

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**А. В. Гарусев, Ван Дань, Ч. А. Измайлов**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОРАЗЛИЧИЕНИЯ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ И КИТАЙСКОЙ ПОПУЛЯЦИЙ**

В статье представлены результаты экспериментального исследования цветоразличения у городских жителей Китая и средней полосы России. Сравнение цветового зрения производилось по основным хроматическим характеристикам (цветовому тону и насыщенности) в терминах сферической модели цветоразличения. Кросс-культурных различий не обнаружено. Цветоразличение надпороговых световых стимулов осуществляется в зрительной системе людей, принадлежащих к разным культурам, совершенно однотипным образом как для излучения, так и для света, отраженного от поверхности. Следовательно, сферическая модель цветового зрения является адекватным представлением цветоразличения вне зависимости от культурной принадлежности испытуемых.

*Ключевые слова:* кросс-культурные различия, цветоразличение, многомерное шкалирование, сферическая модель цветового зрения.

The article presents the results of an experimental research of color distinguishing by city dwellers of China and a midland of Russia. Comparison of color vision was made under the basic chromatic characteristics (hue and saturation) in terms of spherical model of color distinguishing. The cross-cultural differences are not revealed. That is for about threshold light stimulus, the color distinguishing is carried out in visual system of the people belonging to different cultures, absolutely equally, both for radiation, and for light reflected from a surface. Hence, the spherical model of color vision is adequate representation of color distinguishing without dependence from a cultural habitat of subjects.

*Key words:* cross-cultural differences, color distinguishing, multidimensional scaling, spherical model of color vision.

---

**Гарусев Александр Владимирович** — науч. сотр. лаборатории восприятия ф-та психологии МГУ. *E-mail:* percept5@mail.ru

**Ван Дань** — студентка 2-го курса магистратуры ф-та психологии МГУ. *E-mail:* wangdan@inbox.ru

**Измайлов Чингиз Абиьфазович** — докт. психол. наук, профессор кафедры психофизиологии ф-та психологии МГУ. *E-mail:* ch\_izmailov@mail.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (грант № 10-06-00302а) и РФФИ (грант №10-06-00438а)

## 1. Введение

Кросс-культурные исследования когнитивных процессов широко распространены в психологических и социологических науках в связи с интенсивно расширяющимися политическими, экономическими и культурными взаимоотношениями между разными странами и этносами современной цивилизации. Одно из наиболее развитых направлений в этих исследованиях связано с цветом, с цветовой культурой. Это объясняется значительной ролью, которую играет цветовая среда в жизнедеятельности человека.

У большинства представителей млекопитающих, которые являются наиболее высокоорганизованной ветвью дерева биологической эволюции, цветовое зрение имеет вырожденную форму. Большинство млекопитающих монохроматы или, в лучшем случае, дихроматы, и только приматы обладают трихроматическим зрением. При этом многие представители менее развитых ветвей эволюции (насекомые, низшие позвоночные, птицы, рыбы) имеют трихроматическое цветовое зрение.

Таким образом, биология цветового зрения ясно показывает, что большая роль цвета в человеческой цивилизации не связана с необходимостью адаптации к цветовой среде, как это принято для обоснования развития сравнительно простых (например, бинокулярное зрение) и сложных (например, интеллект) когнитивных функций.

В это же время существует распространенное не только в обыденной жизни, но и в научной литературе представление, что роль средовых факторов настолько велика, что приводит к изменению цветового зрения человека в зависимости от условий среды обитания. Так, например, широко распространено представление, что у эскимосов и других популяций, чья жизнь (и, главное, онтогенез) протекает в условиях северной природы, характеризующейся преобладанием зимнего периода и, соответственно, белого цвета в окружающей среде, различение ахроматических стимулов существенно отличается от различения этих же стимулов у представителей других этносов, проживающих, например, в джунглях, где доминирует среда зеленого цвета.

