



## РАСПОЗНАВАНИЕ ЭКСПРЕССИЙ ЛИЦА В БЛИЖНЕЙ ПЕРИФЕРИИ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОЛЯ<sup>1</sup>

**БАРАБАНЩИКОВ В.А.**, *Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва*

**ЖЕГАЛЛО А.В.**, *Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ, Москва*

Изучалась организация коммуникативного зрительного пространства в микроинтервалах времени. Наблюдателю на 200 мс демонстрировались фотоизображения базовых экспрессий мужского лица, предъявляемые эксцентрично ( $0^\circ$ – $10^\circ$ ) в левой, правой, верхней и нижней частях поля зрения. Оценивалась эффективность опознания модальности экспрессий при разных условиях экспозиции; регистрировалась окуломоторная активность наблюдателей. Показано, что зона эффективного восприятия экспрессий лица выходит за пределы центральной области зрительного поля, охватывая значительную часть ближней периферии. Её внутренняя структура неоднородна, а величина зависит не только от эгоцентрической локализации экспрессий, но и от их модальности. Микродинамика коммуникативного зрительного пространства обусловлена видом окуломоторной активности наблюдателей. Показатели зоны эффективного восприятия экспрессий лица отражаются в характеристиках целенаправленных саккад.

**Ключевые слова:** коммуникативное зрительное пространство, распознавание экспрессий лица, окуломоторная активность, латентный период саккад, центр и периферия поля зрения, локализация зрительных фиксаций, зона эффективного восприятия экспрессий лица.

В экспериментальных исследованиях восприятия эмоционального состояния человека сторонним наблюдателем лицо принято располагать в центре экрана, на который смотрит испытуемый. Считается, что в этих условиях экспрессии распознаются наиболее точно и быстро. Подобные заключения строятся на личном опыте исследователя, подкрепленном представлениями о неоднородности зрительного поля, в частности, фактах резкого падения остроты зрения наблюдателя за пределами центральной ямки сетчатки (Kandell, Schwartz, Jessell, 2000) и искажениях восприятия пространственных отношений эксцентрично локализованных элементов среды (Миракян, 1992; Palmer, 2002). Более глубокий анализ показывает, однако, что по отношению к сложно организованным объектам, к которым относится и лицо, названные аргументы «срабатывают» не всегда (Барабанщиков, 2002).

При экспозиции наблюдателю сложных элементов среды зрительное поле условно может быть разделено на пять зон: **центральную** ( $\pm 2.5^\circ$  градуса от центральной оптической оси глаз) – её отличает максимально высокий уровень обнаружения, опознания, идентификации и классификации комплексных объектов; **ближнюю периферию** ( $\pm 2.5^\circ$ – $15^\circ$ ) – сравнительно высокое обнаружение, опознание, идентификация и классификация тест-объектов, а также возможность антиципации их изменений; **среднюю периферию** ( $\pm 15^\circ$ – $25^\circ$ ), характеризующуюся ограниченной способностью опознания и идентификации кратковременных событий и трудностями категоризации; **дальнюю периферию** ( $\pm 25^\circ$ – $35^\circ$ ) – хорошее обнаружение, но плохая идентификация, опознание и классификация тест-объектов; **экстремальную периферию** (свыше  $\pm 35^\circ$ ), связанную со способностью только к обнаружению. Указанные зоны не имеют строгих границ и в совокупности характеризуют функ-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РОСНАУКИ ГК № 16.740.11.0549 «Закономерности организации зрительного внимания в процессах межличностного восприятия».



циональную структуру зрительного поля наблюдателя (Edwards, Goolkasian, 1974). В соответствии с этой моделью продуктивность верного опознания цифр, тахистоскопически экспонируемых в центральной зоне и в зоне ближней периферии, практически совпадает (различия не превышают 3.5–4.5%), но значительно выше, чем в зоне средней периферии (до 37.3 % ошибок) (Барабанщиков, 2002).

Являясь уникальным стимулом социального поведения, лицо обладает мощным коммуникативным ресурсом. Благодаря этому обстоятельству экспрессии лица, экспонируемые на фоне гауссова шума, распознаются быстрее и адекватнее, чем простые и сложные геометрические фигуры, слова, обозначающие эмоции, и даже маски (Хрисанфова, 2004). Восприятие же пространственных отношений лица может сохраняться инвариантным, несмотря на радикальные оптические искажения, происходящие на сетчатках (Компанейский, 1940). Все это позволяет предположить, что в процессе общения зрительное поле коммуникантов имеет собственную структуру и динамику, а эмоциональные выражения лица эффективно распознаются и категоризируются в широкой области зрительного пространства, в том числе и в случаях, когда целенаправленный поворот глаз не выполняется. Проверке этой гипотезы посвящена данная работа. Ее главная цель: изучение организации коммуникативного зрительного пространства в микроинтервалах времени – «в данный момент», в пределах двух фиксаций. Идея эксперимента состояла в том, чтобы дать возможность наблюдателю экспрессии лица в центре и ближней периферии установить зону эффективного восприятия эмоций – область зрительного коммуникативного пространства, в которой точность распознавания модальности эмоций на периферии и в центре зрительного поля статистически не различается. Согласно требованиям экологического подхода (Гибсон, 1988; Барабанщиков, 2002) мы постарались не ограничиваться оценками экспрессий при устойчивой фиксации центра и учесть возможность перевода взора наблюдателя на тестовый объект. Это вызвало необходимость более внимательного анализа целенаправленных поворотов глаз.

### Методика

В качестве стимульного материала использовались фотоизображения базовых экспрессий мужского лица (натурщик JJ) из набора POFA (Экман, 2010) – радости, гнева, страха, удивления, горя, отвращения, а также выражения спокойного лица. Угловые размеры изображений составляли 4.6°x6.6°. Фотографии предъявлялись на 19" ЭЛТ-мониторе ViewSonic 90Gf, расположенном на расстоянии 58 см от глаз испытуемого прямо перед ним. Размеры экрана: 37x27 см, разрешение – 1280x1024 пикселей.

Эксперимент состоял из пяти серий. Первая – тренировочная, включала семь фотоизображений, предъявляемых по четыре раза каждое в центре экрана (всего 28 предъявлений). Во второй серии изображения предъявлялись эксцентрически, со смещением 2.5° влево, вправо, вверх и вниз (изображение каждой экспрессии экспонировалось четыре раза с разными направлениями смещения, всего 28 предъявлений). Третья, четвертая и пятая серии были построены аналогично второй, но величина эксцентриситета составляла 5°, 7.5°, 10° соответственно. Продолжительность экспозиции лица – 200 мс. Перед экспозицией тестового изображения испытуемый в течение 1 с фиксировал черный кружок (диаметр – 0.8°) в центре экрана. Одновременно с исчезновением лица на 1 с демонстрировалась шумовая маска, а затем – экран выбора, на котором по кругу располагались все фотоизображения, используемые в эксперименте. От испытуемого требовалось «щелкнуть мышкой»



по фотоизображению, которое только что было показано (рис. 1). Регистрация движений глаз выполнялась с помощью айтрекера SMI HiSpeed монокулярно, частота 500 Гц. В эксперименте участвовали 36 человек с нормальным или скорректированным до нормального зрением – студенты московских вузов и сотрудники Центра экспериментальной психологии МГППУ.

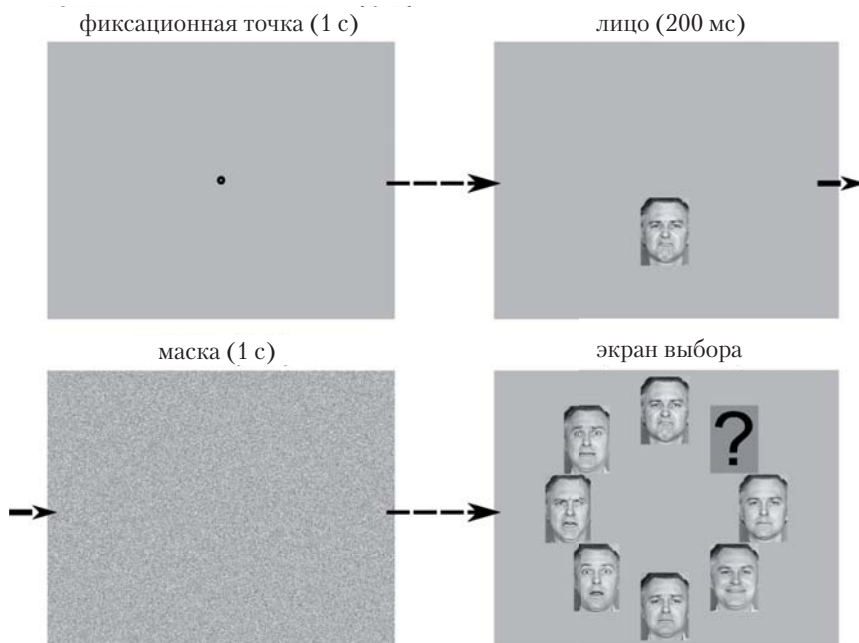


Рис. 1. Последовательность экспозиций

Требование фиксации кружка в центре экрана обеспечивало стабильность начального положения взгляда наблюдателя в момент экспозиции изображения лица. Предварительный анализ показал, что во время экспозиции лица возможны две формы окулomotorной активности: 1) направление взгляда остается неизменным, т. е. наблюдатель смотрит в центр экрана на протяжении всей экспозиции; 2) первоначально наблюдатель смотрит в центр экрана, а затем его взор перемещается в направлении эксцентрично расположенного фотоизображения.

Для выделения фиксаций и саккад первичные данные о направлении взгляда обрабатывались алгоритмом детекции фиксаций I-DT (Dispersion Threshold Identification). Параметры детекции: пороговая дисперсия – 20 пикселей, минимальная продолжительность фиксации – 30 мс. Согласно данному алгоритму, фиксациями считаются участки первичных данных продолжительностью не меньше заданной, для которых отклонение направления взгляда от среднего значения не превышает пороговой дисперсии. Исходная реализация алгоритма I-DT была выполнена в виде программы для Matlab (Komogortsev et al., 2010). Поскольку для анализа данных использовалась среда статистической обработки R (R development core team, 2012), исходный код алгоритма I-DT был переписан А. В. Жегалло на языке С и оформлен в виде пакета-расширения для R. Для данного алгоритма детекции характерно некоторое увеличение продолжительности фиксаций за счет времени следующих за ними саккад (начальные участки саккад относятся к фиксациям). Эта особен-



ность алгоритма проявляется тем сильнее, чем выше значение пороговой дисперсии, при котором выполняется детекция. Отметим, что пороговая дисперсия в 20 пикселей ( $0.5^\circ$ ) является компромиссным значением, при котором, с одной стороны, завышение продолжительности фиксации составляет не более 1–2 сэмплов (2–4 мс), с другой – последовательные короткие фиксации с незначительно отличающимися позициями выделяются относительно редко.

В ходе предварительной обработки данных из исходной выборки в 5040 экспериментальных проб были исключены случаи с нестабильной записью и большим количеством артефактных участков, связанных с морганием наблюдателя или смещением положения головы (8 ситуаций). Были исключены также ситуации, в которых первоначальное направление взора наблюдателя более чем на  $2^\circ$  отклонялось от центра экрана или стабильная запись движений глаз начиналась более чем через 20 мс после начала экспозиции фотоизображения лица (275 ситуаций).

