



ВОСПРИЯТИЕ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ ВО ВРЕМЯ БЫСТРЫХ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ НАБЛЮДАТЕЛЯ

БАРАБАНИЦКОВ В. А.,* *Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия, e-mail: vladimir.barabanschikov@gmail.com*

ЖЕРДЕВ И. Ю.,** *Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия, e-mail: ivan866@mail.ru*

Исследование направлено на поиск закономерностей зрительного процесса, протекающего в микроинтервалах времени при выполнении саккадических движений глаз. Испытуемым во время саккад экспонировалось цветное изображение лица, выражающего различные эмоциональные состояния. Требовалось распознать эмоциональное состояние и указать локализацию лица в поле зрения. Показано, что средняя вероятность успешного опознания экспрессий выше случайной (0,61), зависит от их модальности и от альтернативного варианта ответа. Лучше всего идентифицируются проявления радости (0,81) и страха (0,71), хуже всего – спокойное состояние лица (0,43). Различий в точности распознавания выражений лица, расположенного в центральной зоне (0°) и в ближней периферии зрительного поля, не обнаружено. Восприятие экспрессий во время саккад сопровождается эффектами сжатия видимого пространства. Воспринимаемая локализация лица смещена к точке завершения саккады, независимо от его действительного расположения. Совокупность полученных данных указывает на непрерывность зрительного процесса, возможность его продолжения либо начала во время быстрых движений глаз.

Ключевые слова: восприятие выражений лица, эмоциональные экспрессии, глазодвигательная активность, саккада, фиксация, саккадическое подавление, непрерывность зрительного процесса, ложная локализация стимулов, компрессионный эффект, константность зрительного направления, перцептивный переходный процесс.

Введение

Динамика восприятия человеком окружающей среды обеспечивается двумя формами окулomotorной активности: фиксационными дрейфами (проще: фиксациями) и саккадами. Первые характеризуют относительно устойчивое положение глаз, вторые – их резкое перемещение из одной позиции в другую. Традиционно зрительные фиксации соотносят с элементами среды, которые в данный момент имеют для наблюдателя какое-либо значение, саккады – со сменой воспринимаемого элемента. Средняя продолжительность отдельной фиксации – 250–350 мс, саккады – 30–60 мс. В общем объеме времени, которое человек затрачивает на поиск, обнаружение и опознание значимых элементов среды, фиксации занимают 80–85%. Роль саккад (15–20% времени восприятия) как условия выполнения перцептивного процесса остается неопределенной, хотя их продолжительность также сопоставима со

Для цитаты:

Барабанщиков В. А., Жердев И. Ю. Восприятие сложных социально значимых объектов во время быстрых движений глаз наблюдателя // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 2. С. 5–25.

* *Барабанщиков В. А.* Член-корреспондент РАО, доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией, Институт психологии РАН, директор Центра экспериментальной психологии, МГППУ, Москва, Россия, e-mail: vladimir.barabanschikov@gmail.com

** *Жердев И. Ю.* Аспирант, Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва, Россия, e-mail: ivan866@mail.ru



временем проявления значимых событий в среде. Видит ли человек во время быстрых движений глаз? Если видит, то что и как? Можно ли при выполнении саккады получить адекватную информацию о событиях в среде и использовать ее для организации собственного поведения?

Подобные вопросы задавались еще в прошлом столетии (Ярбус, 1965; Dodge, 1900; Woodworth, 1906), а их экспериментальная проработка привела к появлению двух противоположных суждений. Согласно первому, во время саккады глаз слепнет (Latour, 1962; Zuber, Stark, 1966); это явление стали называть *саккадическим торможением* либо *подавлением*. Согласно второму суждению, при выполнении саккады зрительная способность полностью сохраняется (Krauskopf, Graf, Gaarder, 1966; Uttal, Smidt, 1968). В теоретическом плане вводилось противостояние двух способов осуществления зрительного восприятия: дискретного (он связывается с тактовой активностью глазодвигательной системы, когда смежные фиксации разделяются саккадой) и непрерывного (подчеркивающего относительную независимость перцептивного процесса от движений глаз). В ходе накопления экспериментальных данных были сформулированы представления, так или иначе учитывающие обе позиции. Их суть состоит в том, что в ходе резких поворотов глаз пороги зрительной чувствительности повышаются *частично*, причем величина «подавления» зависит от амплитуды саккады (с ее ростом чувствительность падает), пространственной структуры тестового стимула (при наличии выраженных контуров «подавление» усиливается), его яркости (с увеличением освещенности тест-объекта эффект подавления снижается) и локализации в поле зрения (пороги зрительного обнаружения стимула распределены анизотропно: зона максимальной чувствительности соотносится с текущим объектом фиксации, а при повороте глаз смещается в область будущей фиксации). Хотя усложнение тестового стимула (его структурированность, контрастность и др.) приводит к усилению эффекта подавления, возможность получения семантической информации об объекте во время саккад сохраняется (Митрани, 1973; Brooks, Fuchs, 1975; Campbell, Wurtz, 1978; Cavanagh, Hunt, Afraz, Rolfs, 2010; Honda, 1989; Ross et al., 2001; Schlag, Schlag-Rey, 1995).

Не обсуждая механизмов, лежащих в основе снижения зрительной чувствительности во время саккад, целесообразно обратить внимание на следующие обстоятельства.

1. Снижение зрительной чувствительности происходит не только во время саккады, но и непосредственно (80–120 мс) до и после поворота глаз (эффект парасаккадического подавления); минимальная зрительная способность смещена к началу саккады (Митрани, 1973; Vompas, Sumner, 2009; Latour, 1962; Volkman, Schick, Riggs, 1968).

2. Во время саккады видимая локализация стимула в поле зрения может не совпадать с действительной; чаще всего ошибки локализации зависят от расположения стимула в поле зрения и совершаются по направлению саккады (Honda, 1991; Mateeff, 1978; Matin, Pearce, 1965), объединяясь в феномен компрессии визуального пространства (Burr et al., 2010; Lappe, Awater, Krekelberg, 2000; Pola, 2007).

Известные эмпирические данные получены при экспозиции наблюдателям сравнительно простых тестовых стимулов (точечных вспышек света, набора геометрических фигур, пространственных решеток, смещений полос и т. п.) в задачах обнаружения и опознавания. Остается неясным, сохраняются ли выявленные закономерности при экспозиции семантически сложных, экологически и/или социально валидных объектов, и если да, то в какой степени. Пытаясь ответить на эти вопросы, мы провели экспериментальное исследование, в котором испытуемым во время саккад демонстрировалось лицо человека, выражаю-



щего различные эмоциональные состояния; требовалось распознать тест-объект в ситуации альтернативного выбора. В качестве дополнительной использовалась процедура локализации лица в поле зрения наблюдателя.

Методика

Эксперименты проводились на аппаратно-программном комплексе, разработанном на основе видеоайтрекера *iView X™ Hi-Speed* (SMI, Германия). Программная часть отвечала за предъявление и удаление стимульного изображения с экспозиционного экрана во время выполнения саккадических движений глаз. Латентность обновления изображения на экране по отношению к саккаде $7 < \Delta t < 14$ (мс). Для точного определения момента смены изображения на экране и синхронизации его с потоком данных использовался фотодиодный датчик, разработанный А. В. Жегалло (Барабанщиков, Жегалло, 2013b). Совпадение стимула с саккадой по времени проверялось в ходе постобработки данных на основании сигнала с фотодиодного датчика и латентностей этапов работы комплекса (Жердев, 2014; Жердев, Барабанщиков, 2014).

Наблюдение за стимулом было бинокулярным. Регистрация движений глаз выполнялась монокулярно с частотой 1250 Гц. Расчеты величины зрительного угла при обработке данных произведены для воображаемого циклопического глаза. Расстояние до экрана $\approx 57,3$ см. Использовался плоский экран с пространственным разрешением ≈ 56 dpi и частотой вертикальной развертки ≈ 144 Гц. Угловые размеры экрана $35,1 \times 26,7$ (°). Монитор откалиброван с параметрами: $\Gamma = 2,2$; цветовая температура 6500 °К; точка белого $92,7$, черного $-0,07$ (кд/м²). Фон на экране 75% серый ($46,3$ кд/м²); яркость стимула $35,4-79,8$, в среднем $39,2$ (кд/м²).

В качестве тест-объекта использовались фотографии мужского лица с выраженными базовыми экспрессиями – страха, гнева, отвращения, радости, печали, удивления, а также спокойного выражения лица (Куракова, 2012). Выбор фототеки обусловлен ее экологической валидностью: лицевые экспрессии зафиксированы с высокой частотой видеосъемки при переходах между модальностями, выполнены в цвете и стандартизированы на российской выборке. Естественный фон обрезан по контуру головы; детали прически сохранены. Область воротника обрезана полукругом; детали одежды отсутствуют. Угловой размер изображения лица по горизонтали $\approx 3,7^\circ$, по вертикали – 6° . Эксперименты проводились в комнате без дополнительных к свечению экранов мониторов источников света.