Таким образом, можно сформулировать проблему взаимоотношений между цветовыми характеристиками физической и культурной среды обитания и психофизиологическим строением цветового зрения представителей разных популяций. Подобная проблема рассматривается в работе Д. Роберсона и коллег (Roberson et al., 2009), в которой показано, что пороговое цветоразличение у представителей корейской и европейской культур совершенно одинаковое, и оно не может служить основанием для формирования специфических цветовых категорий. Однако в литературе остается позиция, что это относится только к пороговым характеристикам зрения, не связанным с высокоуровневыми когнитивными процессами. Это оставляет возможность того, что в оценки

надпороговых различий будет вмешиваться перцептивная категоризация (Bornstein, Korda, 1984; Pilling et al., 2003; Roberson, Davidoff, 2000). Это предположение обусловлено представлением, что надпороговые различия слабо зависят от механизмов цветового зрения и в большей степени подвержены влиянию памяти и научения (Wyszecki, Stiles, 1982). Однако развитые в последние десятилетия методы анализа надпорогового цветоразличения показывают, что и эти различия в значительной степени обусловлены базисными механизмами цветового зрения и образуют непрерывное цветовое пространство с жесткой метрикой (Boynnton, Gordon, 1965; Izmailov, Sokolov, 1991; Shepard, Carroll, 1966).

В данной работе рассматриваются особенности надпорогового цветоразличения городских жителей Китая и средней полосы России, которые также имеют разную цветовую среду обитания и разную культурную символику цвета.

На первый взгляд с физической точки зрения среда обитания современных людей — представителей российской и китайской популяций — незначительно отличается по цветовым характеристикам. Техническое оснащение быта и производства, преимущественная урбанизация с акцентом на современную архитектуру и стройматериалы, телевидение и интернет — все это свидетельствует о существенной идентичности искусственных объектов, окружающих современных представителей самых разных культур. Однако естественная среда, воздействие которой доминирует в начальные годы жизни человека, существенно разная в России и Китае. Наиболее значительные расхождения в цветовой среде китайского и российского человека также связаны с различными традициями искусства живописи и графики, которые проявляются в прикладных областях художественного промысла, в архитектуре, оформлении школьных учебников. Для китайской художественной традиции характерны полутона, акварельная техника и графика туши с преимуществом черно-белой гаммы. Тогда как для российской художественной традиции более характерны насыщенные цвета, и в соответствии с этой традицией окружающая среда российского жителя более активна с точки зрения цветового разнообразия.

В данной работе сравнение цветового зрения городских жителей Китая и средней полосы России производится по основным хроматическим характеристикам цветового зрения (цветовому тону и насыщенности) в терминах сферической модели цветоразличения (Измайлов, 1980; Измайлов и др., 1989). Сферическая модель цветового зрения основывается на нескольких принципиальных положениях, которые можно обозначить как геометрический подход к исследованию зрительного восприятия.

Первое из них состоит в шкалировании больших (надпороговых) различий между стимулами так, чтобы субъективные оценки этих различий отвечали аксиомам геометрического расстояния (Измайлов и др.,

1989; Dzhabfarov, Colonus, 1999a, b, 2001). Как было показано, например, в работах Р. Бойнтонна с сотрудниками (Boynton, Gordon, 1965) и в наших работах (Измайлов, 1980, 1981; Izmailov, 1982; Izmailov, Sokolov, 1991), оценки больших цветовых различий содержат в себе всю информацию о восприятии цвета. В этих работах все пороговые функции цветового зрения и функции смещения цветов были получены только на основе данных надпорогового различения цветовых стимулов. Вместе с тем переход к оценкам больших различий позволил решить глобальную задачу построения однородного цветового пространства, которую не удавалось решить, основываясь на пороговых измерениях.

Для решения этой задачи принципиальное значение имело развитие метода многомерного шкалирования (МШ) (Kruskal, 1964a, b; Shepard, 1962; Shepard, Carroll, 1966; Torgerson, 1958; Wish, Carroll, 1971). Основываясь на представлении попарных межстимульных различий как геометрических расстояний, метод МШ позволяет определить минимальную размерность геометрического пространства, в котором стимулы специфицируются как точки в системе координат, которые, в свою очередь, рассматриваются как базисные механизмы зрительной системы. Это — второй важный фактор развития геометрического подхода к зрительному восприятию.