Отобранные пробы классифицировались по трем видам окуломоторной активности: «фиксация», «фиксация–саккада» и «фиксация–саккада–фиксация». Всего для дальнейшего анализа было выбрано: 1687 ситуаций типа «фиксация–саккада», 1637 ситуаций типа «фиксация–саккада–фиксация», 1256 ситуаций типа «фиксация». Из анализа было исключено 177 проб, которые не удалось отнести ни к одной из указанных групп. Всего для дальнейшего анализа окуломоторной активности использовалось 4580 проб (92 % выборки).

Дальнейшая обработка результатов включала:

анализ различий в распределениях ответов (точности распознавания экспрессий) для всех условий экспозиции;

анализ различий в наличии/отсутствии саккад для всех условий экспозиции (критерий  $\chi^2$ );

анализ различий в распределениях латентности саккад для разных условий экспозиции (критерий Манна–Уитни, оценка межвыборочного сдвига по Ходжесу–Леману).

## Результаты эксперимента

### Точность распознавания экспрессий различно локализованного лица

Средние значения точности ответов по сериям представлены на рис. 2. Значимые различия между первыми тремя сериями (эксцентриситет лица в зрительном поле  $0^\circ$ – $5^\circ$ ; критерий  $\chi^2$ ) отсутствуют.

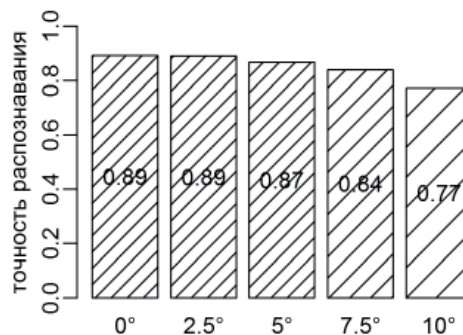


Рис. 2. Точность распознавания экспрессий в зависимости от эксцентриситета лица в зрительном поле



Точность распознавания экспрессий в четвертой серии (эксцентриситет  $7.5^\circ$ ) значимо ниже, чем в первой и второй ( $p \leq 0.001$ ). Значимые различия в ответах между третьей и четвертой сериями отсутствуют. Точность распознавания экспрессий в пятой серии (эксцентриситет  $10^\circ$ ) значимо ниже, чем во всех предыдущих сериях ( $p \leq 0.0002$ ). Таким образом, наиболее эффективное распознавание экспрессий лица не ограничивается центральной областью зрительного поля и частично распространяется на ближнюю периферию. С ростом эксцентриситета адекватность оценок снижается, но не так резко, как падает острота зрения (согласно литературным данным, острота зрения при смещении объекта на  $10^\circ$  от центра фовеа снижается почти в 10 раз!); значимое снижение точности распознавания происходит при эксцентриситете  $7.5^\circ - 10^\circ$ .

Сопоставление оценок экспрессий разных модальностей (рис. 3) показывает, что лучше всего опознаются «удивление» (0.90), «гнев» (0.88) и «отвращение» (0.90); различия в точности опознавания статистически незначимы. Несколько хуже (критерий  $\chi^2$ ;  $p \leq 0.05$ ) опознаются фотоизображения спокойного лица (0.84) и «радости» (0.85); различия между ними статистически незначимы. Наименее адекватно распознаются «горе» (0.79) и «страх» (0.80); различия между ними статистически незначимы; отличие от первой группы значимо ( $p < 10^{-4}$ ); отличия от второй группы – на уровне тенденций.

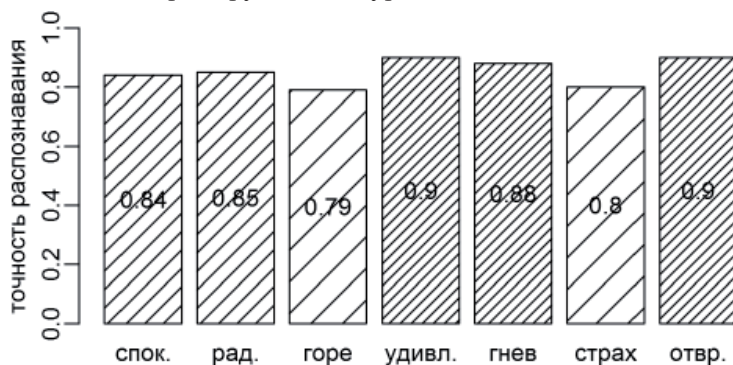


Рис. 3. Точность распознавания экспрессий в зависимости от их модальности

Анализ «ошибочных» ответов позволяет выделить два основных комплекса экспрессий, смешиваемых наблюдателями. Первый комплекс – «спокойное выражение–горе–отвращение». Спокойное выражение лица опознается как горе (0.083), горе – как отвращение (0.1) и спокойное лицо (0.046), отвращение – как горе (0.033). Второй комплекс «удивление–гнев–страх». Удивление опознается как гнев (0.038) и страх (0.04), гнев – как страх (0.044), страх – как удивление (0.053) и гнев (0.088). Экспрессия радости не входит ни в один из этих комплексов, но наиболее часто воспринимается как «страх» (0.096).

Зависимость распознавания экспрессий от их модальности и эксцентриситета изображения лица в зрительном коммуникативном пространстве представлена на рис. 4.

Точность опознавания изображения *спокойного лица* составляет 0.8–0.88, значимые различия между сериями (критерий  $\chi^2$ ) отсутствуют. Точность опознавания экспрессии *радости* составляет 0.78–0.92. Максимальная точность достигается в четвертой серии (величина эксцентриситета  $7.5^\circ$ ). Различия между четвертой серией и первой, второй и пятой сериями являются значимыми ( $p \leq 0.05$ ). Различия между третьей серией (точность опознавания 0.88) и четвертой – незначимы. Точность опознавания экспрессии *горя* составляет 0.83–0.73. Максимальная точность соответствует первой серии, минимальная – пятой. Статистически значимы



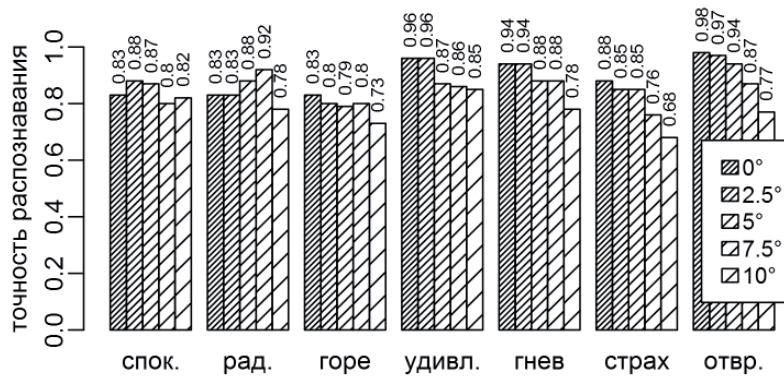


Рис. 4. Точность распознавания экспрессий каждой из модальностей и величины эксцентриситета

только различия между первой и пятой сериями ( $p=0.046$ ). Точность опознавания экспрессии *удивления* составляет 0.96–0.85. Максимальная точность достигается в первой и второй сериях, минимальная – в пятой. Статистически значимыми являются различия между первой и второй сериями, с одной стороны, и третьей, четвертой, пятой сериями – с другой ( $p \leq 0.01$ ). Точность опознавания экспрессии *гнева* составляет 0.94–0.78. Максимальная точность достигается в первой серии, минимальная – в пятой. Статистически значимы только различия между пятой серией и остальными ( $p \leq 0.043$ ). Точность опознавания экспрессии *страха* составляет 0.88–0.68. Максимальная точность достигается в первой и второй сериях, минимальная – в пятой. Статистически значимы различия между первой серией и четвертой и пятой сериями ( $p \leq 0.015$ ); между второй и пятой ( $p=0.001$ ); между третьей и пятой ( $p=8 \times 10^{-4}$ ). Точность опознавания экспрессии *отвращения* составляет 0.98–0.77. Максимальная точность достигается в первой и второй сериях, минимальная – в пятой. Статистически значимыми являются различия между первой и второй сериями, с одной стороны, и четвертой и пятой – с другой ( $p < 0.006$ ); между третьей серией, с одной стороны, и четвертой и пятой – с другой ( $p < 0.05$ ).

По существу, область наиболее эффективного опознавания экспрессий обусловлена соотношением величины эксцентриситета лица и модальности эмоций. Спокойное выражение лица одинаково точно оценивается как в центральной части поля зрения, так и при смещении лица на  $10^\circ$ . Экспрессия радости наиболее адекватно воспринимается не в центре, а в  $7.5^\circ$  ближней периферии (весьма неожиданный результат!). «Горе» эффективно опознается в области  $7.5^\circ$ , что в три раза превышает величину центральной зоны зрительного поля. Вместе с тем, для большинства базовых экспрессий (удивление, гнев, страх, отвращение) с ростом эксцентриситета адекватность оценок снижается, хотя и неравномерно. Например, при экспозиции «удивления» эффективность распознавания падает, начиная с  $5^\circ$ , «отвращения» – с  $7.5^\circ$ .

Анализ ответов испытуемых в зависимости от эгоцентрического направления смещения лица в зрительном поле (рис. 5) показывает, что точность ответов при локализации лица в левой (0.89) и правой (0.91) частях зрительного поля значимо не отличается от точности оценок экспрессий, расположенных в центральной зоне (0.89). Точность оценок экспрессий, экспонируемых в верхней (0.83) либо нижней (0.75) частях зрительного поля, значимо ниже, чем точность оценок в центре (критерий  $\chi^2$ ,  $p < 0.001$ ). Следовательно, основные трудности эксцентрического восприятия экспрессий связаны с вертикальным смещением лица.

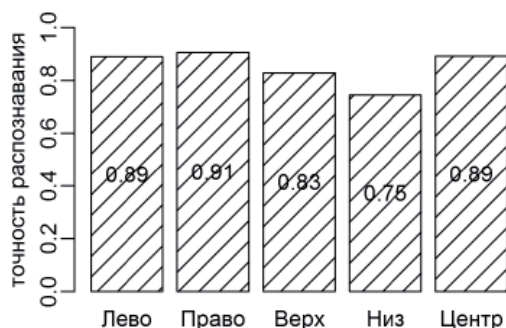


Рис. 5. Точность распознавания экспрессий в зависимости от эгоцентрического направления экспозиции лица

Зависимость точности распознавания экспрессий от эгоцентрического направления и величины эксцентриситета лица показана на рис. 6. При эксцентриситете  $2.5^\circ$  точность ответов в левой (0.91) и правой (0.93) частях зрительного поля максимальна, а значимые различия отсутствуют. В верхней и нижней половинах зрительного поля точность распознавания уменьшается ( $0.85-0.87$ ,  $p \leq 0.02$ ).