Согласно инструкции от испытуемого требовалось зафиксировать взгляд на кресте в центре экрана, а при его исчезновении – перевести взор на латерально появляющийся стимул. Тест-объект экспонировался во время быстрых движений глаз наблюдателя. По завершении каждой пробы необходимо было выбрать показанную эмоциональную экспрессию из двух альтернатив при помощи компьютерной «мыши», отметить воспринятое местоположение сложного объекта на экране монитора и дать устный отчет каждый раз, когда наблюдались какие-либо искажения лица (размывание, расширение/сжатие, мультипликация). Тест-объекты располагались в различных участках поля зрения вдоль основной горизонтали справа и слева от исходной точки фиксации. Позиция стимула в поле зрения, модальность экспрессии, альтернативный вариант ответа и расположение вариантов ответа выбирались компьютером случайно в каждой пробе. Место появления вариантов ответов на экране монитора находилось выше основной горизонтали и не пересекалось с возможными позициями тест-объектов. Эксперимент начинался сразу же после калибровки движений глаз. Средняя продолжительность эксперимента в расчете на одного испытуемого ~ 16 мин.

Процедура. В начале каждой пробы в центре экрана появлялся черный фиксационный крест с угловым размером сторон $0,95 \times 0,95$ ($^{\circ}$). После трехсекундного временного интервала компьютер проверял расположение взгляда в пределах фиксационного креста. До тех пор, пока это условие не выполнялось, латеральный стимул, инициирующий саккадический поворот глаз, не появлялся. В этом качестве также использовался черный крест с угловым размером сторон $0,95 \times 0,95$ ($^{\circ}$). Он появлялся в случайном порядке на расстоянии 10° слева либо справа от центра экрана. В середине саккады крест исчезал, предоставляя место экспозиции тест-объекта (цветного изображения лица с выраженной экспрессией) в одной из трех позиций – в центре экрана (0°), посередине между центром экрана и латеральным крестом ($\pm 5^{\circ}$) либо на месте латерального креста ($\pm 10^{\circ}$) (этот случай изображен на рис. 1). Длительность тест-объекта $\approx 7-14$ мс; до завершения саккады его экспозиция прекращалась. В течение ~ 100 мс от момента исчезновения тест-объекта до появления вариантов ответа какое-либо изображение на экране отсутствовало. Оценка модальности экспрессии, демонстрируемой во время саккадических движений глаз, выполнялась путем выбора наиболее похожей из двух альтернатив, одна из которых соответствовала тест-объекту. Оценка видимой локализации лица осуществлялась испытуемым с помощью подвижной прямоугольной рамки, высвечиваемой на экране монитора сразу после выбора экспрессии.

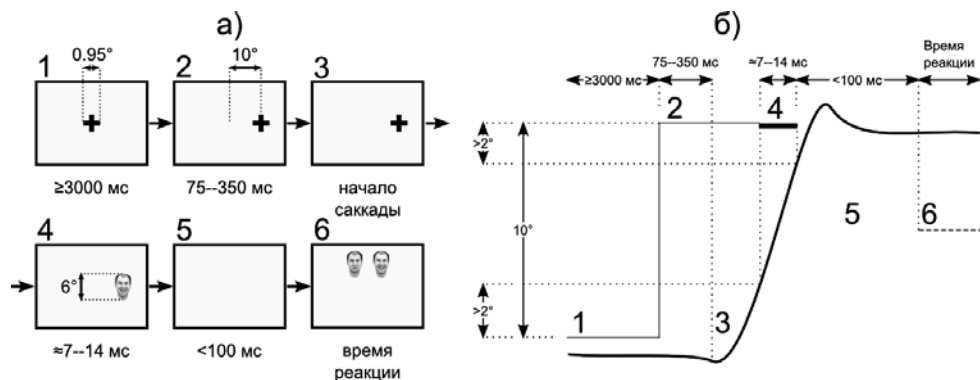


Рис. 1. а) стимульная ситуация; б) временная развертка стимульной ситуации на фоне движения глаз. По оси абсцисс – время, по оси ординат – горизонтальная составляющая движений глаз; 1 – фиксационный крест, 2 – латеральный крест, 3 – движение глаза, 4 – тест-объект, 5 – пустой экран, 6 – варианты ответов

Испытуемые. Студенты московских вузов, не знакомые с целью эксперимента, имеющие нормальное или скорректированное до нормального зрение. В эксперименте приняли участие 20 человек (9 женщин) в возрасте 18–20 лет; $Md = 19 \pm 0,64$.

Обработка данных. После первичного отбора валидных данных математической обработке подверглось 55 % проб ($n = 934$). Валидными считались пробы, в которых латентность саккады от момента появления латерального креста находилась в диапазоне $75-350$ (мс), что является признаком выполнения испытуемыми инструкции «как можно быстрее перевести взор на новый объект» без антиципаций (Vompras, Sumner, 2009). Другим требованием валидности стал момент экспозиции тест-объекта, который должен произойти только тогда, когда направленность взгляда находится в пределах $|2| - |8|^{\circ}$, что исключает его проекцию в фoveальную область сетчатки в точках начала или конца саккады. Для детекции окуломоторных событий (фиксаций, саккад, морганий) использовался алгоритм I-VT (SMI) с параметрами порога минимальной скорости саккады $70^{\circ}/с$ и порога минимальной длительности фиксации 40 мс (Kogortsev et al., 2010).



Обработка данных выполнялась в среде *R 3.1*. Использованы следующие статистические критерии: 1) для окуломоторных показателей – медиана (*Md*); стандартное отклонение (*SD*); 2) для эффективности распознавания экспрессий – χ^2 Пирсона; в скобках указано количество степеней свободы; мощность критерия π ; величина эффекта ϕ ; 3) для воспринимаемой локализации экспрессий и позиции взора в конце саккад – *W* Вилкоксона для вычисления различий в медианах распределений; *U* Манна–Уитни для попарного сравнения; медианный сдвиг Δ ; χ^2 Флигнера–Киллена для сравнения однородности дисперсий; все тесты двухсторонние. Общие обозначения: уровень значимости *p*; * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$; 95%-й доверительный интервал $ci_{95\%}$; при попарном сравнении всегда применялась коррекция Хольма; размер выборки *n*.

Результаты

Окуломоторные показатели. Латентность саккад $t_{0l} = 93 - 349$; $Md = 177 \pm 58$ (влево); $t_{0r} = 95 - 349$; $Md = 186 \pm 57$ (вправо) (мс). У мужчин саккады имеют меньшую латентность ($Md \approx 170 \pm 55$ мс) по сравнению с женщинами ($Md \approx 211 \pm 55$ мс) (Манна–Уитни $U = 59456$; $p \rightarrow 0$; $\Delta \approx -35$; $ci_{95\%} \approx -42 - 28$ (мс); двухсторонний). Длительность саккады $T_l = 24 - 94$; $Md = 41 \pm 9$ (влево); $T_r = 24 - 80$; $Md = 42 \pm 7$ (вправо) (мс). Амплитуда саккады $L_l = 3,2 - 13,8$; $Md = 9,3 \pm 1,5$ (влево); $L_r = 2,3 - 13,8$; $Md = 9,5 \pm 1,6$ (вправо) ($^\circ$). Максимальная скорость саккады $V_{maxl} = 157,9 - 602,7$; $Md = 392,0 \pm 63,4$ (влево); $V_{maxr} = 151,5 - 560,4$; $Md = 395,6 \pm 60,5$ (вправо) ($^\circ/\text{с}$). Средняя скорость саккады $V_l = 87,4 - 298,1$; $Md = 223,2 \pm 37,4$ (влево); $V_r = 94,6 - 319,3$; $Md = 225,5 \pm 35,0$ (вправо) ($^\circ/\text{с}$). Пространственно-временные характеристики саккад в левую и правую половины поля зрения статистически неразличимы.

Адекватность распознавания модальности экспрессий. Средняя вероятность верной идентификации экспрессии лица, предъявленного во время саккады, для всех ситуаций эксперимента выше случайной и составляет 0,61 (Пирсона $\chi^2(1) \approx 47,67$; $p \approx 5,05 \times 10^{-12}$; $ci_{95\%} = 0,58 - 0,64$; $\pi = 0,5$; $\phi \approx 0,23$). Связь частоты адекватного распознавания экспрессии с ее модальностью статистически значима (Пирсона $\chi^2(6) \approx 49,19$; $p \approx 6,83 \times 10^{-9}$; $\pi \approx 3,95 \times 10^{-4}$; $\phi \approx 0,10$). Наиболее точно распознаются экспрессии радости (0,81), страха (0,71), отвращения (0,62) и удивления (0,61). Частота адекватного распознавания «страха» (0,71) выше, чем спокойствия (0,43), а «радости» – выше, чем всех других экспрессий, кроме «страха» (рис. 2, а).

Частота верной идентификации экспрессии зависит от альтернативного варианта ответа (Пирсона $\chi^2(6) \approx 13,80$; $p \approx 0,03$; $\pi \approx 0,14$; $\phi \approx 0,05$) (рис. 2, б). В таблице 1 представлены частоты адекватного выбора тест-объекта в зависимости от модальности альтернативной экспрессии. В столбцах указана вероятность выбора конкретной базовой эмоции при всех альтернативах. В строках – вероятность выбора всех базовых эмоций при соотнесении с конкретной альтернативой. В последних строке и столбце приведены средние значения частоты выбора (μ). Чем выше численные значения, тем меньше влияние альтернативных экспрессий, и наоборот. Согласно полученным данным, «страх» чаще выбирается в сочетании с «гневом» (0,77) или «печалью» (0,84), но редко в сочетании с «радостью». Хуже всего идентифицируются «гнев» при сопоставлении с «отвращением» (0,35) и спокойное состояние лица при сопоставлении с «отвращением» и «удивлением» (0,32 в обоих случаях). Статистически значимыми предикторами адекватного выбора базовых эмоций в общем случае выступают спокойное выражение лица (0,70), «печаль» (0,67), и «гнев» (0,66). Маскирующее влияние на выбор тестовой эмоции оказывают экспрессии отвращения (0,54), страха (0,55)

и радости (0,59). Между значениями частоты адекватного выбора и влиянием на выбор альтернативной экспрессии существует обратно пропорциональная зависимость. Больше всего ошибочных ответов получено при тестовой экспозиции спокойного лица, но альтернативное влияние этого состояния на выбор всех базовых эмоций наименьшее. Напротив, наименьшее число ошибочных ответов дано при тестовой экспозиции «радости», оказавшей на выбор других базовых эмоций сильное влияние. Экспрессия удивления одинаково часто выбирается наблюдателями (0,61) и влияет на восприятие других выражений лица (0,60).

