
ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАЗВАНИЙ ОБЪЕКТОВ

Ю.А. Чудина

Лаборатория физических методов коррекции нейрокогнитивных процессов
Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
пл. Академика Курчатова, 1, Москва, Россия, 123182

В статье описаны результаты экспериментального исследования субъективного различения цветовых характеристик объектов, обозначенных существительными русского языка. Полученные данные интерпретировали в терминах сферической модели различения стимулов Е.Н. Соколова — Ч.А. Измайлова. Субъективная модель цветоразличения, полученная на основе попарных сравнений существительных, соответствует сферической модели различения цветовых признаков, представленных прилагательными русского языка.

Ключевые слова: многомерное шкалирование, субъективные оценки попарных различий, надпороговые цветовые различия, существительные русского языка, двухканальный модуль, сферическая модель различения стимулов, сферическая модель цветоразличения.

Известно, что слово может выступать в качестве самостоятельного сигнала, заменяющего непосредственное сенсорное воздействие и способного вызывать определенное поведение. В этом смысле слово является ярлыком или особым признаком объекта, ситуации или действия [2], который актуализирует мозговой субстрат, подобный или аналогичный структурам мозга, обрабатывающим этот признак. Однако вопрос о том, может ли слово в полной мере заменить сенсорное воздействие, остается открытым.

Возможность описания окружающего мира с помощью слов позволяет человеку абстрагироваться от конкретного материального носителя информации и всегда «носить» эту информацию с собой. Но для актуализации этой информации необходимо, чтобы перцептивная система «воспринимала» слово не просто как аналог сенсорного сигнала, но как абсолютную и полноценную его замену. Выполнение этого условия делает слово особым стимулом, который, с одной стороны, обладает всеми воспринимаемыми признаками внешнего объекта, а с другой стороны, выступает в роли его обобщающей надмодальной характеристики [1; 6].

Психофизические и психофизиологические исследования восприятия слов показали сходство субъективного представления зрительно воспринимаемых характеристик окружающего мира и их словесных обозначений [9; 10]. В частности, на примере различения прилагательных, обозначающих цветовые характеристики видимого мира, было показано, что субъективное пространство различения цветовых названий [7] является аналогичным сферической модели цветоразличения [3]. В обоих случаях зрительное восприятие цветовых характеристик осуществляется на основе выделения таких субъективных признаков, как цветовой тон и яркость. Их анализ в зрительной системе осуществляется четырехканальной нейронной сетью, состоящей из двух двухканальных модулей, каждый из которых объединяет, соответственно, пары хроматических и ахроматических оппонентных ней-

ронных каналов. Различие между моделями цветоразличения связано с третьей субъективной цветовой характеристикой — насыщенностью цвета. Было обнаружено наличие ее в перцептивной модели и отсутствие в модели, полученной на основе различения прилагательных. Появление такого специфического признака перцептивного представления цветových характеристик окружающего мира связывают с наличием эффекта Берцольда-Брюкке, который проявляется в том, что динамика цветового тона воспринимается связанной с изменениями абсолютного уровня яркости стимула [8]. Наличие данного эффекта при непосредственном зрительном восприятии связано с особенностями функционирования фоторецепторов и цветоопponentных нейронов. Отсутствие этого эффекта в случае различения прилагательных может быть связано с актуализацией только высших уровней нейронной сети цветоразличения. В этом смысле рецепторы сети цветоразличения не реагируют на слово как на стимул, содержащий «цветовые» характеристики. Однако активация преддетекторов и детекторов этой сети происходит, что для данных ее элементов делает слово адекватной заменой непосредственного цветового воздействия. В данном случае не исключено управление «сверху» вышележащими структурами, интегрирующими сенсорные характеристики в целостный перцептивный образ.

Особый интерес вызывает субъективное восприятие слов, относящихся к разным частям речи, и их способность актуализировать структуры мозга, функциональные системы и блоки индивидуального опыта. С целью сравнения восприятия сенсорных характеристик, передаваемых с помощью разных частей речи, в данной работе исследовали различение цветových признаков объектов, обозначенных существительными.

Стимулы. В качестве стимулов использовали существительные русского языка, являющиеся названиями объектов окружающего мира (табл. 1). Использовались названия овощей и фруктов, а также цветов. Слова подбирались так, чтобы обозначаемые ими предметы обладали более или менее стабильной цветовой отнесенностью.