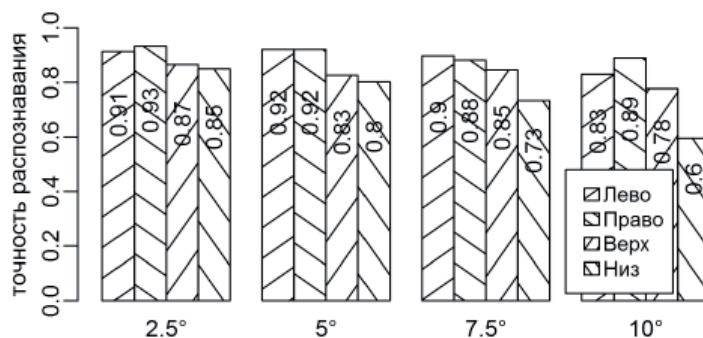


Рис. 6. Точность распознавания экспрессий для разных эгоцентрических направлений и величины эксцентриситета лица

При эксцентриситете  $5^\circ$  максимальная точность распознавания зарегистрирована во время экспозиции лица слева и справа (0.92). При его расположении вверху и внизу точность оценок снижается ( $0.8-0.83$ ;  $p \leq 0.002$ ). При эксцентриситете  $7.5^\circ$  точность распознавания экспрессий, расположенных слева, справа и вверху, значимо не различается ( $0.85-0.9$ ), а при расположении внизу падает до  $0.73$ ;  $p \leq 0.003$ . При эксцентриситете  $10^\circ$  максимальная точность достигается в случаях, когда лицо предьявляется справа (0.89). При его смещении влево точность распознавания значимо не меняется (0.83), а при смещении вверх – снижается ( $0.78$ ;  $p = 0.001$ ). Эффективность ответов при расположении лица внизу существенно хуже, чем при его расположении сверху ( $0.6$ ;  $p = 2 \times 10^{-5}$ ).

Результаты распознавания экспрессий разной модальности, направления эгоцентрического смещения лица и величины эксцентриситета представлены на рис. 7. Каждой комбинации независимых переменных соответствует 36 проб (для эксцентриситета  $2.5^\circ-10^\circ$ ) либо 144 пробы (для эксцентриситета  $0^\circ$ ). При таком объеме выборки мощности статистического критерия ( $\chi^2$ ;  $p \leq 0.05$ ), как правило, недостаточно для выделения статистически значимых различий в точности распознавания экспрессий между двумя ненулевыми значениями эксцентриситета.



Для лиц, экспонируемых в левом зрительном поле, точность распознавания большинства экспрессий остается неизменно высокой. Исключение составляют экспрессии «удивления» и «страха», которые в центре распознаются лучше (0.96–0.88), чем при эксцентриситете  $10^\circ$  (0.83–0.69).

Для лиц, экспонируемых в правом зрительном поле, точность распознавания остается неизменной для «горя», «гнева» и спокойного лица. Точность распознавания экспрессии «радости» возрастает при эксцентриситете  $7.5^\circ$  (0.97) по сравнению с расположением лица в центре зрительного поля (0.83). Для «удивления» и «страха» точность распознавания центрального изображения (0.96; 0.88) выше, чем при эксцентриситете  $7.5^\circ$  (0.83; 0.72). Для «отвращения» точность распознавания несмещенного изображения (0.98) выше, чем при эксцентриситете  $10^\circ$  (0.89).

Для лиц, экспонируемых в верхней части зрительного поля, точность распознавания остается неизменной для экспрессии «радости» и спокойного лица. Точность распознавания «горя», «удивления» и «страха» в центральной части (0.83; 0.96; 0.88) выше, чем при эксцентриситете  $10^\circ$  (0.67; 0.83; 0.72). Точность распознавания экспрессий «гнева» и «отвращения» для центрального изображения (0.94; 0.98) выше, чем при эксцентриситете  $5^\circ$ – $10^\circ$  (0.75–0.78; 0.83–0.89).

При экспозиции лица в нижней части поля зрения точность распознавания остается неизменной для экспрессий радости и удивления. Для спокойного лица, расположенного в центре (0.83) и с эксцентриситетом  $2.5^\circ$ – $5^\circ$  (0.86; 0.89), точность распознавания выше, чем при эксцентриситете  $10^\circ$  (0.56). Точность опознания экспрессии горя центрально расположенного лица (0.88) выше, чем при эксцентриситете  $2.5^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  (0.67; 0.64; 0.61). Для гнева точность распознавания в центре (0.94) и ближней периферии с эксцентриситетом  $2.5^\circ$ – $5^\circ$  (0.94; 0.89) выше, чем для эксцентриситета  $10^\circ$  (0.61). Для экспрессии страха и отвращения точность распознавания центрально расположенного лица (0.88; 0.98) и с эксцентриситетом  $2.5^\circ$  (0.81; 0.97) выше, чем для лица с эксцентриситетом  $7.5^\circ$ – $10^\circ$  (0.58–0.47; 0.67–0.42).

Согласно экспериментальным данным, величина зоны эффективного восприятия выражений лица широко варьирует и зависит не только от локализации экспрессий в зрительном поле, но и от их модальности.

### **Точность распознавания экспрессий и виды окуломоторной активности**

Анализ ответов наблюдателей в зависимости от характера окуломоторной активности (рис. 8) показывает, что точность распознавания экспрессии максимальна (0.94–0.91) при повороте глаз и кратковременной фиксации лица. Медианная продолжительность конечной фиксации составляет 38 мс, межквартильный размах 30–46 мс. Продолжительность конечной фиксации при различном эксцентриситете статистически не различается (критерий Манна–Уитни;  $p > 0.01$ ). Точность распознавания экспрессий при выполнении саккады, завершающейся в момент исчезновения лица, значимо ниже (0.85–0.74). Отсутствие целенаправленной саккады при величине эксцентриситета  $7.5^\circ$ – $10^\circ$  приводит к дальнейшему снижению точности распознавания.

Следует отметить, что даже при  $10^\circ$  эксцентриситете в отсутствие саккады наблюдатели дают 51 % верных ответов, что значительно превышает вероятность случайного угадывания. Всего при  $10^\circ$  эксцентриситете зарегистрированы 82 экспериментальные пробы (из 890), в которых отсутствовали саккады. По существу, быстрый (100–170 мс) перевод взора в сторону предмета восприятия способен нивелировать ( $2.5^\circ$ – $7.5^\circ$ ) либо частично компенсировать ( $10^\circ$ ) влияние эксцентриситета. При отсутствии фиксационных поворотов глаз зависимость точности распознавания экспрессий от величины эксцентриситета лица близка к линейной.



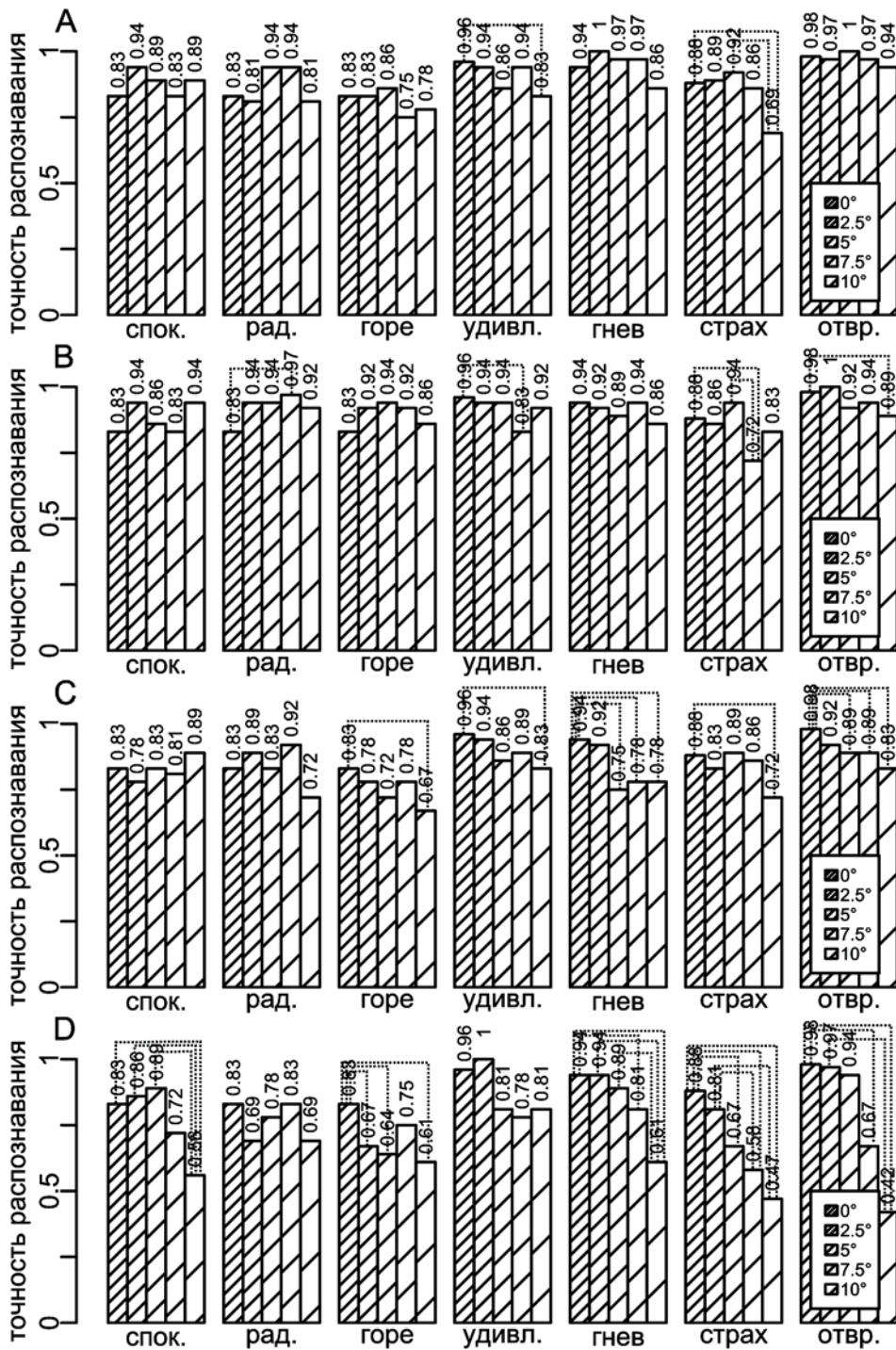


Рис. 7. Точность распознавания экспрессий каждой из модальностей и величины эксцентриситета лица для разных эгоцентрических направлений смещения. А – влево, В – вправо, С – вверх, D – вниз. Пунктиром отмечены статистически значимые различия в точности распознавания ( $\chi^2; p \leq 0.05$ )

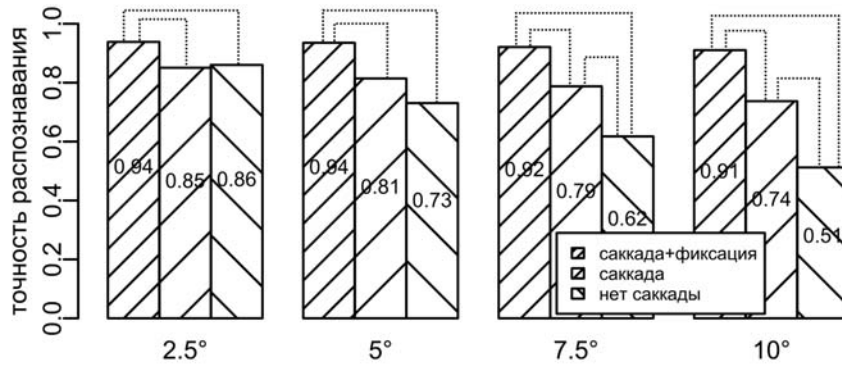


Рис. 8. Точность распознавания экспрессий в зависимости от эксцентриситета лица и вида оculoмоторной активности наблюдателя. Пунктиром отмечены статистически значимые различия в точности распознавания ( $\chi^2$ ;  $p < 0.01$ )

В случае саккады и последующей фиксации лица точность распознавания остается неизменно высокой (0.91–0.94) на всем диапазоне величин эксцентриситета от 2.5° до 10°. Если саккада завершается в момент исчезновения изображения, относительно высокая точность при эксцентриситете 2.5°–5° (0.85–0.81) снижается с увеличением эксцентриситета до 7.5°–10° (0.79–0.74). При отсутствии саккады высокая точность распознавания для эксцентриситета 2.5° (0.85) падает до 0.73 при 5° и до 0.62–0.51 при 7.5°–10° (рис. 9).