И, наконец, третий фактор, определяющий значение геометрического подхода, состоит в соединении в рамках единой геометрической модели субъективной феноменологии зрительного восприятия с нейрофизиологическими процессами, протекающими в зрительной системе человека и животных. Развитие этого последнего аспекта геометрического моделирования зрительного восприятия в виде сферической модели различения зрительных стимулов детально изложено в публикациях (Измайлов и др., 1989; Измайлов, Соколов, 1978; Соколов, Измайлов, 1984; Фомин и др., 1979).

## **Методика**

*Установка.* Опыты проводились на компьютерной установке с высококачественным монитором.

*Испытуемые.* В опытах участвовали две группы русских испытуемых и одна группа китайских по 4 человека в каждой. Испытуемые были в возрасте 20—27 лет (мужчины и женщины). Две группы русских испытуемых дают возможность оценить разброс данных среди групп, принадлежащих к одной и той же популяции, для контроля случайного фактора в вариабельности данных.

*Стимулы.* В качестве стимулов использовалось 25 цветов, различающихся по цветовому тону и насыщенности, но одинаковой яркости. Цветовые координаты и яркость этих стимулов измеряли колориметром ВКЯ-1 с точностью 1% (табл. 1, рис. 1). Стимулы предъявлялись на

**Координаты цветности 25 стимулов в системе МКО-31.  
Яркость стимулов равна 18 кд/м<sup>2</sup>**

| N  | x    | y    | Длина волны<br>(нм) |
|----|------|------|---------------------|
| 1  | 0.30 | 0.57 | 540                 |
| 2  | 0.37 | 0.52 | 555                 |
| 3  | 0.41 | 0.49 | 565                 |
| 4  | 0.47 | 0.44 | 578                 |
| 5  | 0.53 | 0.40 | 590                 |
| 6  | 0.57 | 0.36 | 595                 |
| 7  | 0.62 | 0.32 | 620                 |
| 8  | 0.24 | 0.33 | 496                 |
| 9  | 0.28 | 0.31 |                     |
| 10 | 0.32 | 0.30 |                     |
| 11 | 0.36 | 0.28 |                     |
| 12 | 0.41 | 0.26 |                     |
| 13 | 0.47 | 0.24 |                     |
| 14 | 0.21 | 0.27 | 487                 |
| 15 | 0.26 | 0.25 |                     |
| 16 | 0.30 | 0.24 |                     |
| 17 | 0.34 | 0.23 |                     |
| 18 | 0.40 | 0.20 |                     |
| 19 | 0.19 | 0.17 | 475                 |
| 20 | 0.22 | 0.17 |                     |
| 21 | 0.27 | 0.16 |                     |
| 22 | 0.29 | 0.14 |                     |
| 23 | 0.16 | 0.10 | 460                 |
| 24 | 0.18 | 0.09 |                     |
| 25 | 0.19 | 0.09 |                     |

мониторе IIYAMA Vision Master Pro 454 в виде смежных квадратов различного цвета, размером 15×15 см.

В опытах испытуемому на экране монитора предъявляли одновременно два стимула из 25, и он должен был оценивать степень цветового субъективного различия в баллах от 1 (минимальное) до 9 (максимальное). Какое именно различие является минимальным или максимальным, испытуемому не указывалось, он должен был выбрать