Таблица 1

Слова, используемые в качестве стимулов

№ стимула	Слово	№ стимула	Слово	№ стимула	Слово
1	помидор	11	сахар	21	слива
2	кукуруза	12	капуста	22	василек
3	банан	13	уголь	23	бирюза
4	морковь	14	вишня	24	баклажан
5	рябина	15	лимон	25	свекла
6	петрушка	16	пшеница	26	малина
7	огурец	17	тыква	27	редис
8	голубика	18	апельсин	28	жемчуг
9	незабудка	19	салат	29	чеснок
10	маслины	20	оливки	30	черника

Испытуемые. В эксперименте приняли участие шесть испытуемых женского пола в возрасте 30—45 лет с нормальным цветovým зрением. Эксперимент прово-

дился с каждым испытуемым отдельно, в ходе эксперимента на экране компьютера последовательно предъявляли пары слов, обозначающих определенные объекты. Перед испытуемым стояла задача оценить попарные цветовые различия между объектами по шкале от 1 до 9, где 1 соответствовали минимальные различия, а 9 — максимальные. Каждая пара слов испытуемому предъявлялась по два раза.

Исходные данные. Усредненная по двум предъявлениям оценка цветовых различий между стимулами являлась индивидуальными данными для каждого испытуемого. Индивидуальные данные каждого испытуемого представляли в виде матрицы, каждая ячейка которой соответствует оценке различия между соответствующими двумя стимулами, номера которых обозначены по строкам и по столбцам. После проверки индивидуальных матриц на коррелированность отбирали схожие (коэффициент корреляции 0,7) и их усредняли. В результате получили матрицу цветовых различий, усредненных по группе испытуемых, элементом которой является усредненная по 12 предъявлениям каждой пары оценка различия (табл. 2).

Таблица 2

Матрица субъективных цветовых различий между существительными

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1																														
2	6,5																													
3	6,7	4,3																												
4	3,8	6,8	6,5																											
5	4,4	5,6	6,3	3,4																										
6	7,8	6,8	6,3	6,7	7,8																									
7	7,8	6,3	6,2	7,8	6,8	3,6																								
8	6,6	6,8	7,4	7,2	5,9	7,0	6,6																							
9	7,0	7,3	6,7	6,8	6,6	6,8	6,6	3,6																						
10	6,3	6,0	6,3	6,3	6,3	5,8	5,3	5,8	6,6																					
11	8,5	6,4	6,6	8,3	8,3	7,8	7,8	7,8	8,2	7,6																				
12	7,3	4,8	5,4	6,8	6,6	4,3	3,6	7,8	6,6	4,8	6,5																			
13	7,8	8,6	8,6	7,9	8,8	8,0	8,4	6,8	8,6	7,9	9,0	8,8																		
14	4,3	6,4	6,8	4,6	4,2	6,7	7,2	5,3	6,6	6,3	8,6	6,6	7,8																	
15	6,7	3,8	3,6	5,7	6,7	6,3	5,7	6,5	7,3	5,8	6,3	4,8	8,5	6,7																
16	6,7	2,9	3,9	6,4	6,5	6,5	5,8	6,4	6,4	6,5	6,5	5,8	8,3	7,0	3,8															
17	5,2	4,3	4,9	3,4	4,8	6,3	6,8	7,2	7,3	5,9	7,4	6,8	8,3	5,7	4,8	4,9														
18	5,8	5,7	5,9	4,8	4,6	6,8	7,2	6,8	6,9	6,8	7,8	6,6	8,3	5,3	5,8	6,4	4,8													
19	7,0	5,7	6,7	6,5	6,8	3,8	3,3	6,3	6,2	5,8	7,3	3,8	8,3	6,8	5,8	5,9	6,3	6,8												
20	6,2	5,6	5,2	6,8	5,6	5,3	4,5	6,3	6,3	5,8	7,8	4,3	8,3	7,8	5,3	4,9	5,9	6,9	4,0											
21	5,7	6,6	7,8	5,9	5,5	6,8	6,8	4,0	5,8	5,4	7,4	6,9	6,7	3,4	6,3	7,3	6,3	6,5	6,8	6,5										
22	7,3	7,0	7,3	7,7	7,8	6,4	7,2	3,9	3,6	5,9	8,2	6,8	7,9	6,2	7,0	7,2	7,2	7,2	6,6	6,8	4,4									
23	7,3	6,9	7,6	7,8	7,0	6,6	6,2	4,6	4,8	6,8	8,0	6,0	8,2	6,7	7,3	7,0	6,9	7,3	5,6	6,3	5,7	4,5								
24	5,6	7,0	7,0	6,3	6,6	6,8	6,6	4,8	5,3	6,0	8,3	7,3	6,2	6,8	6,8	7,0	6,2	7,8	7,0	6,6	3,3	5,3	6,2							
25	4,2	7,8	6,6	5,2	4,0	6,8	6,9	5,8	6,7	6,8	8,3	6,8	8,2	3,2	6,9	6,6	5,8	6,7	6,7	6,3	3,8	6,4	6,5	4,2						
26	4,3	6,5	6,7	4,2	4,2	6,4	7,3	5,9	6,8	6,2	8,8	6,8	8,3	3,2	7,8	6,8	5,6	5,0	7,4	6,8	5,2	7,2	7,4	5,3	3,8					
27	4,2	6,8	6,6	4,2	4,5	6,5	6,7	6,5	6,5	6,8	8,3	6,4	8,2	3,9	7,6	6,4	5,8	5,5	6,6	6,4	5,0	6,6	7,2	5,9	3,7	4,0				
28	7,9	5,6	6,8	7,8	8,2	8,8	7,6	8,3	7,2	7,4	2,3	6,7	8,9	8,3	6,7	5,2	7,3	8,8	6,8	6,4	8,6	7,9	7,7	8,4	8,0	8,0	8,8			
29	7,8	6,0	6,8	7,5	7,5	7,8	6,8	7,2	7,4	7,3	2,8	7,0	8,8	7,6	5,9	5,4	6,5	7,8	6,8	6,8	7,3	7,2	7,7	8,8	8,2	7,6	7,5	1,9		
30	6,8	7,8	7,4	6,9	6,8	6,9	7,0	4,2	5,8	4,8	8,5	7,3	4,7	5,3	7,3	7,0	6,7	7,3	7,2	5,6	3,8	6,2	6,2	3,8	5,2	5,2	6,8	8,8	8,3	