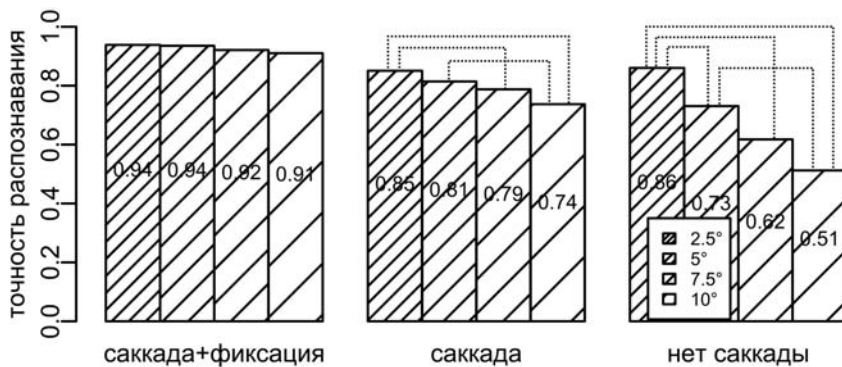


Рис. 9. Точность распознавания экспрессий для разных видов оculoмоторной активности наблюдателя в зависимости от эксцентриситета лица. Пунктиром отмечены статистически значимые различия в точности распознавания ( $\chi^2$ ;  $p < 0.01$ )

При смещении изображений лица влево, вправо и вверх максимальная точность распознавания (0.93–0.94) достигается тогда, когда выполняется саккада и последующая фиксация фотоизображения. Точность распознавания экспрессий при выполнении саккады без последующей фиксации и при отсутствии саккады значимо не различается (0.89–0.79) (рис. 10). При смещении лица вниз максимальная точность (0.9) также предполагает наличие саккады и последующей фиксации; саккада, не завершающаяся фиксацией, приводит к значимому снижению точности (0.73); в случае отсутствия саккады точность распознавания минимальна (0.63).

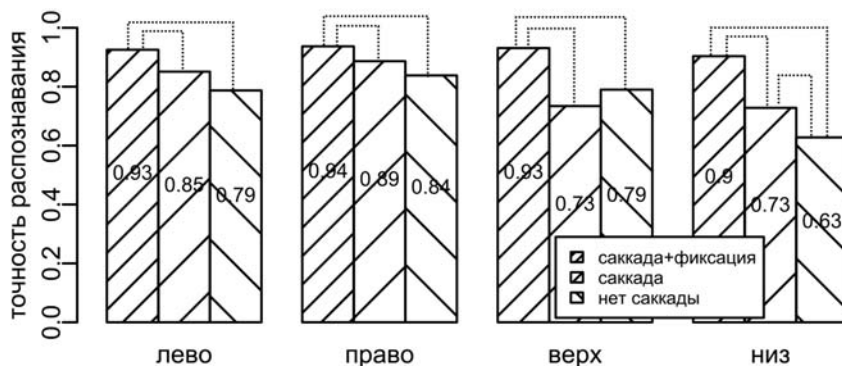


Рис. 10. Точность распознавания экспрессий в зависимости от направления эгоцентрического смещения и вида окуломоторной активности наблюдателя. Пунктиром отмечены статистически значимые различия в точности распознавания ( $\chi^2; p < 0.01$ ).

Анализ точности распознавания для разных видов окуломоторной активности в зависимости от направления эгоцентрического смещения (рис. 11) показывает, что в случае саккады и последующей фиксации лица точность распознавания экспрессий для разных направлений эгоцентрического смещения значимо не различается (0.9–0.94). Если саккада завершается исчезновением фотоизображения, точность распознавания слева и справа (0.85–0.89) значимо выше, чем вверху или внизу (0.73). В отсутствие целенаправленной саккады точность распознавания экспрессий, расположенных слева, справа и сверху (0.79–0.84), значимо не различается, но при локализации внизу значимо ниже (0.63).

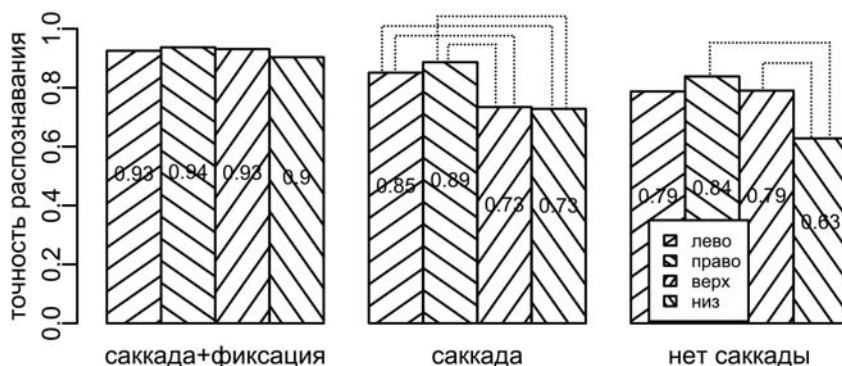


Рис. 11. Точность распознавания экспрессий для разных видов окуломоторной активности наблюдателя в зависимости от направления эгоцентрического смещения. Пунктиром отмечены статистически значимые различия в точности распознавания ( $\chi^2; p < 0.01$ ).

Таким образом, при экспозиции лица в ближней периферии поля зрения точность распознавания экспрессий непосредственно зависит от вида окуломоторной активности наблюдателя. Для всех условий экспозиции эффективность восприятия экспрессий максимальна при выполнении целенаправленного поворота глаз и кратковременной (около 40 мс) фиксации эксцентрично расположенного лица, минимальна – при сохранении направленности взора в исходном положении (в центре поля зрения). Выполнение целенаправленного поворота глаз, не завершаемого фиксацией лица, повышает точность распознавания экспрессий.



### Соотношение видов окуломоторной активности

При изменении условий восприятия экспрессий лица характер окуломоторной активности наблюдателя меняется.

Соотношение видов окуломоторной активности в зависимости от величины эксцентриситета представлено на рис. 12. При разной величине эксцентриситета распределения значимо различаются ( $\chi^2(6)=119.4; p<0.001$ ). При эксцентриситете  $2.5^\circ$  вероятность отсутствия саккад в отдельной пробе составляет 0.2. С увеличением эксцентриситета это значение снижается до 0.08–0.09. При эксцентриситете  $5^\circ$ – $7.5^\circ$  возрастает вероятность саккад, завершающихся фиксацией лица (с 0.38 до 0.50–0.51), а при  $10^\circ$  – вероятность собственно саккад (с 0.40–0.42 до 0.51).

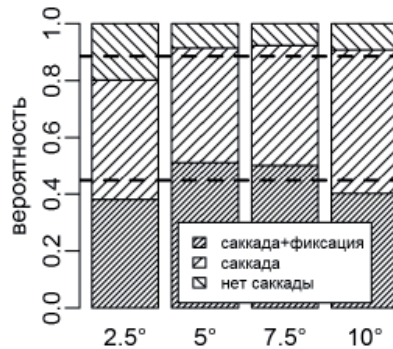


Рис. 12. Соотношение видов окуломоторной активности наблюдателя в зависимости от величины эксцентриситета. Пунктиром показано теоретическое среднее распределение

Значимо различается ( $\chi^2(6)=198.6; p=4 \times 10^{-40}$ ) соотношение видов окуломоторной активности при разных направлениях эгоцентрического смещения (рис. 13). По сравнению со средними значениями (саккада, завершающаяся фиксацией, – 0.45; саккада, завершающаяся исчезновением изображения, – 0.44, отсутствие саккады – 0.11) при эгоцентрическом смещении влево и вправо возрастает вероятность выполнения саккады, завершающейся фиксацией (0.52–0.53), и снижается вероятность отсутствия саккады (0.05–0.08). При эгоцентрическом смещении вниз, напротив, возрастает вероятность отсутствия саккады (0.20) и саккады, завершающейся исчезновением изображения (0.52), и снижается вероятность саккады, завершающейся фиксацией (0.28).

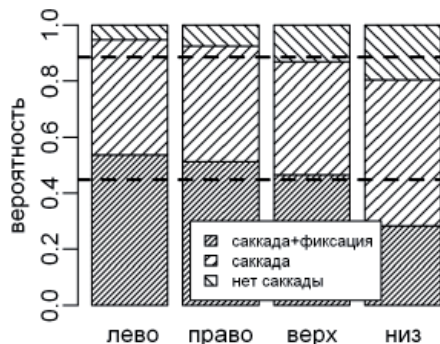


Рис. 13. Соотношение видов окуломоторной активности наблюдателя в зависимости от направления эгоцентрического смещения. Пунктиром показано теоретическое среднее распределение



Соотношение видов окуломоторной активности в зависимости от модальности экспрессий представлено на рис. 14. При эксцентриситете  $2.5^{\circ}$ – $7.5^{\circ}$  значимые различия не выявлены. При эксцентриситете  $10^{\circ}$  для спокойного лица и «радости» вероятность появления саккад, завершающихся фиксацией фотоизображения (0.52–0.54), выше, чем для других экспрессий (0.33–0.39) ( $\chi^2(12)=32.17; p=0.0013$ ).

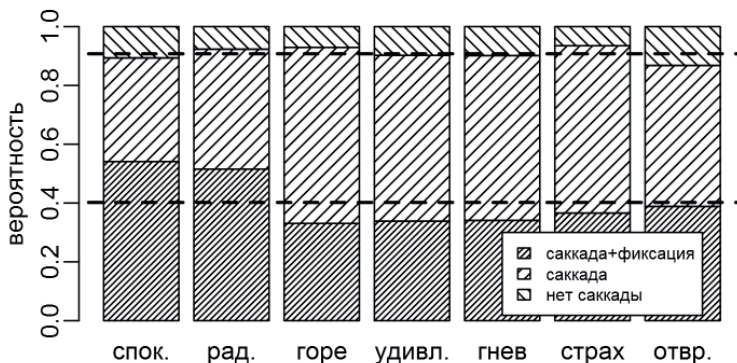


Рис. 14. Соотношение видов окуломоторной активности в зависимости от модальности экспрессии при эксцентриситете  $10^{\circ}$ . Пунктиром показано теоретическое среднее распределение

Чувствительность видов окуломоторной активности к условиям восприятия экспрессий лица подводит к необходимости анализа самих саккадических движений глаз: вероятности их появления, латентного периода и локализации новой позиции.