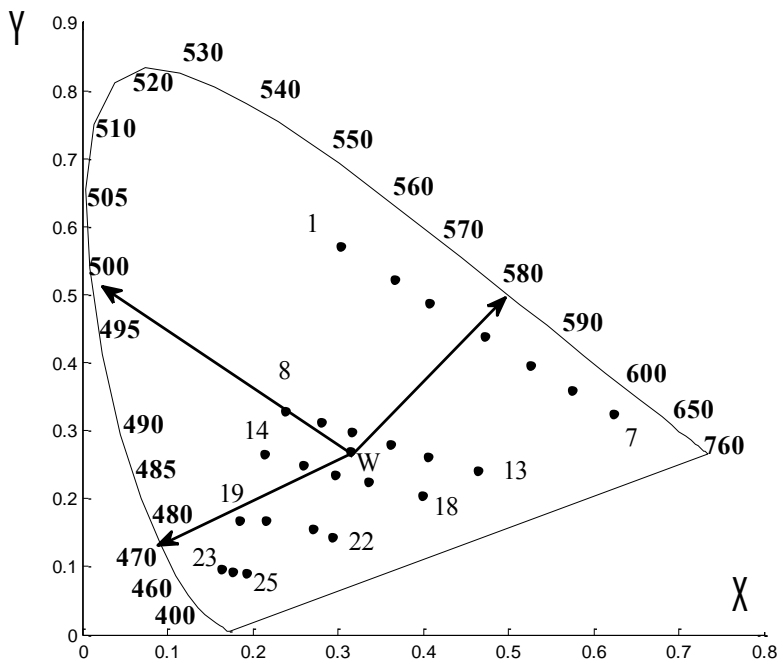


Рис. 1. Положение точек-стимулов на хроматической диаграмме МКО-31, полученное по результатам измерения стимулов колориметром ВКЯ-1

их сам в ходе опыта. Пары выбирались из массива стимулов в случайном порядке, и общее число пар равнялось  $n(n-1)$ . Каждая пара предъявлялась одному и тому же испытуемому не менее 5 раз. Предъявления также были рандомизированы. Наблюдение велось бинокулярно, с точкой фиксации в центре экрана. Экран находился на расстоянии 1 м от испытуемого.

## Результаты

Оценки всех пар усредняли по предъявлениям и сводили для каждого испытуемого в матрицу попарных различий. Проверка матриц на коррелированность по Пирсону показала коэффициент линейной корреляции не менее 0.678. Поэтому все матрицы по каждой группе (одной китайской и двух русских) усреднили также и по испытуемым. Эти три матрицы (по каждой группе испытуемых) обработали одним и тем же метрическим методом МШ (Kruskal, 1964a, b; Shepard, 1962). В результате анализа для каждой группы данных были получены координаты точек-стимулов в многомерном пространстве и показатели, по которым определялась значимость каждой из осей полученного пространства.

Построение сферической модели цветоразличения в пространстве, полученном для каждой матрицы различий, основывали на выполнении двух условий: 1) линейность между исходными оценками различий и межточечными евклидовыми расстояниями (Измайлов, 1980; Shepard, Carroll, 1966) и 2) сферическая структура поверхности, на которой располагаются точки-стимулы в пространстве данной размерности (Измайлов, 1980; Измайлов, Соколов, 1978; Izmailov, Sokolov, 1991). Качество решения по первому условию оценивали коэффициентом линейной корреляции Пирсона, или «стрессом» Крускала, а по второму условию — коэффициентом вариации, который вычисляли как отношение стандартного отклонения радиусов-векторов точек к среднему радиусу. В табл. 2 приведены значения этих показателей пространственного решения для трех групп испытуемых. Из данных табл. 2 видно, что по значениям «стресса» общее цветовое пространство уже при четырехмерном решении достигает значения меньше 0,1, отвечающего условию глобальной линейности между исходными оценками различий и евклидовыми межточечными расстояниями (Измайлов, 1980; Измайлов, Соколов, 1978; Izmailov, Sokolov, 1991).

Таблица 2

**Значения стресса и коэффициента вариации радиуса сферы в четырехмерном евклидовом пространстве апертурных цветов, полученном для двух групп русских и одной группы китайских испытуемых (последняя строка). Пространство пигментных цветов получено для группы русских испытуемых в работе Ч.А. Измайлова (2010)**

| Номер группы испытуемых | Цветовое пространство апертурных стимулов |                  | Цветовое пространство пигментных стимулов |                  |
|-------------------------|---|------------------|---|------------------|
|                         | Стресс                                    | Козф. вариации % | Стресс                                    | Козф. вариации % |
| 1                       | 0.073                                     | 7.3              | 0.049                                     | 11.6             |
| 2                       | 0.092                                     | 7.3              |   |                  |
| 3                       | 0.080                                     | 8.3              |   |                  |

Конфигурации точек-стимулов в четырехмерном евклидовом пространстве достаточно хорошо соответствует формальным критериям сферической модели различения апертурных цветов, которые предусматривают вариации отдельных точек-стимулов в пределах 10% от величины радиуса сферы.