Таблица 1. Частота адекватного выбора тест-объекта в зависимости от модальности альтернативной экспрессии

Альтернативная экспрессия	Тест-объект							
	Страх	Гнев	Отвращение	Радость	Спокойствие	Печаль	Удивление	μ
Страх		0,61	0,48	0,64	0,46	0,61	0,48	0,55
Гнев	0,77*		0,52	0,88***	0,67	0,52	0,58	0,66***
Отвращение	0,76	0,35		0,75*	0,32	0,48	0,58	0,54
Радость	0,50	0,67	0,61		0,45	0,62	0,68	0,59
Спокойствие	0,71	0,45	0,84**	0,87***		0,72	0,62	0,70***
Печаль	0,84**	0,52	0,61	0,89**	0,44		0,70	0,67***
Удивление	0,71	0,62	0,68	0,83**	0,32	0,47		0,60*
μ	0,71***	0,54	0,62**	0,81***	0,43	0,56	0,61*	0,61***

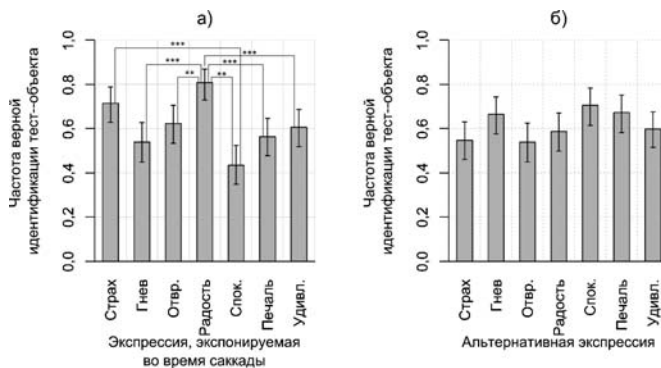


Рис. 2, а) частота адекватного выбора тест-объекта; б) зависимость частоты адекватного выбора тест-объекта от альтернативного варианта ответа. Вертикальными отрезками обозначен 95 %-й доверительный интервал

В таблице 2 представлены частоты адекватного выбора экспрессии в зависимости от ее модальности. На главной диагонали располагаются вероятности верного распознавания эмоций, столбцы показывают вероятность выбора основных и дополнительных экспрессий по каждой модальности (обобщенную структуру категориальных полей), строки – вероятность выбора той или иной эмоции в зависимости от модальности экспрессии лица, экспонируемого во время саккады. Эти данные позволяют на уровне тенденций оценить вероятность ошибочных ответов (дополнительных экспрессий) при различных комбинациях тест-объекта и альтернативной эмоции. Так, «радость» чаще всего выбирается при экспозиции «страха» (0,08). «Гнев» путается с «отвращением» (0,11), а также со «спокойствием» (0,09) и «печалью» (0,08) и т. д.



Таблица 2. Относительная частота выбираемой экспрессии в зависимости от модальности экспрессии лица, экспонируемого во время саккад

Выбираемая экспрессия	Экспонированная экспрессия						
	Страх	Гнев	Отвращение	Радость	Спокойствие	Печаль	Удивление
Страх	0,71***	0,06	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09
Гнев	0,04*	0,54	0,08	0,02***	0,06	0,08	0,07
Отвращение	0,04	0,11	0,62**	0,04*	0,12	0,09	0,07
Радость	0,08	0,06	0,07	0,81***	0,09	0,06	0,05
Спокойствие	0,05	0,09	0,03**	0,02***	0,43	0,05	0,06
Печаль	0,03**	0,08	0,06	0,02**	0,09	0,56	0,05
Удивление	0,05	0,06	0,05	0,03**	0,12	0,09	0,61*

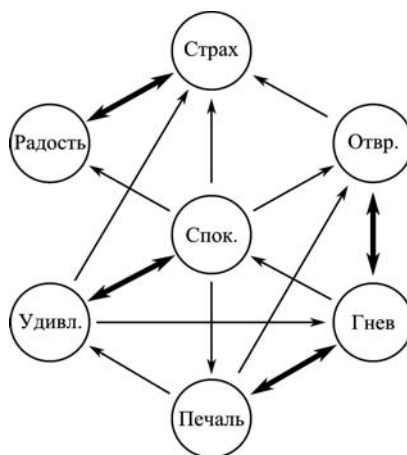


Рис. 3. Структура ошибочного восприятия базовых экспрессий во время саккад

Обобщенная структура ошибочных ответов при восприятии экспрессий во время саккад представлена на рис. 3. Стрелки обозначают эмоции, которые выбираются в ответ на экспонируемые; толстые стрелки указывают, что обе экспрессии могут смешиваться друг с другом. Совокупность ответов, вызываемых экспозицией определенной эмоции, характеризует категориальное поле соответствующей экспрессии. Для эмоции гнева это «отвращение» и «печаль», для эмоции удивления – «спокойствие», для «радости» – «страх». В центре конstellации находится состояние покоя. Можно заметить, что чем меньше возможностей выйти из вершины графа в направлении стрелок, тем точнее распознается экспрессия. Так, из вершины «радость» (частота опознаний – 0,81) только 1 выход – в направлении вершины «страх», из вершины «страх» (0,71) – только обратно в «радость», из вершин «удивление» и «печаль» имеется по 3 выхода (~0,60). Из вершины «спокойствие» существуют почти все возможные выходы, кроме одного: спокойное лицо практически не путается с «гневом».

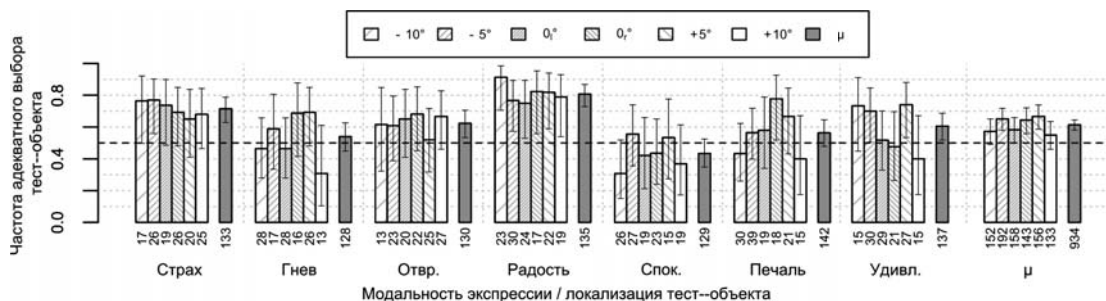


Рис. 4. Частота адекватного выбора тест-объекта в зависимости от его расположения в поле зрения и модальности экспрессии. Вертикальными отрезками обозначен 95%-й доверительный интервал. Горизонтальная пунктирная линия обозначает вероятность случайного выбора экспрессии. Числами под столбцами обозначены количества измерений

На рис. 4 приведены частоты адекватного выбора тест-объекта в зависимости от его расположения в поле зрения и направления выполняемой саккады. Столбцы сгруппированы по модальностям экспрессий, а в конце каждого блока приводится среднее значение (темно-серый столбец). Хотя профили распознавания экспрессий варьируют в зависимости от модальности, направления саккады и расположения тест-объекта, их статистические различия представлены слабо. Максимально точно ($>0,9$) распознается экспрессия радости в левой части поля зрения на расстоянии 10° от исходной точки фиксации. Хуже всего определяется спокойное лицо ($<0,3$), причем в этой же позиции. Обратим внимание, что плохо распознаваемые экспрессии гнева, удивления, а также спокойное состояние имеют тенденцию к лучшему опознанию в промежуточных позициях тест-объекта ($\pm 5^\circ$), тогда как частоты хорошо опознаваемых «радости», «страха» и «отвращения» более или менее равномерно распределены по всем эгоцентрическим позициям. «Печаль» достоверно опознается только в центре при саккаде направо. Блок μ отражает данные, усредненные по модальностям экспрессий. Различий в частотах идентификации экспрессии лица при его появлении во время саккады в левой части экрана ($-10^\circ - 0,57$; $-5^\circ - 0,65$), в центре при латеральном кресте слева ($0_l - 0,58$) или справа ($0_r - 0,64$) и правой части экрана ($+5^\circ - 0,67$, $+10^\circ - 0,55$) не обнаружено (Пирсона $\chi^2(5) \approx 7,62$; $p \approx 0,18$; $\omega \approx 0,36$; $\phi \approx 0,05$).