Примечание. Номера строк и столбцов соответствуют номерам стимулов в табл. 1.

Матрица попарных различий является представлением психофизических надпороговых исходных данных, которые могут быть использованы для создания сфе-

рической модели различения стимулов [8]. Создание сферической модели субъективных цветовых различий между словами требует обработки исходных данных методом многомерного шкалирования по алгоритму Гутмана [4; 12]. В результате данной обработки было получено множество решений или пространств, из которого необходимо выбрать только одно, адекватно отражающее различие данных стимулов. Выбор оптимального решения осуществляется на основе показателей, определяющих необходимую и достаточную размерность и сферичность. Показатели размерности достигают насыщения при 4-хмерном решении, которое обладает допустимой сферичностью (табл. 3).

Таблица 3

Значения показателей пространств, отражающих цветовые различия между существительными

Показатели	Размерность пространства					
	1	2	3	4	5	6
Стресс, s	0,51	0,24	0,16	0,12	0,09	0,08
Коэффициент корреляции, r	0,39	0,74	0,86	0,9	0,92	0,94
Коэффициент вариации, %	—	20,48	12,69	13,60	10,11	6,78

Следовательно, оптимальным решением является четырехмерное сферическое пространство, отражающее особенности геометрической модели различения существительных. Спецификация выбранной четырехмерной модели требует рассмотрения характеристик ее декартовых и сферических координат, которые позволят определить одномерные субъективные характеристики различаемых стимулов и нейрофизиологические механизмы их анализа, представленные двухканальными модулями [8].

Для этого построим проекции точек, представляющих стимулы, на плоскости, образованные парами декартовых координат X_1X_2 (рис. 1) и X_3X_4 (рис. 2). На рис. 1 стимульные точки, рядом с которыми представлено соответствующее слово, расположились упорядоченно в зависимости от цветового тона. Координаты X_1 и X_2 отражают функционирование цветовых оппонентных каналов, соответственно, красно-зеленого и сине-желтого. На вертикальной плоскости (рис. 2) стимулы расположились упорядоченно в зависимости от яркостных характеристик предметов, обозначенных словами. Особенности расположения стимульных точек вдоль координатных осей X_3 и X_4 позволяют интерпретировать их, соответственно, как световой и темновой каналы.

С точки зрения геометрического подхода [8] полученные результаты позволяют говорить о том, что различие цветовых характеристик объектов на основе сравнения обозначающих их существительных осуществляется четырехканальной нейронной сетью, которая предстала двумя двухканальными модулями. Каждый модуль анализирует одномерную субъективную цветовую характеристику. Хроматический модуль анализа цветового тона представлен двумя оппонентными цветовыми каналами (красно-зеленый и сине-желтый), определяющими спектральный состав излучения. Ахроматический модуль, представленный световым и темновым оппонентными каналами, формирует представления о субъективной яркости объекта, обозначенного существительным.