Таким образом, можно сделать вывод, что по формальным характеристикам — размерности евклидова пространства и сферичности конфигурации цветowych точек в этом пространстве — различение цветов может быть представлено в терминах сферической модели цветоразличения по всем трем группам испытуемых.

## Обсуждение результатов

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что различие цвета у российских и китайских испытуемых по формальным критериям представлено в терминах единой сферической модели цветового зрения. Рассмотрим теперь содержательные характеристики полученного цветового пространства с точки зрения соответствия основным цветовым характеристикам зрительной системы.

Наиболее важной цветовой характеристикой всех цветов является цветовой тон — то, что мы обозначаем цветовым названием при стимуляции глаза излучением или отраженным светом (Джадд, Вышецки, 1978; Федоров, 1935).

Вне зависимости от феноменологического описания цветовой тон может быть представлен функцией от длины волны светового стимула (Измайлов, 1981; Jameson, Hurvich, 1955). Эти функции однозначно характеризуют хроматический аспект цветового зрения и служат достаточным основанием для количественного сравнения цветовых пространств, полученных для разных групп испытуемых.

**Цветовой тон стимулов.** Функция цветового тона впервые была использована в работах Л. Харвича и Д. Джемсон (Jameson, Hurvich, 1955; Hurvich, Jameson, 1956) в виде тонового коэффициента, который вычислялся через соотношение цветооппонентных характеристик. В работах Ч.А. Измайлова (1980, 1981) эта функция вычислялась как сферическая координата цветовой точки на хроматической плоскости  $X_1X_2$ . Поскольку сферическая координата выражается тригонометрической функцией отношения декартовых координат, которые в цветовом пространстве представляют оппонентные характеристики цвета, тоновый коэффициент Харвича и Джемсон (с учетом периода тригонометрической функции) совершенно идентичен сферической координате хроматической плоскости цветового пространства (Измайлов, 1980). На рис. 2 приведены проекции точек на хроматическую плоскость  $X_1X_2$  в цветовом пространстве, полученном для двух групп русских испытуемых и одной группы китайских испытуемых. На рис. 3 (слева сверху) показаны графики функции цветового тона для монохроматических (кружки) и пигментных (точки) стимулов, полученных в работах Ч.А. Измайлова (1981, 2010). На этом же графике пунктирная линия показывает теоретическую функцию для апертурных и пигментных цветов, взятую из работы Ч.А. Измайлова (1981). Главная особенность функции цветового тона апертурных цветов заключается в строгой монотонности и однозначности по отношению к длине волны излучения. Она имеет характерную форму, которая отражает строение различных звеньев нейрофизиологической сети цветового зрения и их роль в кодировании спектрального состава света. Три плато на графике этой функции в коротковолновой, средневолновой и длинноволновой



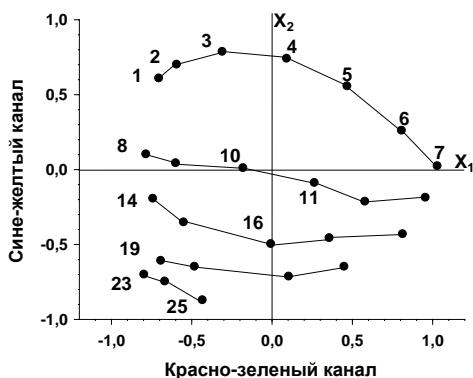
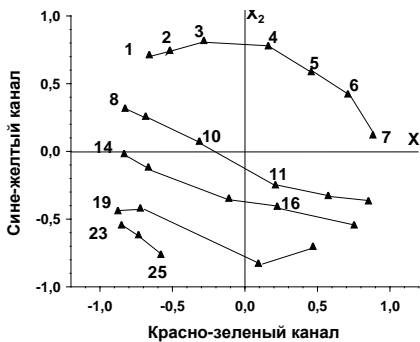
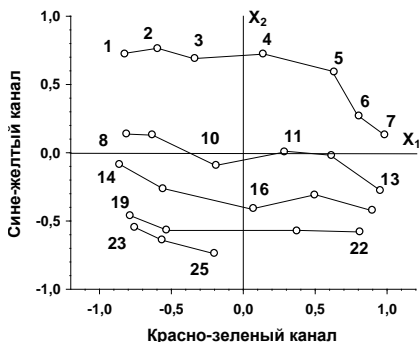