Воспринимаемая локализация тест-объекта. Оценка локализации, или зрительно-го направления лица во время саккады при всех расположениях тест-объекта в поле зрения отличается от действительной. При расположении лица в позиции -10° : медианное значение видимой локализации (Md) $\approx -8,9$, $p \approx 1,47 \times 10^{-15}$; при -5° : $Md \approx -7,9$, $p \approx 1,31 \times 10^{-13}$; при 0_l : $Md \approx -7,1$, $p \rightarrow 0$; при 0_r : $Md \approx 8,4$, $p \rightarrow 0$; при $+5^\circ$: $Md \approx 8,7$, $p \approx 4,1 \times 10^{-13}$; при $+10^\circ$: $Md \approx 9,0$, $p \approx 5,7 \times 10^{-10}$ (Вилкоксона W). Как следует из рис. 5, а, вопреки действительной позиции, лицо видится наблюдателями в сравнительно узкой области полуполей зрения ($1,8^\circ$ слева, $0,6^\circ$ справа), приближенной к конечной точке фиксации. Внутри этой области сохраняется линейная зависимость видимой и действительной локализаций тест-объекта. В таблице 3 приведены результаты попарного сравнения (медианные сдвиги) воспринятой локализации тест-объекта при его различных позициях (Манна–Уитни U). Для случая 0° возможны две ситуации: латеральный крест появляется как слева, так и справа. Согласно данным, при выполнении саккады налево лицо в позиции -5° воспринимается на $0,8^\circ$ ближе к центру, чем в позиции -10° ; в центральной позиции (0_l) – на $1,1^\circ$ ближе, чем в позиции -10° . Медианные сдвиги при сравнении экспериментальных ситуаций, в которых латеральный крест



появляется с разных сторон, имеют величины около 17° и значимые уровни статистической достоверности.

Таблица 3. Медианные сдвиги видимой локализации лица в зависимости от его действительного расположения ($^\circ$)

Действительное расположение лица ($^\circ$)	Действительное расположение лица ($^\circ$)				
	-10	-5	0 _л	0 _р	+5
-5	0,8**				
0 _л	1,1***	0,4			
0 _р	17,3***	15,9***	15,4***		
+5	17,6***	16,4***	16,1	0,3	
+10	17,9***	16,9***	16,5	0,6	0,3

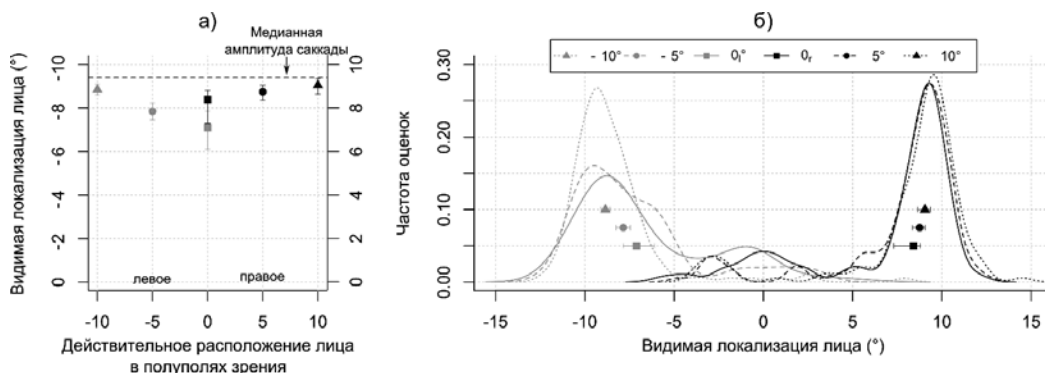


Рис. 5, а) медианные значения видимой локализации лица во время саккад в зависимости от его расположения в поле зрения; б) частотные распределения видимой локализации лица. Символами обозначены медианы частотных распределений; отрезками – 95%-е доверительные интервалы

Рис. 5,б иллюстрирует спектр полученных оценок локализации тест-объекта в виде гауссовых кривых плотности частотных распределений. Из распределений следует, что при появлении латерального креста справа тест-объект воспринимается практически в одном и том же положении; при его появлении слева имеют место достоверные вариации. Наряду с пиками кривых в области $|8| - |9|^\circ$ возможны локальные повышения частот видимой локализации тест-объекта в позициях $0^\circ, -3^\circ$ при его экспозиции справа.

Значимых различий между направлениями взора в точках завершения саккад при всех возможных комбинациях не обнаружено (табл. 4). Во всех случаях величины различий выходят за пределы разрешающей способности регистрирующей аппаратуры (медиана стандартных отклонений глаз по горизонтали во время калибровки = $0,7^\circ$) и не могут рассматриваться как достоверные, исключая ситуации с разными направлениями поворота глаз (вправо/влево). В табл. 5 приведены различия в однородности дисперсий по тесту Флигнера–Киллена (χ^2) для положения взора в конце саккад при различных позициях тест-объекта. Из нее следует, что распределение точек взора по окончании саккад при экспозиции тест-объекта справа на расстоянии 10° значительно отличается от всех остальных случаев, что иллюстрирует рис. 6.

Отчеты испытуемых. Нарушения стабильности видимого мира, которые выражаются в редком явлении мультипликации, были зафиксированы у трех испытуемых в совокупности 14 раз ($\approx 1,5\%$ проб). Эффект мультипликации может совпадать, а может не совпадать с направлением саккады. Иногда испытуемые сообщали, что тест-объект растянут в пространстве, виден нечетко, либо что среди предложенных для выбора двух экспрессий та, которую видел испытуемый, отсутствует. На основании устных отчетов удалось зафиксировать признаки феномена прайминга. В этих случаях испытуемый, не воспринимая отчетливо тест-объект, ощущает некую предрасположенность к определенной экспрессии.

Таблица 4. Медианные сдвиги направления взора после завершения саккад при различных расположениях тест-объекта ($^{\circ}$)

Расположение тест-объекта ($^{\circ}$)	Расположение тест-объекта ($^{\circ}$)				
	-10	-5	0 _l	0 _r	+5
-5	0,3				
0 _l	0,1	-0,2			
0 _r	19,2***	18,9***	19,1***		
+5	18,8***	18,5***	18,7	-0,3	
+10	19,2***	18,9***	19,0	-0,1	0,2

Таблица 5. Различия однородности дисперсий позиции взора в конце саккад при различных расположениях тест-объекта

Расположение тест-объекта ($^{\circ}$)	Расположение тест-объекта ($^{\circ}$)				
	-10	-5	0 _l	0 _r	+5
-5	0,59				
0 _l	0,15	1,59			
0 _r	0,03	0,50	0,14		
+5	0,82	3,42	0,26	0,84	
+10	7,39**	6,14*	10,74**	7,40**	13,10***

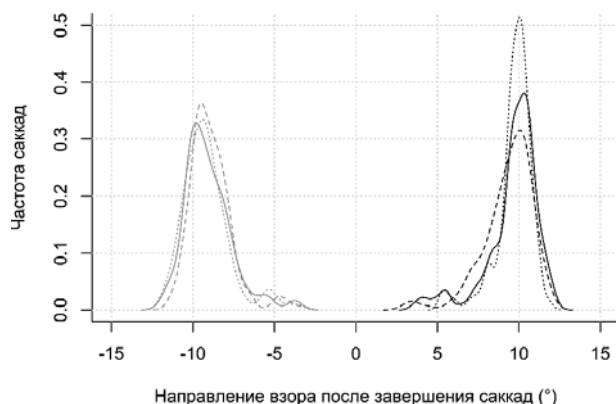


Рис. 6. Частотные распределения направления взора после завершения саккад при различных расположениях тест-объекта



Обсуждение результатов

Учитывая поисковый характер выполненного исследования, авторы максимально упростили экспериментальную процедуру, отказавшись от использования стимульных масок и дистракторов, и сконцентрировались на самой возможности восприятия выражения лица человека во время саккады. Были использованы стандартизированная база сильно выраженных эмоциональных экспрессий и сравнительно большие угловые размеры тестовых стимулов. Длительность экспозиции балансировала на грани пороговой и надежно контролировалась во времени и пространстве. Изображение лица экспонировалось только во время саккады, когда его проекция на сетчатке находилась за пределами fovea centralis (кроме позиции $\pm 5^\circ$).

Главный результат исследования состоит в том, что во время быстрых скачков глаз возможность адекватного восприятия наблюдателем выражений лица виртуального коммуниканта сохраняется. Частота верной идентификации экспрессий на средней скорости саккады около $225^\circ/\text{с}$ равна 0,61. Это значительно выше частоты обнаружения в сходных условиях точечных вспышек света или распознавания геометрических фигур (Latour, 1962; Volkman, 1962) и практически совпадает с оценками регулярных пространственных паттернов, составленных из математических символов (Митрани, 1973). По сравнению с результатами восприятия выражений лица в условиях свободного рассматривания, полученное значение ниже на 15–20%. Согласно литературным данным, средняя частота адекватных оценок базовых экспрессий для 13 социокультурных групп наблюдателей, включающих европейцев, японцев, жителей Северной и Южной Америки, а также представителей дописьменных культур Новой Гвинеи и Борео, равна 0,79 (Изард, 2000; Экман, Фризен, 2010). С введением ограничений (короткие экспозиции, изменение эгоцентрической ориентации лица или его элементов, использование шумовых масок и др.) точность распознавания этих же экспрессий снижается. Например, при трехсекундной экспозиции прямо расположенного лица она равна 0,92, а при его перевороте – 0,67; для слабых или смешанных эмоций значения еще ниже: 0,51 и 0,32 (Барабанщиков, Жегалло, Иванова, 2010). Хотя длительность одной зрительной фиксации (250–350 мс) нередко достаточна для определения модальности эмоции (Haggard, Isaacs, 1966), при коротких и сверхкоротких экспозициях ($t \leq 100$ мс) точность распознавания экспрессии падает до 0,15–0,24 (Барабанщиков, 2002; 2009). При экспозиции лица в ближней периферии (10°) точность опознания экспрессии в течение предшествующей фиксации незначительно превышает вероятность случайного угадывания (0,51), с учетом времени выполнения саккады доходит до 0,74, а при дополнительной короткой фиксации (30–46 мс) – до 0,91 (Барабанщиков, Жегалло, 2013а). По существу, средняя частота распознавания базовых экспрессий варьирует в широком диапазоне значений и в зависимости от условий исследования может быть как больше, так и меньше значений, полученных во время саккадических поворотов глаз.

