experimental Psychol. 1969. V. 82. P. 88–95.
11. Näätänen R. The diminishing time-uncertainty with the lapse of time after the warning signal in reaction-time experiments with varying fore-periods // Acta Psychologica. 1970. V. 34. P. 399–419.
12. Niemi P. Stimulus intensity effects on auditory and visual reaction processes // Acta Psychologica. 1979. V. 43. P. 299–312.
13. Niemi P., Näätänen R. Foreperiod and simple reaction time // Psychol. Bulletin. 1981. V. 89. P. 133–162.
14. Posner M.I. Orienting of attention // Quart. Journ. of Experimental Psychol. 1980. V. 32. P. 3–25.
15. Posner M.I., Cohen Y. Components of visual orienting // Attention and Performance X / Eds. H. Bouma, D.G. Bouwhuis. Hillsdale: LEA, 1984. P. 531–556.
16. Pulkin B.V. Programming without programming: The system Butterfly for professional psychologists // Behav. Res. Meth., Instr. and Computers. 1996. V. 28. № 4. P. 577–583.

TIME COURSE OF THE WARNING EFFECT IN THE DETECTION TASK

V. I. Belopolsky*, A. V. Belopolsky**

* PhD, head of editorial and publishing department, Psychological Institute of RAS, Moscow

** PhD, research assistant, Vrij University, Amsterdam, the Netherlands

Factors affected time dynamics of warning signal effect in the detection task were studied. Independent variables were modality, spatial and temporal properties of warning signal as well as variability of the foreperiods (permanent, alternating, mixed) and validity of reaction stimulus. The results show general trend in reducing RT with increasing foreperiod up to 1.5 s, although most prominent events occur at the range 100–350 ms. The data are considered as support for two attentional components of warning effect, namely, alertness and orienting.

Key words: warning signal, reaction time, foreperiod, attention.