Рис. 2. Проекция цветовых стимулов на плоскость цветоопонентных каналов зрительной системы, характеризующая хроматическую составляющую цветового зрения в терминах четырехмерной сферической модели. Данные разных групп испытуемых представлены кружками (китайцы), точками и треугольниками (русские). Номера рядом с точками обозначают стимулы в соответствии с табл. 1. Все группы

испытуемых показывают очень сходные графики, и все они очень сильно отличаются от аналогичного представления в терминах хроматической плоскости трехмерного евклидова пространства МКР-64. Наиболее показательное расхождение по оси  $X_2$ , сине-желтому оппонентному каналу

частях спектра отражают индивидуальный вклад трех типов фоторецепторов сетчатки человека. А области крутого подъема функции отражают вклад совместной активности пары фоторецепторов. Такая форма функции цветового тона наглядно демонстрирует как рецепторную, так и пострецепторную стадию оппонентных каналов нейрофизиологической сети цветового зрения (Измайлов, 1980, 1981).

Это свидетельствует, что цветовой тон действительно является основной хроматической характеристикой светового стимула совершенно независимо от того, является ли он излучением или светом, отразившимся от поверхности.

На рис. 3 (справа сверху) для данных, представляющих только основные стимулы из табл. 1, приведен график функции цветового тона (точки), вычисленного как величина сферической координаты точки на плоскости  $X_1X_2$ . Все точки, характеризующие цветовой тон используемых в данной работе стимулов, в точности согласуются с трехступенча-

той формой функции тона пигментных и апертурных цветов. На рис. 3 (слева внизу) приводится сопоставление данных двух групп русских испытуемых. Все точки, характеризующие цветовой тон используемых в данной работе стимулов, в точности согласуются с трехступенчатой формой функции цветového тона апертурных и пигментных цветов. На этом графике мы видим совершенно идентичные результаты для разных групп испытуемых. На рис. 3 (справа внизу) точками обозначены данные первой группы русских испытуемых, а кружками — данные китайских