Точность оценок выражений лица во время саккад определяется не столько гипотетическим механизмом «саккадического подавления», сколько модальностью эмоции. Лучшее всего распознаются эмоции радости (0,81) и страха (0,71), сравнительно плохо – «гнев» (0,54) и «печаль» (0,56); хуже всего – спокойное состояние (0,43). Сравнивая эти значения с результатами других оценок базовых экспрессий, нетрудно заключить, что единственной эмоцией, которая в разных ситуациях распознается наиболее точно и однозначно, является



«радость» (Барабанщиков, 2012; Куракова, 2013). В кросс-культурных исследованиях (Изард, 2000; Экман, 2010) средняя частота ее идентификации составляет 0,95. Плохо распознается «гнев» (0,67), особенно японцами (0,56), что сближает эти значения с результатами нашего эксперимента. Кросс-культурные оценки «страха» (0,74) практически совпадают с его оценками во время перемещений глаз. С сокращением экспозиции лица до 100 мс в силу ослабления конфигурационных связей эффективность распознавания всех базовых экспрессий существенно снижается (Барабанщиков, 2009).

При соотнесении наших данных с результатами более ранних исследований вызывают удивление крайне низкие значения точности идентификации спокойного лица, которое, строго говоря, экспрессией не является. В других экспериментальных ситуациях они, как правило, сопоставимы с частотой распознавания «радости» и очень стабильны. Анализ показывает, что источник неадекватного восприятия «спокойствия» кроется в процедуре оценки выражений лица. Выбор подходящей эмоции, который делает испытуемый, обусловлен как модальностью экспрессии, экспонированной во время саккады, так и модальностью альтернативной экспрессии, с которой сравнивается тест-объект. В зависимости от того, насколько совпадают или похожи мимические паттерны, выбор наблюдателя оказывается более простым или более сложным. На первый план выдвигается *аттрактивность* выражения лица – визуальная броскость, способность экспрессии выделяться среди других, как бы притягивая наблюдателя к себе. Когда та или иная экспрессия выступает в роли тест-объекта, аттрактивность содействует адекватному выбору. Когда же эта экспрессия экспонируется в качестве альтернативы – затрудняет выбор, оттягивая на себя часть ответов. Мы нашли, что наименьшее влияние на распознавание тест-объекта оказывают спокойное выражение лица, «печаль» и «гнев». Проявления радости, страха и отвращения, напротив, маскируют тестовые экспрессии. Чем лучше распознается базовая эмоция, тем эффективнее ее маскировка других эмоций. Спокойное состояние по своей природе двойственно. С одной стороны, оно лишено мимических признаков эмоций, с другой – содержит экспрессивные признаки потенциально (Барабанщиков, 2012; Барабанщиков, Хозе, 2013). Соответственно, в тех случаях, когда спокойное лицо используется в качестве альтернативы тест-объекту, оно играет роль точки отсчета, облегчающей выбор базовых экспрессий. В тех же случаях, когда само становится тест-объектом – обнаруживает сходство с большинством базовых экспрессий, затрудняя адекватный выбор.

Особый статус состояния покоя проявляется в структуре ошибочного восприятия базовых экспрессий (рис. 3). Оно занимает здесь центральное место. Отметим, что, как и в других экспериментальных ситуациях, ответы, не совпадающие с тестовой экспрессией, являются ошибками весьма условно (Барабанщиков, 2002). Внешне неадекватные выборы носят закономерный характер и отражают собственную многозначность мимики. Каждое выражение лица воспринимается как сходное с рядом эмоций, т. е. предполагает не одну перцептивную категорию, а их констелляцию, или поле. То, что мы называем «адекватным восприятием» и связываем с точностью распознавания (идентификацией) экспрессии, является лишь ядром категориального поля данного эмоционального состояния. Среди базовых эмоций оно выражено достаточно отчетливо (вероятность выбора находится в диапазоне 0,54 – 0,81). Согласно структуре ошибочных ответов, категориальные поля базовых экспрессий, экспонируемых во время быстрых движений глаз и в более привычных условиях (при фиксации и/или рассмотрении (Барабанщиков, 2012; Куракова, Жегалло, 2012) во многом совпадают. Например, устойчиво смешиваются «радость» и «страх», «гнев» и «от-



вращение», «печаль» и «гнев». Сохраняется и более общая закономерность: обратно пропорциональная зависимость точности распознавания эмоции от величины категориального поля (в структуре ошибочного восприятия она характеризуется количеством «выходов» из вершин графа).

Одним из ожидаемых результатов нашего эксперимента могла бы стать избирательная точность оценки экспрессий в различных участках поля зрения, зависящая от направленности либо внимания, либо центральной оптической оси глаза. В первом случае наиболее адекватными были бы оценки в позиции стимула, инициирующего саккаду ($\pm 10^\circ$), во втором – в позиции, при которой проекция лица на сетчатке оказывается ближе всего к fovea centralis ($\pm 5^\circ$). Однако этого не происходит. Медианные значения частоты правильных ответов, полученных при экспозиции экспрессий в разных участках правого и левого полуполей зрения, статистически неразличимы. Это означает, во-первых, что, как и в обычных условиях (при фиксации глаз), зона эффективного восприятия лица не ограничивается размерами fovea centralis ($\pm 1,3^\circ$) и распространяется на ближнюю периферию. Во время саккад расширенный функциональный центр коммуникативного зрительного поля (Барабанщиков, Жегалло, 2013а) сохраняется. Во-вторых, перцептогенез выражений лица может начинаться не только в период устойчивой фиксации, но и на пике скорости быстрых движений глаз (около $400^\circ/\text{с}$), причем, как в центре, так и на периферии поля зрения. Пространственно-временная динамика перцептивного процесса относительно независима от тактовой структуры (фиксация–саккада–фиксация) глазодвигательной активности. Не случайно сохранение экспозиции латерально расположенного тест-объекта (лица, выражающего базовые эмоции) при выполнении 10-градусной саккады не ухудшает (подавляет), а увеличивает частоту адекватного распознавания экспрессий (Барабанщиков, Жегалло, 2013а). В контексте полученных данных идея «саккадического подавления» как некоего механизма, регулирующего восприятие экологически и/или социально валидных объектов, выглядит сомнительной.

Среди вторичных результатов исследования целесообразно выделить слабое увеличение частоты правильных ответов при экспозиции плохо дифференцируемых экспрессий («гнева», «печали» и «спокойствия») в области $\pm 5^\circ$. Последнее обстоятельство наводит на мысль, что, снизив различимость тест-объектов, например, путем уменьшения яркости лица, введением маскером или еще большим сокращением времени экспозиции, возможно получить колоколообразную функцию с вершиной в позиции $\pm 5^\circ$. Даже слабая неоднородность восприятия экспрессий может быть поддержана результатами других наших исследований (Барабанщиков, 2002; Барабанщиков, Жегалло, 2013а). Необходимо также уточнить роль в порождении нового перцептивного акта центральной позиции глаз (0°), влияние которой проявилось в отдельных пробах. В частности, при выполнении саккады в правую часть поля зрения точность распознавания экспрессии печали в области исходной точки фиксации значимо возрастает. С чем связана подобная избирательность – предстоит выяснить специально. Наконец, стоит присмотреться к оценкам состояний лица в зависимости от направления саккад; асимметрия результатов в правом и левом полуполях зрения особенно ярко выступает на уровне индивидуальных различий.

Может показаться, что расхождение результатов оценки простых и сложных (экологически/социально значимых) стимулов, обнаруженное в нашем эксперименте, является методическим артефактом: проконтролировать заявленные параметры экспозиции цветного изображения лица на определенном участке саккады визуально невозможно. Тем не менее,



критерии достоверности полученных данных существуют и лежат как в технологической (Жердев, 2014), так и в психологической плоскости. В последнем случае имеются в виду эффекты трансформации зрительного пространства–времени, регулярно воспроизводимые во время быстрых движений глаз независимо от содержания тестовых объектов. Это – ложные локализации стимулов (Honda, 1991; Matin, Pearce, 1965) и их сжатие в направлении выполненной саккады (Burr, Ross, Binda, Morrone, 2010; Lappe, Awater, Krekelberg, 2000). Оба эффекта отчетливо проявились в условиях нашего эксперимента.

Согласно полученным данным, независимо от того, где во время саккады находится изображение лица, наблюдатели локализуют его в одних и тех же узких участках поля зрения ($0,6^\circ$ в правой части, $1,8^\circ$ – в левой), прилегающих к будущей точке фиксации. Медианная амплитуда саккад вправо – $9,5^\circ$, влево – $9,3^\circ$. Внутри каждого из участков объективный порядок расположения тест-объектов относительно ожидаемой цели сохраняется, но субъективное расстояние между ними сокращается в разы. Величина компрессионного эффекта соответствует значениям, описанным в других работах.