#### Вероятность целенаправленных саккад

Вероятность возникновения целенаправленной саккады в сторону расположения лица связана с величиной его эксцентриситета (рис. 15). Для изображений, экспонируемых в центральной части зрительного поля, макросаккады практически отсутствуют. Для эксцентриситета в  $2.5^{\circ}$  средняя вероятность появления саккад составляет 0.8, для большей величины эксцентриситета – 0.91–0.92.

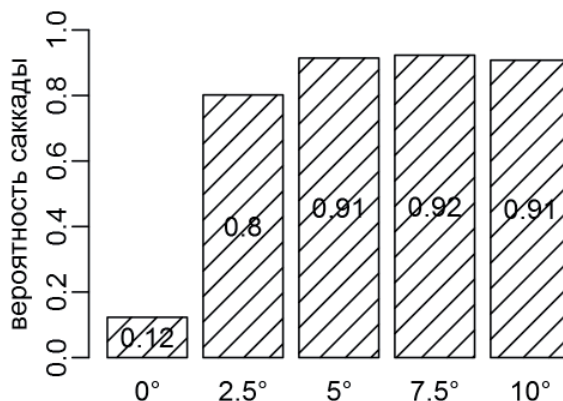


Рис. 15. Вероятность выполнения саккады в зависимости от величины эксцентриситета лица

Другим фактором, влияющим на выполнение саккады, является направление эгоцентрического смещения лица (рис. 16).



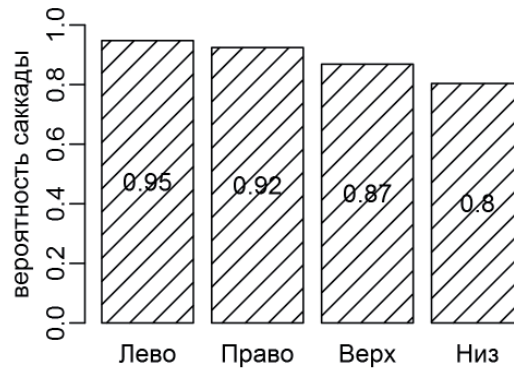


Рис. 16. Вероятность выполнения саккады в зависимости от направления смещения лица

При локализации лица слева и справа вероятность саккады наивысшая: 0.95–0.92 ( $p=0.055$ ). Для изображений, смещенных вверх, она снижается – 0.87; (критерий  $\chi^2$ ;  $p \leq 2 \times 10^{-4}$ ), а для смещенных вниз – опускается до 0.8, что значимо ниже, чем в остальных условиях ( $p \leq 3 \times 10^{-4}$ ).

Анализ зависимости вероятности саккады от эгоцентрического направления и величины эксцентриситета лица (рис. 17) показывает, что при эксцентриситете в  $2.5^\circ$  наиболее часто (0.93) саккады выполняются в левую половину зрительного поля; реже (0.88;  $p=0.05$ ) – в правую. При смещении лица вверх и вниз вероятность появления саккад минимальна (0.72–0.67;  $p \leq 7 \times 10^{-5}$ ). При эксцентриситете  $5^\circ$  вероятность саккад влево, вправо и вверх значимо не различается (0.96–0.93), а для расположения лица снизу – снижается (0.83;  $p \leq 0.004$ ). Примерно та же картина имеет место при эксцентриситете  $7.5^\circ$  (вероятность выполнения саккад 0.95–0.94 при смещениях влево, вправо, вверх; 0.85 – при смещении вниз;  $p \leq 0.003$ ) и  $10^\circ$  (вероятность выполнения – 0.95–0.94 при смещениях влево, вправо, вверх; 0.81 – при смещении вниз;  $p \leq 4 \times 10^{-5}$ ).

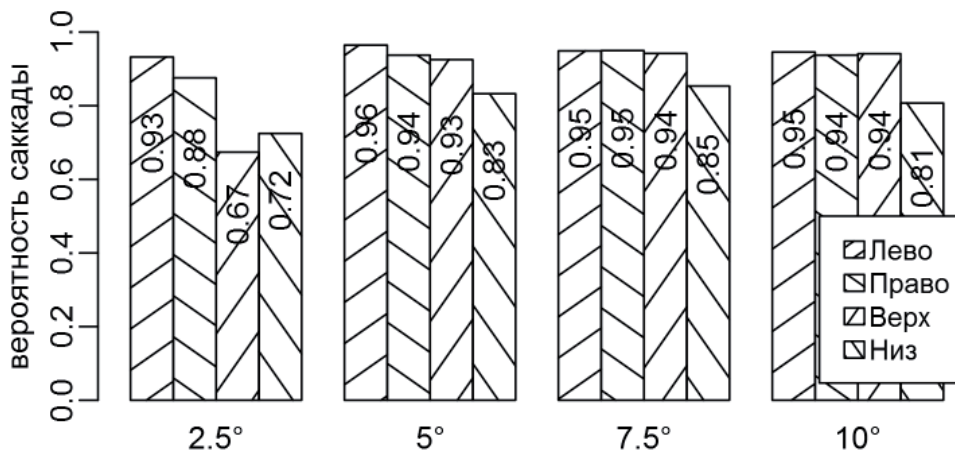


Рис. 17. Вероятность выполнения саккады в зависимости от эгоцентрического направления и величины эксцентриситета лица



Вероятность выполнения саккад при экспозиции изображений экспрессий разных модальностей составляет: 0.73–0.85 при эксцентриситете 2.5°; 0.87–0.94 при 5°; 0.90–0.95 при 7.5°; 0.87–0.93 при 10°; различия в вероятности выполнения саккад для экспрессий разных модальностей отсутствуют.

Вероятность выполнения саккады, завершающейся фиксацией изображения при экспозиции экспрессий разных модальностей, составляет: 0.36–0.45 при эксцентриситете 2.5°; 0.48–0.56 при 5°; 0.41–0.54 при 7.5°; различия в вероятности выполнения саккад для экспрессий разных модальностей отсутствуют. При эксцентриситете 10° (рис. 18) имеются значимые различия в вероятности выполнения саккад для экспрессий разных модальностей ( $\chi^2(6)=24.49; p=0.0004$ ). При средней вероятности выполнения саккады, завершающейся фиксацией изображения, составляющей 0.40, для спокойного лица и «радости» данные значения возрастают (0.52–0.54), а для остальных экспрессий оказываются ниже среднего (0.33–0.39).

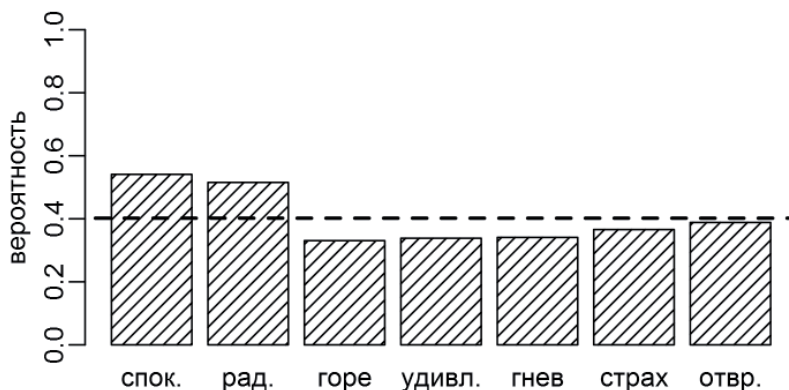


Рис. 18. Вероятность выполнения саккады, завершающейся фиксацией изображения, при эксцентриситете 10° для экспрессий разных модальностей. Пунктиром показано теоретическое среднее значение

### Латентный период саккад

Рассмотренные условия восприятия экспрессий влияют и на латентный период саккад. Его анализ показывает, что с увеличением эксцентриситета лица медианная латентность уменьшается (рис. 19). При эксцентриситете 2.5° она составляет 170 мс, при эксцентриситете 5° снижается до 156 мс ( $p=1 \times 10^{-39}$ ); при эксцентриситете 7.5°–10° падает еще больше и составляет 148–150 мс ( $p=6 \times 10^{-10}$ ;  $p=3 \times 10^{-13}$ ).

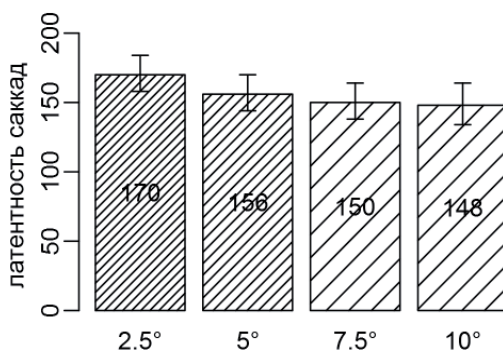


Рис. 19. Латентность саккад в зависимости от величины эксцентриситета лица (мс)



Другой детерминантой латентности саккад является направление эгоцентрического смещения лица (рис. 20). Наименьшая медианная латентность (152 мс) связана с эгоцентрическим смещением влево; по отношению к остальным направлениям смещения обнаруженные различия значимы ( $p \leq 0.008$ ). Латентности саккад, направленных вправо и вверх (156 мс), статистически не различаются, направленных вниз – более продолжительны (162 мс;  $p \leq 2 \times 10^{-11}$ ).

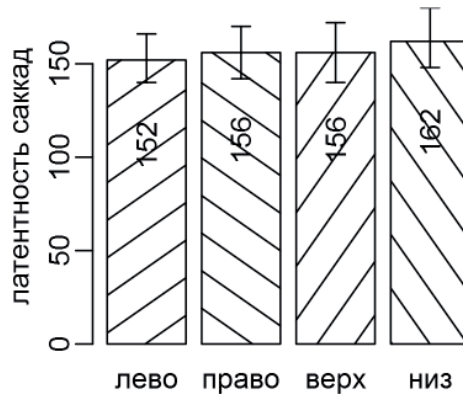


Рис. 20. Латентность саккад в зависимости от направления эгоцентрического смещения (мс)

Зависимость латентности саккад от величины эксцентриситета и направления эгоцентрического смещения лица представлена на рис. 21. При эксцентриситете  $2.5^\circ$  минимальная латентность достигается при расположении лица слева (164 мс), несколько большая – при расположении лица справа (168 мс), максимальная – вверху и внизу (174 мс); значимость различий  $p \leq 0.03$ . Для эксцентриситета  $5^\circ$  минимальная латентность также достигается при расположении лица слева (152 мс), несколько большая – при расположении справа или сверху (156–158 мс), максимальная – снизу (164 мс); значимость различий  $p \leq 0.004$ . При эксцентриситете  $7.5^\circ$  величина латентностей при расположении лица слева, справа и вверху составляет 146–151 мс, внизу – значимо больше – 158 мс; ( $p \leq 1 \times 10^{-4}$ ). При эксцентриситете  $10^\circ$  ситуация сходная: величина латентностей при расположении лица слева, справа и вверху 142–148 мс; внизу – 159 мс ( $p \leq 4 \times 10^{-6}$ ).