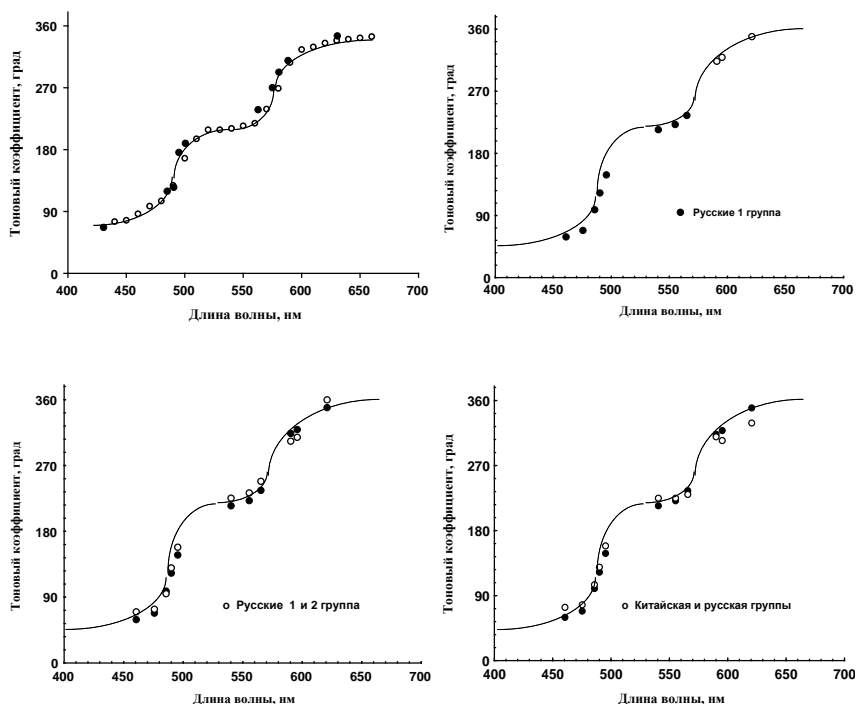


Рис. 3. Функции цветového тона, полученные для разных стимулов и разных групп испытуемых. Слева вверху кружками обозначены данные для монохроматических стимулов, а точками — данные для пигментных стимулов (Измайлов, 2010). Справа вверху точками обозначены данные первой группы русских испытуемых, полученные в настоящей работе. Слева внизу точками обозначены данные первой группы русских испытуемых, а кружками — данные второй группы русских испытуемых. Справа внизу точками обозначены данные первой группы русских испытуемых, а кружками — данные группы китайских испытуемых. Пунктирная линия на всех графиках обозначает теоретическую функцию цветového тона (Измайлов, 1981). Все группы испытуемых показывают очень сходные графики, но у китайской группы можно видеть некоторое сжатие цветového спектра (коротковолновые стимулы имеют больший коэффициент цветového тона, а длинноволновые — меньший по сравнению с русской группой). Кроме того, смешение желтого и оранжевого цветов у китайских испытуемых привело к нарушению монотонности в этом месте функции

испытываемых. На этом графике мы видим также совершенно идентичные результаты испытываемых, принадлежащих разным культурам.

Таким образом, все группы испытываемых показывают очень сходные графики, но у китайской группы можно видеть некоторое сжатие цветового спектра (коротковолновые стимулы имеют больший коэффициент цветового тона, а длинноволновые — меньший, по сравнению с русской группой). Кроме того, смещение желтого и оранжевого цветов у китайских испытываемых привело к нарушению монотонности в этом месте функции.

Сравнение данных цветоразличения в разных группах испытываемых одной культуры и разных культур показывает, что эти данные принадлежат единому множеству как с точки зрения их математического представления в форме сферической модели различения стимулов (рис. 2), так и с точки зрения их психологического описания через функции цветового тона (рис. 3). Это означает, что базисная феноменология цветового зрения вполне исчерпывается функционированием базисного механизма в виде двухканальной нейронной сети различения стимулов (Соколов, Измайлов, 1984; Фомин и др., 1979; Izmailov, Sokolov, 1991).

## Выводы

Надпороговое цветоразличение световых стимулов осуществляется в зрительной системе людей, принадлежащих к разным культурам, совершенно однотипным образом как для излучения, так и для отраженного от поверхности света. Сферическая модель цветового зрения является адекватным представлением цветоразличения вне зависимости от культурной принадлежности испытываемого.

В соответствии со сферической моделью цветового зрения нейрофизиологическая сеть различения световых стимулов представляет собой два однотипных двухканальных модуля (хроматический и ахроматический), которые объединяются в общую четырехканальную нейронную сеть. Кодирование хроматической (цветового тона) и ахроматической (светлоты) характеристик света происходит также однотипным образом (вне зависимости от культурной принадлежности испытываемого) — как отношение активностей в соответствующей паре каналов четырехканальной нейронной сети и выражается через сферические координаты цветовых точек в четырехмерном пространстве.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Джадд Д., Вышецки Г.* Цвет в науке и технике. М., 1978.  
*Измайлов Ч.А.* Сферическая модель цветоразличения. М., 1980.  
*Измайлов Ч.А.* Многомерное шкалирование ахроматической составляющей цвета // Нормативные и дескриптивные модели принятия решений: Мат-лы сов.-амер. симпозиума / Под ред. Б.Ф. Ломова и др. М., 1981. С. 98—110.  
*Измайлов Ч.А.* Геометрическая модель различения пигментных цветов // Сенсорные системы. 2010. Т. 24. № 1. С. 27—40.