Выполненные исследования показывают, что компрессионный эффект начинает формироваться за 80–150 мс до осуществления саккады и достигает апогея с ее началом; во время саккады и после ее завершения (80–150 мс) величина эффекта снижается до нулевого уровня. Условием компрессии является присутствие визуальной системы отсчета, причем не до или во время саккады, а сразу после ее выполнения (Dort, Vex, 2013; Georg, Lappe, 2009; Honda, 1989; Pola, 2007). В отличие от упомянутых исследований, в нашем эксперименте эту роль играли экспозиции экспрессий выбора, расположенные над исходной точкой фиксации симметрично относительно вертикальной оси. С учетом выполненной саккады система отсчета была смещена в сторону исходной позиции и появлялась через ~100 мс после исчезновения тест-объекта. Это означает, что требования к визуальной системе отсчета как фактору трансформации воспринимаемого пространства во время саккад в рамках центральной зоны и ближней периферии зрительного поля не являются жесткими, а ее форма и содержание могут широко варьировать. На этом фоне особенно важным представляется тот факт, что при радикальном изменении видимой локализации лица его внутренняя структура (экспрессии) остается сохранной. Это позволяет предположить, что в основе эффектов ошибочной локализации стимулов лежит смена эгоцентрической позиции наблюдателя и соответствующее ей смещение зрительного поля в сторону объекта будущей фиксации. Ошибки локализации являются результатом рассогласования эгоцентрического и зрительного пространства наблюдателя, которое возникает с появлением нового объекта восприятия и постепенно снимается в ходе выполнения саккад.

Проведенный эксперимент затрагивает проблему стабильности видимого мира (константности зрительного направления) – относительной независимости пространственно-временного статуса воспринимаемого объекта от движений глаз, головы или локомоций наблюдателя (Барabanщиков, Белопольский, 2008). Согласно полученным данным, нарушения стабильности восприятия изображений лица во время саккад происходят очень редко и связаны с усталостью либо отвлечением внимания испытуемых. Несмотря на перемещение проекции лица по сетчатке в несколько градусов (эта величина превышает пороговые значения обнаружения движения на два порядка), видимое направление лица остается одним и тем же, причем тогда, когда его локализация оказывается ложной. Компрессия воспринимаемого пространства не влияет ни на внутреннюю структуру сложного объекта, ни на его стабильность.



В условиях нашего эксперимента стабильность соотносится не только со скачком глаз в целом, но и с отдельными участками траектории движения, независимо от того, где и когда они актуализируются: на подъеме, пике или снижении скорости; в начале, середине или в конце саккады. Так как эти участки обнаруживаются спонтанно, случайным образом, в течение сверхкороткого времени, описание парциальной стабильности восприятия значимого элемента среды в популярных терминах взаимодействия ретинального и экстраретинального сигналов (Hershberger, 1987; Stability and constancy in visual perception, 1977) или выделения оптических инвариантов из стимульного потока (Гибсон, 1988; Gibson, 1966; Warren, Hannon, 1990) весьма проблематично.

Наконец, определенный интерес вызывает обнаруженная нами зависимость амплитуды саккады (и, соответственно, направления взгляда после ее завершения) от локализации тест-объекта в правом полуполе зрения. В отличие от других позиций (0° , 5°), с появлением лица в точке 10° частота саккад, соответствующих расположению латерального стимула, значительно увеличивается. Экспозиция тест-объекта, совпадающая с расположением стимула, инициирующего саккаду, как бы подтягивает взор к заранее намеченной цели. Напротив, экспозиции тест-объекта в исходной точке фиксации и в промежуточной позиции как бы сдерживают смещение взгляда в сторону цели. Причины этого явления требуют дополнительных исследований. Возможно, что за ним скрывается влияние значимого объекта на амплитуду саккады, возможно – асимметрия зрительного либо окуломоторного полей наблюдателя или особенности использованной методики. Важно то, что организация и исполнение целенаправленной саккады подчиняется объективным отношениям среды, а не идет за трансформациями пространственно-временных отношений в зрительном поле, так же, как выражение лица распознается независимо от компрессионного эффекта и текущей направленности глаз. Взаимосвязи трех аспектов единого переходного перцептивного процесса (Барабанщиков, 1997), проявившиеся в нашем исследовании: предметно-содержательный, пространственно-временной и окуломоторный, – нуждаются в более глубоком систематическом анализе.

Резюмируя сказанное, необходимо подчеркнуть, что сложные экологически либо социально значимые объекты во время саккад воспринимаются наблюдателем иначе, чем отдельные вспышки света, линии или решетки. Вероятность распознавания выражений лица – одного из наиболее важных стимулов социального поведения – при выполнении быстрых движений глаз выше случайной и зависит от модальности эмоции. Точность опознания, его прерогативы, характер “ошибок”, а также структура коммуникативного зрительного поля соответствуют оценкам базовых экспрессий лица, выполненных в других условиях. Динамика зрительного процесса относительно независима от тактовой структуры (фиксация–саккада–фиксация) глазодвигательной активности. Перцептогенез выражений лица может начинаться и продолжаться не только в период устойчивой фиксации, но и на пике скорости быстрых движений глаз. Феномены трансформации воспринимаемого пространства во время саккад (ложная локализация стимулов, их сжатие и др.) сохраняются. В основе полученных результатов лежит переходный процесс, интегрирующий смежные акты зрительного восприятия и организации окуломоторной активности.

Выводы

1. Средняя вероятность успешного распознавания базовых экспрессий лица, экспонируемых наблюдателю во время саккадических движений глаз, выше случайной (0,61).



2. Частота адекватного распознавания экспрессий тесно связана с их модальностью и зависит от альтернативного варианта ответа. Наиболее точно опознаются выражения радости (0,81) и страха (0,71). Плохо дифференцируются «печаль» (0,56), «гнев» (0,54) и спокойное состояние (0,43). Чем выше вероятность распознавания конкретной экспрессии, тем сильнее ее влияние на оценку других экспрессий.

3. Различий в частоте распознавания выражений лица, расположенного в центральной зоне (0°) и в ближней периферии ($\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$) зрительного поля, не обнаружено.

4. Восприятие экспрессий лица во время быстрых движений глаз сопровождается эффектами сжатия зрительного пространства. Воспринимаемая локализация стимула смещена к точке завершения саккады независимо от его действительного расположения.

5. Стабильность восприятия неподвижного объекта сохраняется на локальных участках саккады независимо от того, где и когда эти участки актуализируются.

6. Совокупность полученных данных указывает на непрерывность зрительного процесса, возможность его продолжения либо начала во время саккадических движений глаз.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 14-18-03350 “Когнитивные механизмы невербальной коммуникации”.

Литература

- Барабанщиков В. А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Институт психологии РАН, 1997. 384 с.
- Барабанщиков В. А. Восприятие и событие. СПб.: Алетейя, 2002. 512 с.
- Барабанщиков В. А. Восприятие выражений лица. М.: Институт психологии РАН, 2009. 448 с.
- Барабанщиков В. А. Экспрессии лица и их восприятие. М.: Институт психологии РАН, 2012. 341 с.
- Барабанщиков В. А., Белопольский В. И. Стабильность видимого мира. М.: Когито-центр, 2008. 300 с.
- Барабанщиков В. А., Жегалло А. В. Распознавание экспрессий лица в ближней периферии зрительного поля // Экспериментальная психология. 2013а. Т. 6. № 2. С. 58–83.
- Барабанщиков В. А., Жегалло А. В. Регистрация и анализ направленности взгляда человека. М.: Институт психологии РАН, 2013б. 316 с.
- Барабанщиков В. А., Жегалло А. В., Иванова Л. А. Распознавание экспрессий перевернутого изображения лица // Экспериментальная психология. 2010. Т. 3. № 3. С. 66–83.
- Барабанщиков В. А., Хозе Е. Г. Восприятие экспрессий спокойного лица // Мир психологии. 2013. № 1. С. 203–222.
- Гибсон Г. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988. 380 с.
- Жердев И. Ю. Использование платформы Adobe Flash в тахистоскопических исследованиях зрительного восприятия: аппаратно-программный комплекс // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2014. № 6. (В печати).
- Жердев И. Ю., Барабанщиков В. А. Аппаратно-программный комплекс для исследований зрительного восприятия сложных изображений во время саккадических движений глаз человека // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 1. С. 123–137.
- Изард К. Психология эмоций. СПб.: Питер, 2000.
- Куракова О. А. Создание новой базы фотоизображений естественных переходов между базовыми эмоциональными экспрессиями лица // Лицо человека как средство общения: междисциплинарный подход / Отв. ред. В. А. Барабанщиков, А. А. Демидов, Д. А. Дивеев. М.: Когито-центр, 2012. С. 287–310.
- Куракова О. А. Эффект категориальности восприятия: основные подходы и психофизические модели // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 1. С. 61–75.
- Куракова О. А., Жегалло А. В. Эффект категориальности восприятия экспрессий лица: многообразие проявлений // Экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 2. С. 22–38.