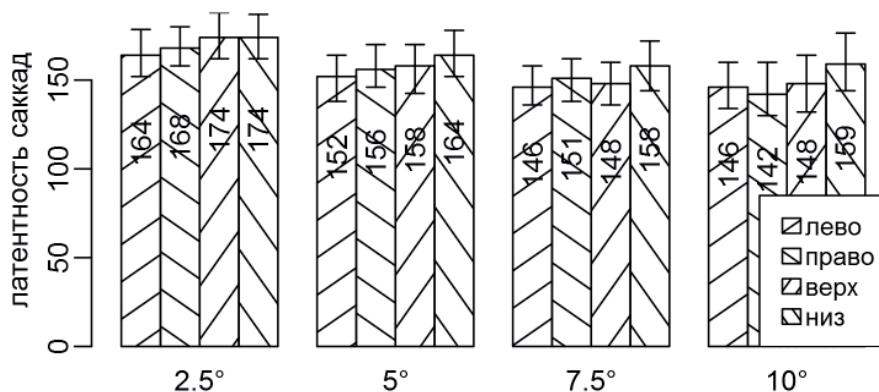


Рис. 21. Латентность саккад в зависимости от величины эксцентриситета и направления эгоцентрического смещения лица (мс)

Влияние модальности экспрессий на величину латентного периода саккад также имеет место, хотя и узко ограничено. При расположении лица в зоне  $\pm 2.5^\circ$ – $7.5^\circ$  зависимость латентности саккад от модальности экспонируемой экспрессии не обнаружена. С увеличением эксцентриситета до  $10^\circ$  минимальная латентность саккад связывается с экспозицией спокойного выражения (медианное значение латентности 140 мс) и «радости» (142 мс). Для остальных экспрессий латентность саккад более продолжительна ( $p \leq 0.02$ ) (рис. 22).



Рис. 22. Латентность саккад при эксцентриситете лица  $10^\circ$  в зависимости от модальности экспонируемой экспрессии (мс)

### Локализация зрительных фиксаций

Подавляющее большинство фиксаций фотоизображений при всех экспозициях располагается внутри контура лица. Их медианные значения приближены к геометрическому центру (на изображении лица – область носа) и зависят от эгоцентрического направления и величины эксцентриситета (рис. 23). Разброс медианных значений фиксаций относительно геометрического центра лица при разном эксцентриситете составляет:  $\pm 0.3^\circ$  (экспрессия слева и снизу),  $-1^\circ$ – $1.5^\circ$  (экспрессия справа и вверх).

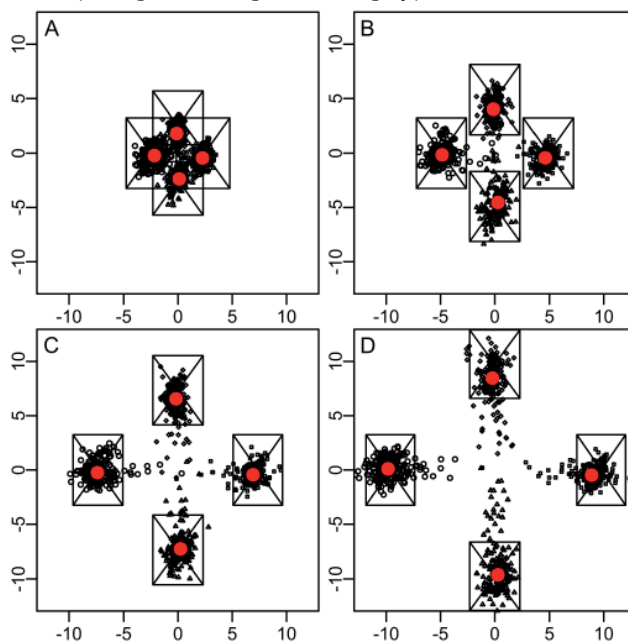


Рис. 23. Распределение фиксаций в зависимости от направления и величины эксцентриситета лица. Кружками отмечены медианные значения фиксаций. Величина эксцентриситета: А –  $2.5^\circ$ , В –  $5^\circ$ , С –  $7.5^\circ$ , D –  $10^\circ$



При экспозиции лица в левой половине зрительного поля и эксцентриситете  $2.5^\circ$  медиана фиксаций располагается правее и ниже геометрического центра фотоизображения (координаты 0, 0). При увеличении эксцентриситета она смещается вправо и вверх так, что при  $10^\circ$  оказывается левее и выше центра изображения. При экспозиции лица в правой половине зрительного поля и эксцентриситете  $2.5^\circ$  медиана фиксаций находится левее и ниже геометрического центра, а с увеличением эксцентриситета смещается еще левее. При экспозиции лица в верхней части зрительного поля и эксцентриситете  $2.5^\circ$  медианная фиксация располагается левее и ниже геометрического центра фотоизображения и с увеличением эксцентриситета смещается еще левее и ниже. При экспозиции лица в нижней части зрительного поля и эксцентриситете  $2.5^\circ$  медианная фиксация практически совпадает с геометрическим центром фотоизображения. С увеличением эксцентриситета медианная фиксация смещается вправо и вверх (рис. 24).

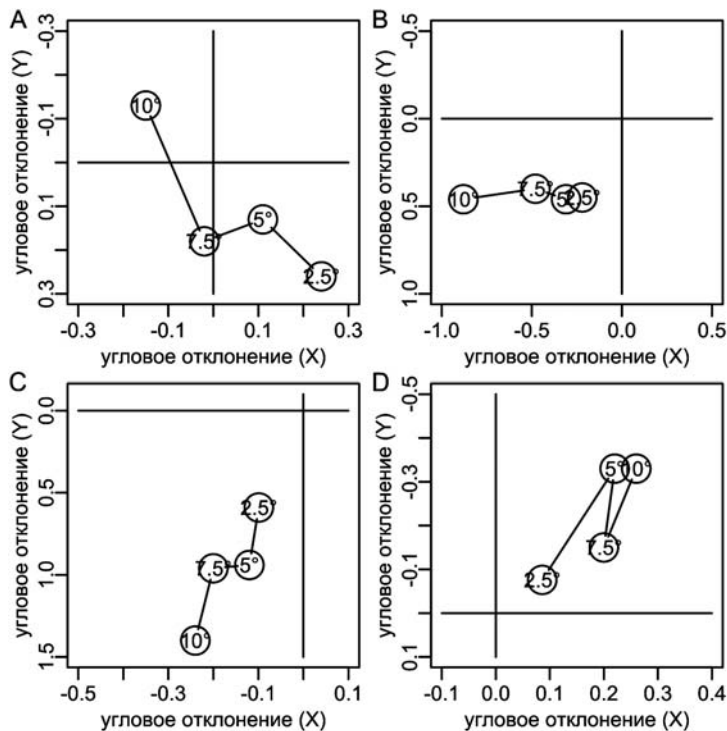


Рис. 24. Медианное положение фиксаций относительно геометрического центра лица. По отношению к исходной точке фиксации изображения располагаются: А – слева В – справа, С – в верхней, D – в нижней частях поля зрения.  $2.5^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $7.5^\circ$ ,  $10^\circ$  – величина эксцентриситета

Таким образом, для трех эгоцентрических направлений – «вверх», «вниз» и «направо» – с увеличением величины эксцентриситета рассогласование между расположением медианной точки фиксации и геометрическим центром лица слабо возрастает. Иначе говоря, с ростом эксцентриситета фотоизображения амплитуда саккад в целом снижается. Исключение составляет поворот глаз влево. Траектории положений медианных фиксаций, выполняемых в симметричных направлениях (право/лево; верх/низ) асимметричны. Статистически значимые различия в положении конечной точки фиксаций для экспрессий разных модальностей, экспонируемых в одном и том же эгоцентрическом направлении с одинаковым эксцентриситетом, отсутствуют.





### Обсуждение результатов

Согласно полученным данным, точность распознавания экспрессий действительно зависит от местоположения лица в зрительном поле, но с остротой зрения и периферическими искажениями пространственных отношений среды непосредственно не связана. Наиболее адекватные оценки состояния лица соотносятся не только с центральной частью зрительного поля, но и с прилегающей к ней ближней периферией. Мы называем данную область *зоной эффективного восприятия экспрессий*, понимая под этим функциональное, а не морфологическое образование. Как таковое оно развернуто во времени, предполагая по крайней мере две зрительные фиксации – исходную и конечную. Зона эффективного восприятия экспрессий характеризует центральную для данного момента часть коммуникативного зрительного пространства, обеспечивающего возможность непосредственного («лицом к лицу») общения людей.

В среднем снижение адекватности оценок наступает при эксцентриситете  $7.5^{\circ}$ – $10^{\circ}$ . Однако даже при эксцентриситете  $10^{\circ}$ , когда лицо воспринимается только боковым зрением, средняя эффективность решения перцептивной задачи превышает 50 %. Соответственно, нормативное требование к расположению лица прямо перед наблюдателем, в середине экрана, не является жестким и допускает вариации.

Наряду с величиной эксцентриситета на точность восприятия экспрессий влияют эгоцентрическое расположение лица в поле зрения и модальность эмоции. Их связь с величиной эксцентриситета выглядит многозначной.

В широком диапазоне позиций ( $\pm 10^{\circ}$ ) слева и справа от центра точность распознавания экспрессий остается высокой. При увеличении эксцентриситета по вертикали она снижается: для нижней половины зрительного поля – начиная с  $2.5^{\circ}$ , для верхней – с  $7.5^{\circ}$ . Зависимость точности восприятия базовых экспрессий от величины эксцентриситета проявляется, следовательно, избирательно и касается в основном смещения лица в вертикальном направлении. Наиболее отчетливо монотонное падение эффективности распознавания связано с нижней частью зрительного поля. Наивысшая эффективность опознания с учетом восприятия экспрессий всех базовых эмоций имеет место в левой части зрительного поля.

По степени точности оценок в центре зрительного поля базовые экспрессии дифференцируются на три группы: хорошо распознаваемые («удивление», «гнев», «отвращение»), плохо распознаваемые («горе», «страх») и промежуточные («радость», спокойное выражение). Сравнивая этот результат с оценками тех же стимульных паттернов, предъявляемых наблюдателям в центральной зоне поля зрения в течение 3000 мс (Барабанчиков, Жегалло, Иванова, 2010; Барабанчиков, Жегалло, 2012), можно заметить, что сокращение времени экспозиции до 200 мс корректирует шкалу точности распознавания, полученную ранее. В частности, экспрессия радости и спокойное выражение лица теряют ведущее значение, хотя по-прежнему плохо опознаются «горе» и особенно «страх».

Еще одним фактором вариативности ответов является эгоцентрическая локализация лица. В нижней половине поля зрения при эксцентриситете  $10^{\circ}$  «отвращение» распознается хуже, чем «радость» или «горе», а в верхней половине спокойное состояние определяется более точно, чем «гнев». Данный результат подтверждает представления об изменении восприятия выражений лица одной и той же модальности на разных этапах перцептогенеза (Барабанчиков, 2002). Он показывает также, что для разных модальностей быстрота смены стадий (темп) перцептогенеза оказывается различной.