*Измайлов Ч.А., Соколов Е.Н.* Метрические характеристики сферической модели пвтораэличения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 14. Психология. 1978. № 2. С. 47—61.

*Измайлов Ч.А., Соколов Е.Н., Черноризов А.М.* Психофизиология цветового зрения. М., 1989.

*Соколов Е.Н., Измайлов Ч.А.* Цветовое зрение. М., 1984.

*Федоров Н.Т.* Курс общего цветоведения. М., 1935.

*Фомин С.В., Соколов Е.Н., Вайтквявичус Г.Г.* Искусственные органы чувств. М., 1979.

*Bornstein M.H., Korda N.O.* Discrimination and matching within and between hues measured by reaction times: Some implications for categorical perception and levels of information processing // Psychological Research. 1984. Vol. 46. P. 207—222.

*Boynton R.M., Gordon J.* Bezold-Brücke hue shift measured by color-naming technique // J. Opt. Soc. Amer. 1965. Vol. 55. P. 78—86.

*Dzhafarov E.D., Colonius H.* Fechnerian metrics in unidimensional and multidimensional stimulus spaces // Psychological Bulletin and Review. 1999a. Vol. 6. P. 239—268.

*Dzhafarov E.N., Colonius H.* Fechnerian metrics // Looking back: The end of the 20th century psychophysics / Ed. by P.R. Killeen, W.R. Uttal. Tempe, AZ, 1999b. P. 111—116.

*Dzhafarov E.N., Colonius H.* Multidimensional Fechnerian scaling: Basics // J. of Mathematical Psychology. 2001. Vol. 45. P. 670—719.

*Hurvich L.M., Jameson D.* A psychological color specification system // J. Opt. Soc. of Amer. 1956. Vol. 46. P. 416—421.

*Izmailov Ch.A.* Uniform color space and Multidimensional scaling {MDS} // Psychophysical judgment and the process of perception / Ed. by H.G. Geissler, F. Petsold. Berlin, 1982. P. 52—62.

*Izmailov Ch.A., Sokolov E.N.* Spherical model of color and brightness discrimination // Psychol. Science. 1991. Vol. 2. P. 249—259.

*Jameson D., Hurvich L. M.* Some quantitative aspects of an opponent-color theory. 1. Chromatic responses and spectral saturation // J. Opt. Soc. Amer. 1955. Vol. 45. P. 546—552.

*Kruskal J.B.* Multidimensional scaling by optimizing of fit to a nonmetric hypothesis // Psychometrika. 1964a. Vol. 29. P. 1—27.

*Kruskal J.B.* Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method // Psychometrika. 1964b. Vol. 29. P. 115—129.

*Pilling M., Wiggert A., Özgen E., Davies I.R.L.* Is color “categorical perception” really perceptual? // Memory and Cognition. 2003. Vol. 31. P. 538—551.

*Roberson D., Davidoff J.* The categorical perception of colours and facial expressions: the Effect of Verbal Interference // Memory and Cognition. 2000. Vol. 28. P. 977—986.

*Roberson D., Hanley J.R., Pak H.S.* Thresholds for color discrimination in English and Korean speakers // Cognition. 2009. Vol. 112. P. 482—487.

*Shepard R.N.* The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function // Psychometrika. 1962. Vol. 27. P. 125—140; 219—246.

*Shepard R. N., Carroll J.D.* Parametric representation of non-linear data structures // Multivariate Analysis / Ed. by P.R. Krishnaiah. N.Y., 1966. P. 561—592.

*Torgerson W.S.* Theory and methods of scaling. N.Y., 1958.

*Wish M., Carroll J.D.* Multidimensional scaling with differential weighting of dimensions // Mathematics in the Archaeological and Historical Sciences / Ed. by D.G. Kendall, R. Hodson, P. Tautu. Edinburgh, 1971. P. 150—167.

*Wyszecki G., Stiles W.S.* Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulas. N.Y., 1982.