- Митрани Л. Саккадические движения глаз и зрение. София: БАН, 1973. 168 с.
- Экман П. Психология лжи. Обмани меня, если сможешь. СПб.: Питер, 2010. 304 с.
- Экман П., Фризен У. Узнай лжеца по выражению лица. СПб.: Питер, 2010. 272 с.
- Ярбус А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965. 167 с.
- Вотрас А., Sumner P. Temporal dynamics of saccadic distraction // *Journ. Vis.* 2009. V. 9. № 9. P. 1–14. doi: 10.1167/9.9.17.
- Brooks B. A., Fuchs A. F. Influence of stimulus parameters on visual sensitivity during saccadic eye movement // *Vision Res.* 1975. V. 15. № 12. P. 1389–1398. doi: 10.1016/0042-6989(75)90196-0.
- Burr D. C. et al. Saccades compress space, time and number // *Trends in Cognitive Sciences.* 2010. V. 14. № 12. P. 528–533. doi: 10.1016/j.tics.2010.09.005.
- Campbell F. W., Wurtz R. H. Saccadic omission: Why we do not see a grey-out during a saccadic eye movement // *Vision Res.* 1978. V. 18. P. 1297–1303.
- Cavanagh P. et al. Visual stability based on remapping of attention pointers // *Trends Cogn. Sci.* 2010. V. 14. № 4. P. 147–153. doi: 10.1016/j.tics.2010.01.007.
- Dodge R. Visual perception during eye movement // *Psychol. Rev.* 1900. V. 7. № 5. P. 454–465. doi: 10.1037/h0067215.
- Dorr M., Bex P. J. Peri-saccadic natural vision // *Journ. Neurosci.* 2013. V. 33. № 3. P. 1211–1217. doi: 10.1523/jneurosci.4344-12.2013.
- Georg K., Lappe M. Effects of saccadic adaptation on visual localization before and during saccades // *Exp. Brain Res.* 2009. V. 192. № 1. P. 9–23. doi: 10.1007/s00221-008-1546-y.
- Gibson J. J. The senses considered as perceptual systems. Boston: Houghton Mifflin, 1966.
- Haggard E. A., Isaacs K. S. Micro-momentary facial expressions as indicators of ego mechanisms in psychotherapy // *Methods of Research in Psychotherapy* / Ed. by L. A. Gottschalk, A. H. Auerbach. N.Y.: Appleton-Century-Crofts, 1966. P. 154–165.
- Hershberger W. Saccadic eye movements and the perception of visual direction // *Percept. Psychophys.* 1987. V. 41. P. 35–44.
- Honda H. Perceptual localization of visual stimuli flashed during saccades // *Percept. Psychophys.* 1989. V. 46. P. 162–174.
- Honda H. The time course of visual mislocalization and of extraretinal eye position signals at the time of vertical saccades // *Vision Res.* 1991. V. 31. P. 1915–1921.
- Komogortsev O. V. et al. Standartization of automated analyses of oculomotor fixation and saccadic behaviors // *IEEE Trans. Biomed. Engineering.* 2010. V. 57. № 11. P. 2635–2645.
- Krauskopf J., Graf V., Gaarder K. Lack of inhibition during involuntary saccades // *Am. Journ. Psychol.* 1966. V. 79. P. 73–81.
- Lappe M., Awater H., Krekelberg B. Postsaccadic visual references generate presaccadic compression of space // *Nature.* 2000. V. 403. № 6772. P. 892–895. doi: 10.1038/35002588.
- Latour P. L. Visual threshold during eye movements // *Vision Res.* 1962. V. 2. P. 261–262. doi: 10.10162F0042-698928622990031-7.
- Mateeff S. Saccadic eye movements and localization of visual stimuli // *Percept. Psychophys.* 1978. V. 24. P. 215–224.
- Matin L., Pearce D. G. Visual perception of direction for stimuli flashed during voluntary saccadic eye movements // *Science.* 1965. V. 148. P. 1485–1488.
- Pola J. A model of the mechanism for the perceived location of a single flash and two successive flashes presented around the time of a saccade // *Vision Res.* 2007. V. 47. № 21. P. 2798–2813. doi: 10.1016/j.visres.2007.07.005.
- Ross J. et al. Changes in visual perception at the time of saccades // *Trends Neurosci.* 2001. V. 24. № 2. P. 113–121. doi: 10.1016/S0166-2236(00)01685-4.
- Schlag J., Schlag-Rey M. Illusory localization of stimuli flashed in the dark before saccades // *Vision Res.*



1995. V. 35. P. 2347–2357.

Stability and constancy in visual perception: Mechanisms and processes / Ed. by W. Epstein. N.Y.: Wiley, 1977.
Uttal W. R., Smidt P. Recognition of alphabetic characters during voluntary eye movements // *Percept. Psychophys.* 1968. V. 3. № 4A. P. 257–264.

Volkman F. Vision during voluntary saccadic eye movements // *Journ. Opt. Soc. Am.* 1962. V. 52. № 5. P. 571–578.

Volkman F., Schick A., Riggs L. Time course of visual inhibition during voluntary saccades // *Journ. Opt. Soc. Am.* 1968. V. 58. № 4. P. 562–569. doi: 10.1364/josa.58.000562.

Warren W. H., Hannon D. J. Eye movements and optical flow // *Journ. Opt. Soc. Am.* 1990. № 7. P. 160–169.

Woodworth R. S. Vision and localization during eye movements // *Psychol. Bull.* 1906. V. 3. P. 68–70.

Zuber B. L., Stark L. Saccadic suppression. Elevation of visual threshold associated with saccadic eye movements // *Exp. Neurol.* 1966. V. 16. P. 65–79.

PERCEPTION OF COMPLEX SOCIALLY SIGNIFICANT OBJECTS DURING OBSERVER'S RAPID EYE MOVEMENTS

BARABANSCHIKOV V. A.,* *Institute of Psychology, RAS; Centre of Experimental Psychology, MSUPE, e-mail: vladimir.barabanschikov@gmail.com*

ZHERDEV I. Yu.,** *Institute of Psychology, RAS; Centre of Experimental Psychology, MSUPE, e-mail: ivan866@mail.ru*

The study is aimed at searching for vision process patterns, running in temporal microintervals while performing saccadic eye movements. Participants were presented with a colour picture of a face during saccades, which depicted different emotional states. The task was to recognize an emotional state and determine its localization in the visual field. Mean probability of successful expression recognition is shown to be above chance (0.61), related to its modality and to alternative response's. The highest level of recognition is for happiness (0.81) and fear (0.71), the lowest – for neutral face expression (0.43). No accuracy difference for central zone (0°) and proximal periphery is observed. Perception of expressions during saccades is accompanied by visible space compression effects. Perceived face localization is shifted towards saccade endpoint regardless of face's real position. The total evidence indicates for vision process continuity, its course prolongation and starting during rapid eye movements possibility.

Keywords: perception of facial expression; emotional expressions; oculomotor activity; saccade; fixation; saccadic suppression; vision process continuity; impaired stimulus localization; compression effect; visual direction constancy; transitive perception process.

Funding

The study is supported by Russian Scientific Foundation, project 14-18-03350 “Cognitive Mechanisms of Non-Verbal Communication”.

For citation:

Barabanschikov V. A., Zherdev I. Yu. Perception of complex socially significant objects during observer's rapid eye movements. *Eksperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, 2014, vol. 7, no. 2, pp. 5–25 (In Russ., abstr. in Engl.).

*Barabanschikov V. A. Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. in Psychology, Professor, Head of the Laboratory, Institute of Psychology, RAS, Director of the Center of Experimental Psychology, MSUPE, Moscow, Russia, e-mail: vladimir.barabanschikov@gmail.com

**Zherdev I. Yu. Post-Graduate Student, Institute of Psychology, RAS; Centre of Experimental Psychology, MSUPE, e-mail: ivan866@mail.ru