«Ошибочные» варианты ответов – те, которые не совпадают с демонстрируемой экспрессией, в условиях проведенного исследования даются сравнительно редко и совпадают с ранее описанными (Барабанщиков, 2009; Барабанщиков, Жегалло, 2012) лишь частично. Это указывает на узость объема категориального поля базовых экспрессий при укороченном времени экспозиции и наличии эксцентриситета лица, а также на сходство либо тождество экзонов, входящих в состав соответствующих комплексов: «спокойное выражение–горе–отвращение», «удивление–гнев–страх» либо «радость–страх».

Один из наиболее интересных результатов проведенного исследования состоит в том, что зона эффективного восприятия экспрессий зависит от их модальности. Для четырех базовых эмоций – «удивление», «гнев», «страх» и «отвращение» – как и ожидалось, с ростом эксцентриситета адекватность оценок снижается. Для «радости», «горя» и спокойного выражения лица зависимость иная. Экспрессия радости наиболее адекватно воспринимается не в центре, а в  $7.5^\circ$  ближней периферии. «Горе» эффективно опознается в области  $7.5^\circ$ , величина которой в три раза превышает величину центральной зоны зрительного поля. Спокойное выражение лица одинаково точно оценивается как в центральной части поля зрения, так и при смещении лица на  $10^\circ$ .

Обобщая сказанное, можно заключить, что зона эффективного восприятия экспрессий лица выходит за пределы центральной области поля зрения, охватывая значительную часть ближней периферии. Для каждой базовой эмоции эта зона имеет характерный размер или протяженность (максимальный при экспозиции «радости», минимальный – «страха»), очертания, задаваемые предельными значениями эффективного распознавания по каждому из эгоцентрических направлений, и структуру – неоднородность оценок внутри зоны эффективного восприятия (в частности, ухудшение либо улучшение распознавания экспрессий в отдельных позициях ближней периферии). Полученный результат еще раз убеждает, что базовые эмоции не только «говорят разными языками» (Изард, 2000), но и воспринимаются по-разному, как бы «разными глазами» или с разных «точек зрения». В этом плане распознавание эксцентрически локализованных экспрессий целого лица сближается с распознаванием экспрессий частично открытого лица, локализованного в центре зрительного поля (Барабанщиков, 2012).

Точность распознавания большинства экспрессий, расположенных в левой половине зрительного поля, при варьировании эксцентриситета лица остается наиболее высокой. Даже для «страха» и «удивления» область эффективного восприятия сужается лишь до  $7.5^\circ$ . Высокая точность распознавания экспрессий горя, гнева и спокойного состояния в правой половине зрительного поля с увеличением эксцентриситета не меняется, а экспрессия радости оценивается даже наиболее точно. Эффективность восприятия эмоциональных состояний начинает расшатываться в верхней половине поля зрения. При увеличении эксцентриситета точность распознавания «радости» и спокойного лица остается неизменной; «горе», «удивление» и «страх» одинаково хорошо распознаются при эксцентриситете  $7.5^\circ$ . Однако диапазон эффективного восприятия «гнева» и «отвращения» сужается до  $2.5^\circ$ . Сходная картина имеет место в нижней части зрительного поля при экспозиции экспрессий горя, страха и отвращения. Но и здесь «радость» и «удивление» адекватно воспринимаются в диапазоне  $10^\circ$ . Таким образом, зона эффективного восприятия выражений лица широко варьирует и зависит как от направления эгоцентрической локализации лица, так и от модальности демонстрируемой экспрессии.



Адекватность оценок экспрессий лица, расположенного на периферии, обусловлена наличием либо отсутствием фиксационного поворота глаз в направлении экспонируемого фотоизображения. Быстрое изменение местоположения глаз создает благоприятные условия для восприятия эксцентрично расположенного лица, поднимая средний уровень точности распознавания экспрессий. Несмотря на кратковременность экспозиции (200 мс), целенаправленные повороты глаз совершаются более чем в 80–90 % экспериментальных проб. При отсутствии фиксационных поворотов с ростом эксцентриситета лица точность распознавания экспрессий линейно уменьшается.

Распознавание выражений лица обеспечивалось тремя видами окуломоторной активности, условно обозначаемыми как «фиксация», «фиксация–саккада» и «фиксация–саккада–фиксация». Их соотношение не остается постоянным и с изменением условий экспозиции меняется. Сохранение исходной позиции взгляда характерно при эксцентриситете лица 2.5°, доминирование собственно саккад – при эксцентриситете 10°, саккад, сменяющихся кратковременной фиксацией, – при эксцентриситете 5–7.5°. В левом и правом полуполях зрения преобладает окуломоторная активность вида «фиксация–саккада–фиксация», в нижней части поля зрения – «фиксация–саккада». Наконец, при эксцентриситете 10° обнаруживается зависимость окуломоторной активности от модальности экспрессий: при экспозиции «радости» и спокойного лица больше выражены саккады, завершаемые фиксацией, при экспозиции остальных экспрессий – собственно саккады. Чувствительность видов окуломоторной активности к условиям экспозиции лица указывает на ключевую роль саккадических движений в распознавании модальности экспрессий.

Как следует из полученных данных, вероятность выполнения целенаправленной саккады в процессе восприятия экспрессий зависит от эгоцентрической направленности и величины эксцентриситета лица. При эксцентриситете 2.5° средняя вероятность появления саккады в горизонтальном направлении выше, чем в вертикальном. При большей величине эксцентриситета 5°–10° это соотношение меняется. Высокая вероятность (0.94–0.95) появления саккады связывается с тремя направлениями зрительного поля – «лево», «право» и «вверх»; вероятность выполнения саккад «вниз» на 11–13 % меньше. Сравнивая гистограммы на рис. 6 и рис. 17, можно проследить соответствие между уровнями точности распознавания экспрессий и вероятностью выполнения саккад. С уменьшением последней, особенно для расположения лица в нижней части зрительного поля, точность распознавания эмоций немонотонно снижается.

Влияние структуры коммуникативного зрительного поля отражается на величине латентного периода саккад и распределении точек фиксации относительно изображения лица.

С ростом эксцентриситета средняя латентность саккад монотонно снижается со 170 мс (2.5°) до 148 мс (10°). Наименьшая величина латентного периода связывается с горизонтальным эгоцентрическим направлением, особенно с расположением лица в левой половине поля зрения, наибольшая величина – с вертикальным направлением, особенно с расположением лица в нижней части поля зрения. Параллель (обратно пропорциональное отношение) между продолжительностью латентности саккад (см. рис. 21) и точностью распознавания экспрессий (см. рис. 6) при разном эгоцентрическом расположении лица прослеживается отчетливо.

Зависимость латентного периода саккад от модальности экспрессий проявляется только для эксцентриситета 10°. Короткая латентность соотносима с экспрессией радости и



спокойным состоянием лица (140–142 мс). Получен еще один аргумент в пользу уникальности выражения радости и состояния покоя как предметов восприятия (см.: Барабанщиков, 2012; Барабанщиков, Жегалло, 2012).

В определенной мере продолжительность латентного периода отражает степень сложности перцептивной задачи. При всех значениях эксцентриситета медианная латентность саккад в случае неверных ответов значимо выше (критерий Манна–Уитни), чем в случае верных. При эксцентриситете  $2.5^\circ$ :  $T_{\text{нок}}=182$  мс,  $T_{\text{ок}}=168$  мс,  $\Delta=10$  мс,  $p=2 \times 10^5$ . При эксцентриситете  $5^\circ$ :  $T_{\text{нок}}=170$  мс,  $T_{\text{ок}}=156$  мс,  $\Delta=14$  мс,  $p=3 \times 10^{-9}$ . При эксцентриситете  $7.5^\circ$ :  $T_{\text{нок}}=161$  мс,  $T_{\text{ок}}=148$  мс,  $\Delta=12$  мс,  $p=7 \times 10^{-10}$ . При эксцентриситете  $10^\circ$ :  $T_{\text{нок}}=168$  мс,  $T_{\text{ок}}=146$  мс,  $\Delta=20$  мс,  $p=5 \times 10^{-17}$ .<sup>1</sup> Причины затруднений и их связь с модальностью экспрессий требуют дополнительных исследований.

Обращает на себя внимание тот факт, что выполнение целенаправленной саккады, не завершённой фиксацией лица, значимо повышает точность распознавания экспрессии. Согласно рис. 8, восприятие экспрессий совершается непрерывно, а достаточным условием его адекватности выступает непродолжительная (в среднем около 40 мс) фиксация эксцентрически расположенного лица. Этот результат не соответствует представлениям о «саккадическом подавлении» зрительного процесса, вызванного, как полагают, эффектами смазывания проекции объекта на сетчатке, потерей ее чувствительности или маскировкой (см.: Барабанщиков, Белопольский, 2008). В отличие от традиционных исследований «саккадического подавления», процедура выполненного эксперимента характеризуется экологической и социальной валидностью, а различие результатов вызвано стабилизирующей ролью структуры самого лица, имеющего большие угловые размеры и высокий социокультурный статус.

Большинство фиксаций эксцентрически локализованных фотоизображений располагается внутри контура лица, а их медианные значения приближены к геометрическому центру. При экспозиции экспрессий в левой части зрительного поля геометрический центр и фиксационный «центр тяжести» лица практически совпадают (Coren, Hoenig, 1972; Findlay, 1983). Для трех эгоцентрических направлений («вверх», «вниз» и «направо») с увеличением величины эксцентриситета рассогласование между расположением медианной точки фиксации и геометрическим центром лица слабо возрастает, что неоднократно описывалось в литературе (Барабанщиков, 2002; Митрани, 1973). Полученные результаты указывают на неоднородность окулomotorного поля наблюдателей и подчеркивают тот факт, что определение местоположения, размера и общей структуры (выражения) лица по крайней мере в общей форме совершается до выполнения саккады и составляет перцептивное содержание ее латентного периода; в ходе реализации саккады и последующей фиксации лица данное содержание уточняется, а при необходимости корректируется.

Совокупность полученных данных указывает, что целенаправленный поворот глаз включен в перцептогенез выражения лица в качестве исполнительного звена, которое обеспечивает более высокий уровень организации зрительного образа. При этом фиксационный поворот совершается не автоматически, рефлекторно, а *строится* в зависимости от локализации лица и модальности экспрессии.

Проведенный анализ позволяет дифференцировать две формы существования зоны эффективного восприятия экспрессий лица: «пассивную» и «активную». «Пассивная»

<sup>1</sup>  $T_{\text{ок}}$  — медианная латентность саккад для правильных ответов,  $T_{\text{нок}}$  — медианная латентность саккад для неправильных ответов,  $\Delta$  — межвыборочный сдвиг.