References

- Barabanshikov V.A. Okulomotornye struktury vospriyatiya [Oculomotor Structures of Perception]. Moscow, Institute of Psychology, RAS, 1997. 384 p. (In Russian).
- Barabanshikov V.A. Vospriyatie i sobytie [Perception & Event]. St. Petersburg, Aleteyya Publ., 2002. 512 p. (In Russian).
- Barabanshikov V.A. Vospriyatie vyrazheniy litsa [Perception of Facial Expressions]. Moscow, Institute of Psychology, RAS, 2009. 448 p. (In Russian).
- Barabanshikov V.A. Ekspressii litsa i ikh vospriyatie [Facial Expression and Its Perception]. Moscow, Institute of Psychology, RAS, 2012. 341 p. (In Russian).
- Barabanshikov V.A., Belopolskiy V.I. Stabilnost vidimogo mira [Constancy of Visual Environment]. Moscow, Cogito-centre Publ., 2008. 300 p. (In Russian).
- Barabanshikov V.A., Khoze E.G. Vospriyatie ekspressiy spokojnogo litsa [Perception of neutral facial expression]. Mir psikhologii [Psychology World], 2013, no. 1, pp. 203–222 (In Russian).
- Barabanshikov V.A., Zhegallo A.V. Raspoznavanie ekspressiy litsa v blizhney periferii zritel'nogo polya [Recognition of facial expressions in the proximal periphery of the visual world]. Eksperimentalnaya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)], 2013a, vol. 6, no. 2, pp. 58–83 (In Russian; abstract in English).
- Barabanshikov V.A., Zhegallo A.V. Registratsiya i analiz napravlenosti vzora cheloveka [Human Gaze Direction Registration and Analysis]. Moscow: Institute of Psychology, RAS, 2013b. 316 p. (In Russian).
- Barabanshikov V.A., Zhegallo A.V., Ivanova L.A. Raspoznavanie ekspressiy perevernutogo izobrazheniya litsa [Recognition of expression of inverted face image]. Eksperimentalnaya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)], 2010, vol. 3, no. 3, pp. 66–83 (In Russian; abstract in English).
- Bompas A., Sumner P. Temporal dynamics of saccadic distraction. *J. Vis.*, 2009, vol. 9, no. 9, pp. 1–14. doi: 10.1167/9.9.17.
- Brooks B.A., Fuchs A.F. Influence of stimulus parameters on visual sensitivity during saccadic eye movement. *Vision Res.*, 1975, vol. 15, no. 12, pp. 1389–1398. doi: 10.1016/0042-6989(75)90196-0.
- Burr D. C. et al. Saccades compress space, time and number. *Trends in Cognitive Sciences*, 2010, vol. 14, no. 12, pp. 528–533. doi: 10.1016/j.tics.2010.09.005.
- Campbell F.W., Wurtz R.H. Saccadic omission: Why we do not see a grey-out during a saccadic eye movement. *Vision Res.*, 1978, vol. 18, pp. 1297–1303.
- Cavanagh P. et al. Visual stability based on remapping of attention pointers. *Trends Cogn. Sci.*, 2010, vol. 14, no. 4, pp. 147–153. doi: 10.1016/j.tics.2010.01.007.
- Dodge R. Visual perception during eye movement. *Psychol. Rev.*, 1900, vol. 7, no. 5, pp. 454–465. doi: 10.1037/h0067215.
- Dorr M., Bex P.J. Peri-saccadic natural vision. *J. Neurosci.*, 2013, vol. 33, no. 3, pp. 1211–1217. doi: 10.1523/jneurosci.4344-12.2013.
- Ekman P. *Telling Lies: Clues to deceit in the marketplace, politics, and marriage*. N.Y., Norton, 1985. (Russ. ed.: Ekman P. *Psikhologiya lzhi. Obmani menya, esli smozhesh*. St. Petersburg: Piter Publ., 2010. 304 p.).
- Ekman P., Friesen W.V. *Unmasking the Face: A guide to recognizing emotions from facial expressions*. Los Altos, CA, Malor Books, 2003. (Russ. ed.: Ekman P., Frizen U. *Uznay lzhetsa po vyrazheniyu litsa*. St. Petersburg: Piter Publ., 2010. 272 p.).
- Georg K., Lappe M. Effects of saccadic adaptation on visual localization before and during saccades. *Exp. Brain Res.*, 2009, vol. 192, no. 1, pp. 9–23. doi: 10.1007/s00221-008-1546-y.
- Gibson J.J. *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston, Houghton Mifflin, 1979 (Russ. ed.: Gibson J. *Ekologicheskiy podkhod k zritel'nomu vospriyatiyu*. Moscow: Progress Publ., 1988. 380 p.).
- Gibson J.J. The senses considered as perceptual systems. Boston: Houghton Mifflin, 1966.
- Haggard E.A., Isaacs K.S. Micro-momentary facial expressions as indicators of ego mechanisms in psychotherapy. In L. A. Gottschalk, A. H. Auerbach (eds.). *Methods of Research in Psychotherapy*, N. Y.: Appleton–



- Century–Crofts, 1966, pp. 154–165.
- Hershberger W.* Saccadic eye movements and the perception of visual direction. *Percept. Psychophys.*, 1987, vol. 41, pp. 35–44.
- Honda H.* Perceptual localization of visual stimuli flashed during saccades. *Percept. Psychophys.*, 1989, vol. 46, pp. 162–174.
- Honda H.* The time course of visual mislocalization and of extraretinal eye position signals at the time of vertical saccades. *Vision Res.*, 1991, vol. 31, pp. 1915–1921.
- Izard C.E.* *The Psychology of Emotions*. N.Y., Plenum Press, 1991. (Russ. ed.: Izard K. *Psikhologiya emotsiy*. St. Petersburg: Piter Publ., 2000).
- Komogortsev O.V. et al.* Standartization of automated analyses of oculomotor fixation and saccadic behaviors. *IEEE Trans. Biomed. Engineering*, 2010, vol. 57, no. 11, pp. 2635–2645.
- Krauskopf J., Graf V., Gaarder K.* Lack of inhibition during involuntary saccades. *Am. J. Psychol.*, 1966, vol. 79, pp. 73–81.
- Kurakova O.A.* Effekt kategorialnosti vospriyatiya: osnovnye podkhody i psikhofizicheskie modeli [The effect of categorality of perception: the main approaches and psychophysical models]. *Ekspierimentalnaya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2013, vol. 6, no. 1, pp. 61–75 (In Russian; abstract in English).
- Kurakova O.A.* Sozdanie novoy bazy fotoizobrazheniy estestvennykh perekhodov mezhdru bazovymi emotsionalnymi ekspressiyami litsa [Developing a new photo database of natural transitions for basic emotional facial expressions]. In V. A. Barabanshikov, A. A. Demidov, D. A. Diveev (eds.), *Litso cheloveka kak sredstvo obshcheniya: mezhdistsiplinarnyy podkhod [Human Face as a Communication Medium: Interdisciplinary approach]*. Moscow, Cogito-centre Publ., 2012, pp. 287–310 (In Russian).
- Kurakova O.A., Zhegallo A.V.* Effekt kategorialnosti vospriyatiya ekspressiy litsa: mnogoobrazie proyavleniy [The effect of categorical perception of facial expressions: The diversity of manifestations]. *Ekspierimentalnaya psikhologiya [Experimental Psychology (Russia)]*, 2012, vol. 5, no. 2, pp. 22–38 (In Russian; abstract in English).
- Lappe M., Awater H., Krekelberg B.* Postsaccadic visual references generate presaccadic compression of space. *Nature*, 2000, vol. 403, no. 6772, pp. 892–895. doi: 10.1038/35002588.
- Latour P.L.* Visual threshold during eye movements. *Vision Res.*, 1962, vol. 2, pp. 261–262. doi: 10.1016/F0042-698928622990031-7.
- Mateeff S.* Saccadic eye movements and localization of visual stimuli. *Percept. Psychophys.*, 1978, vol. 24, pp. 215–224.
- Matin L., Pearce D.G.* Visual perception of direction for stimuli flashed during voluntary saccadic eye movements. *Science*, 1965, vol. 148, pp. 1485–1488.
- Mitrani L. *Sakkadicheskie dvizheniya glaz i zrenie [Saccadic Movements of the Eyes & Vision]*. Sofia: BAS, 1973. 168 p. (In Russian).
- Pola J.* A model of the mechanism for the perceived location of a single flash and two successive flashes presented around the time of a saccade. *Vision Res.*, 2007, vol. 47, no. 21, pp. 2798–2813. doi: 10.1016/j.visres.2007.07.005.
- Ross J. et al.* Changes in visual perception at the time of saccades. *Trends Neurosci.*, 2001, vol. 24, no. 2, pp. 113–121. doi: 10.1016/S0166-2236(00)01685-4.
- Schlag J., Schlag-Rey M.* Illusory localization of stimuli flashed in the dark before saccades. *Vision Res.*, 1995, vol. 35, pp. 2347–2357.
- Stability and constancy in visual perception: Mechanisms and processes. W. Epstein (ed.). N.Y.: Wiley, 1977.
- Uttal W.R., Smidt P. Recognition of alphabetic characters during voluntary eye movements. *Percept. Psychophys.*, 1968, vol. 3, no. 4A, pp. 257–264.
- Volkman F.* Vision during voluntary saccadic eye movements. *J. Opt. Soc. Am.*, 1962, vol. 52, no. 5, pp. 571–578.



Volkman F., Schick A., Riggs L. Time course of visual inhibition during voluntary saccades. *J. Opt. Soc. Am.*, 1968, vol. 58, no. 4, pp. 562–569. doi: 10.1364/josa.58.000562.

Warren W.H., Hammon D.J. Eye movements and optical flow. *J. Opt. Soc. Am.*, 1990, no. 7, pp. 160–169.

Woodworth R.S. Vision and localization during eye movements. *Psychol. Bull.*, 1906, vol. 3, pp. 68–70.

Yarbus A.L. Rol dvizheniy glaz v protsesse zreniya [Role of Eye Movements for the Process of Vision]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 167 p. (In Russian).

Zherdev I. Yu. Ispolzovanie platformy Adobe Flash v takhistoskopicheskikh issledovaniyakh zritel'nogo vospriyatiya: apparatno-programmnyy kompleks [Application of Adobe Flash platform in visual perception tachistoscopic studies: Hardware–software system]. *Neyrokomyutery: razrabotka, primeneniye* [Neurocomputers: development, appliance], 2014, no. 6 (In press; In Russian).

Zherdev I. Yu., Barabanshikov V.A. Apparatno-programmnyy kompleks dlya issledovaniy zritel'nogo vospriyatiya slozhnykh izobrazheniy vo vremya sakkadicheskikh dvizheniy glaz cheloveka [Hardware–software system for study of complex images' visual perception during saccadic eye movements in man]. *Eksperimental'naya psikhologiya* [Experimental Psychology (Russia)], 2014, vol. 7, no. 1, pp. 123–137 (In Russian; abstract in English).

Zuber B.L., Stark L. Saccadic suppression. Elevation of visual threshold associated with saccadic eye movements. *Exp. Neurol.*, 1966, vol. 16, pp. 65–79.