связана с исходной позицией глаз и предполагает снижение точности распознавания экспрессий с ростом эксцентриситета лица; для эксцентриситета  $10^\circ$  это снижение не превышает 50 %. «Активная» форма носит интегральный характер и связана с выполнением целенаправленной саккады; последняя компенсирует одномоментное снижение точности распознавания экспрессий на периферии, расширяя пространство эффективного восприятия. Обратим внимание, что в проведенном эксперименте латентность саккад имеет более низкие значения, чем в похожих исследованиях других авторов. Так средняя латентность саккад составляет 218 мс (Asato et al., 2006); 224 мс (Crevist et al., 2005); 180 мс (Eenshuistra et al., 2007); 186 мс (Amlot et al., 2003); 201 мс (Van der Stigchel et al., 2007). Индивидуальные показатели латентности саккад меняются в широком диапазоне (Klein, Ficher, 2005).

Обнаруженные различия можно объяснить несколькими причинами. Прежде всего тем, что в наших экспериментах экспонируемые изображения лица имели значительно большие угловые размеры. Известно, что увеличение заметности объекта приводит к сокращению латентности саккад (van Zoest, Donk, 2010). Второе принципиальное отличие состоит в содержании инструкции. От участников нашего эксперимента требовалось не просто посмотреть в направлении показанного изображения, а идентифицировать его. Влияние инструкции на величину латентного периода саккады специально рассматривалось в работе Л. Троттье и Дж. Пратта (Trottier, Pratt, 2005). Исследователи предлагали испытуемым выполнить два задания: 1) «как можно быстрее и точнее посмотрите в центр объекта, когда он появится», 2) «максимально быстро и точно определите, какой объект был показан». Угловые размеры тестовых объектов (геометрические паттерны) составляли  $0.5^\circ$ , отклонение от центра экрана –  $14^\circ$  (влево, вправо, вверх или вниз в случайном порядке). Оказалось, что при выполнении второго задания латентный период саккад имеет меньшую продолжительность и зависит от эгоцентрического направления: в вертикальном направлении (вверх–вниз) 185 мс при первом задании и 155 мс – при втором; в горизонтальном направлении (влево–вправо) 165 мс при первом задании и 135 мс – при втором. Полученные данные хорошо соответствуют результатам нашего эксперимента. Наконец, нельзя не учитывать экологическую и социальную уникальность объекта восприятия, экспонированного в наших экспериментах. Согласно более ранним исследованиям, изображение лица распознается быстрее и точнее других элементов среды, включая простые и сложные геометрические фигуры (Барабанчиков, 2009; Хрисанфова, 2004).

## Выводы

1. Точность распознавания базовых экспрессий зависит от местоположения лица в зрительном поле и модальности эмоции. Наибольшая эффективность опознания достигается в левой половине зрительного поля, наименьшая – в его нижней части. Лучше всего в ближней периферии опознаются экспрессии удивления, гнева и отвращения, хуже всего – «горе» и «страх». С увеличением эксцентриситета лица снижение точности распознавания восстанавливается благодаря фиксационным поворотам глаз.

2. Зона эффективного восприятия экспрессий лица, в которой точность распознавания эмоций остается на высоком уровне, выходит за пределы центральной области поля зрения, охватывая значительную часть ближней периферии. Для каждой базовой эмоции эта зона имеет характерный размер, очертания и структуру и существует в двух формах: «пассивной» и «активной».





3. При экспозиции лица в ближней периферии зрительного поля вероятность целенаправленной саккады растет с увеличением эксцентриситета до  $5^\circ$ , достигая уровня 0.9–0.92. Наиболее часто саккада совершается в левую половину поля зрения, редко – в его нижнюю часть. Зависимость вероятности саккад от модальности экспрессии статистически значима при эксцентриситете  $10^\circ$ . С увеличением эксцентриситета лица средняя латентность саккад уменьшается. Наибольший латентный период соответствует саккадам, направленным в нижнюю часть поля зрения, наименьший – в его левую половину. Влияние модальности экспрессии на величину латентного периода саккад проявляется только при эксцентриситете  $10^\circ$ . Медианные значения фиксации лица независимо от величины эксцентриситета располагаются в области геометрического центра фотоизображения.

### **Литература**

- Барабанщиков В.А. Восприятие и событие. СПб.: Алетея, 2002.
- Барабанщиков В.А. Восприятие выражений лица. М.: ИПРАН, 2009.
- Барабанщиков В.А. Экспрессии лица и их восприятие. М.: ИПРАН, 2012.
- Барабанщиков В.А., Белопольский В.И. Стабильность видимого мира. М.: Когито-Центр, 2008.
- Барабанщиков В.А., Жегалло А.В., Иванова Л.А. Распознавание экспрессий перевернутого изображения лица // Экспериментальная психология. 2010. № 3. С. 66–83.
- Барабанщиков В.А., Жегалло А.В. Зависимость восприятия экспрессий от пространственной ориентации изображений лица // Современная экспериментальная психология. М.: ИПРАН, 2012. Т. 2. С. 55–79.
- Гибсон Дж. Экологический подход к зрительному восприятию. М.: Прогресс, 1988.
- Изард К. Психология эмоций. СПб.: Питер, 2000.
- Компанейский Б.Н. Проблема константности восприятия цвета и формы вещей: докторская диссертация // Ученые записки Ленинградского государственного педагогического института им. А. И. Герцена. Л., 1940. Т. 34. С. 17–179.
- Миракян А.И. Константность и полифункциональность восприятия. М.: ПИ РАО, 1992.
- Митрани Л. Саккадические движения глаз. София: Издательство Болгарской академии наук, 1973.
- Хрисанфова Л.А. Динамика восприятия экспрессий лица: Дисс. ... канд. психол. наук. М.: ИП РАН, 2004.
- Экман П. Психология эмоций. СПб.: Питер, 2010.
- Asato M.R., Sweeney J.A., Luna B. Cognitive processes in the development of TOL performance // Neuropsychologia. 2006. V. 44. P. 2259–2269.
- Amlot R., Walker R., Driver J., Spence C. Multimodal visual–somatosensory integration in saccade generation // Neuropsychologia. 2003. V. 41. P. 1–15.
- Coren S., Hoening P. Effect of non-targeting stimuli upon the length of voluntary saccades // Perceptual and motor Skill. 1972. V. 34. P. 499–508.
- Crevist L., Van den Abbeele D., Audenaert K., Goethals M., Dierick M. Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on saccades in depression: A pilot study // Psychiatry Research. 2005. V. 35. P. 113–119.
- Eenshuistra R.M., Ridderinkhof K.R., Weidema M.A., van der Molen M.W. Developmental changes in oculomotor control and working-memory efficiency // Acta Psychologica. 2007. V. 124. P. 139–158.
- Edwards D.S., Goolkasian P.A. Peripheral vision location and kinds of complex processing // Journal of Experimental Psychology. 1974. V. 3. P. 477–486.
- Findlay J.M. Visual information processing for saccadic eye movements // Spatially oriented behavior. NY.: Springer, 1983. P. 281–303.



- Kandel E., Schwartz J., Jessell T.* Principles of Neural Science. NY.: McGraw-Hill, 2000.
- Klein C., Fischer B.* Instrumental and test–retest reliability of saccadic measures // *Biological Psychology*. 2005. V. 68. P. 201–213.
- Komogortsev O., Gobert D., Jayarathna S., Koh D., Gowda S.* Standardization of Automated Analyses of Oculomotor Fixation and Saccadic Behaviors // *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 2010. V. 57. №. 11. P. 2635–2645.
- Palmer S.E.* Visual science: photons to phenomenology. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2002.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2012.
- Trottier L., Pratt J.* Visual processing of targets can reduce saccadic latencies // *Vision Research*. 2005. V. 45. P. 1349–1354.
- Van der Stigchel S., Meeter M., Theeuwes J.* Top-down influences make saccades deviate away: The case of endogenous cues // *Acta Psychologica*. 2007. V. 125. P. 279–290.
- Van Zoest W., Donk M.* Awareness of the saccade goal in oculomotor selection: Your eyes go before you know // *Consciousness and Cognition*. 2010. V. 19. P. 861–871.

## RECOGNITION OF FACIAL EXPRESSIONS IN THE PROXIMAL PERIPHERY OF THE VISUAL FIELD

**BARABANSCHIKOV V.A.**, *Institute of Psychology, RAS, Center of Experimental Psychology, MCUPE, Moscow*  
**ZHEGALLO A.V.**, *Institute of Psychology, RAS, Center of Experimental Psychology, MCUPE, Moscow*

Experimental study of the communicative organization of visual space in micro intervals of time is the subject of this paper. During the experiment, images of basic expressions of male face in the form of undifferentiated presentation of eccentrically localized objects ( $0^\circ - 10^\circ$ ) in the left, right, top and bottom parts of the field of view were shown to the observer for 200 ms. The results of evaluation of the effectiveness of the modality of identification of facial expressions at different exposure conditions and registration of oculomotor activity of observers indicate that the area of effective perception of facial expressions goes beyond the central area of the visual field, covering a considerable part of the proximal periphery. Estimation of parameters of the zone with the most effective perception of facial expressions, which are reflected in the characteristics of targeted saccades, suggests that the internal structure of visual space is heterogeneous, and its value depends not only on the egocentric location of expression, but also on their modality. Micro dynamics of communicative visual space depends on the form of the oculomotor activity of observers.

**Keywords:** communicative visual space, recognition of expressions of faces, oculomotor activity, latency of saccades, the center and the periphery of the field of view, localization of visual fixations, the area of effective perception of facial expressions.

### ***Transliteration of the Russian references***

- Barabanschikov V.A.* Vospriyatie i sobytje. SPb.: Aletejja, 2002.
- Barabanschikov V.A.* Vospriyatie vyrazhenij lica. M.: IPRAN, 2009.
- Barabanschikov V.A.* Ekspressii lica i ih vospriyatje. M.: IPRAN, 2012.
- Barabanschikov V.A., Belopol'skij V.I.* Stabil'nost' vidimogo mira. M.: Kogito-Centr, 2008.

- Barabanshikov V.A., Zhegallo A.V., Ivanova L.A.* Raspoznavanie ekspressij perevernutogo izobrazhenija lica // Eksperimental'naja psihologija. 2010. № 3. S. 66–83.
- Barabanshikov V.A., Zhegallo A.V.* Zavisimost' vosprijatija jekspressij ot prostranstvennoj orientacii izobrazhenij lica // Sovremennaja eksperimental'naja psihologija. M.: IPRAN, 2012. T. 2. S. 55–79.
- Gibson Dzh.* Ekologicheskij podhod k zritel'nomu vosprijatiju. M.: Progress, 1988.
- Izard K.* Psihologija emocij. SPb.: Piter, 2000.
- Kompanejskij B.N.* Problema konstantnosti vosprijatija cveta i formy veshhej: doktorskaja dissertacija // Uchenye zapiski Leningradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta im. A. I. Gercena. L., 1940. T. 34. S. 17–179.
- Mirakjan A.I.* Konstantnost' i polifunkcional'nost' vosprijatija. M.: PI RAO, 1992.
- Mitrani L.* Sakkadicheskie dvizhenija glaz. Sofija: Izdatel'stvo Bolgarskoj akademii nauk, 1973.
- Hrisanfova L.A.* Dinamika vosprijatija jekspressij lica: Diss. ... kand. psihol. nauk. M.: IP RAN, 2004.
- Ekman P.* Psihologija emocij. SPb.: Piter, 2010.