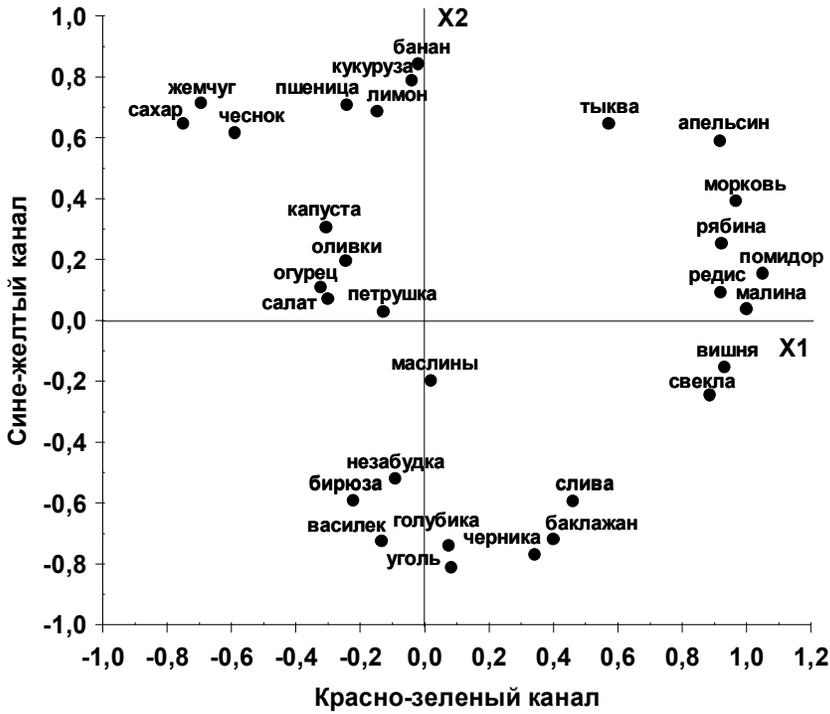


Рис. 1. Проекция точек-стимулов на горизонтальную плоскость

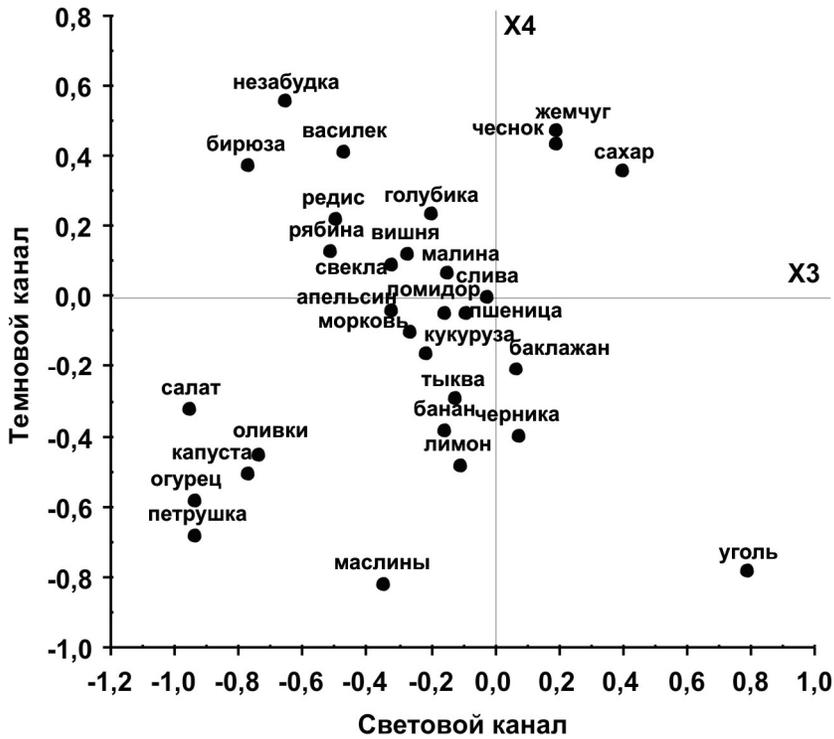


Рис. 2. Проекция точек-стимулов на вертикальную плоскость

Полученные в данной работе результаты согласуются со сферической моделью цветоразличения [3]. Согласно этой модели существует третья субъективная цветовая характеристика, определяемая как третий сферический угол четырехмерного пространства, образующийся между плоскостями X_1X_2 и X_3X_4 . Рассмотрим проекцию стимульных точек-существительных на двумерное подпространство (рис. 3), декартовы координаты которого являются производными соответствующих пар координат, вычисляемые по формулам (1) и (2):

$$\text{хроматические каналы} = (X_1^2 + X_2^2)^{1/2}, \quad (1)$$

$$\text{ахроматические каналы} = (X_3^2 + X_4^2)^{1/2}. \quad (2)$$

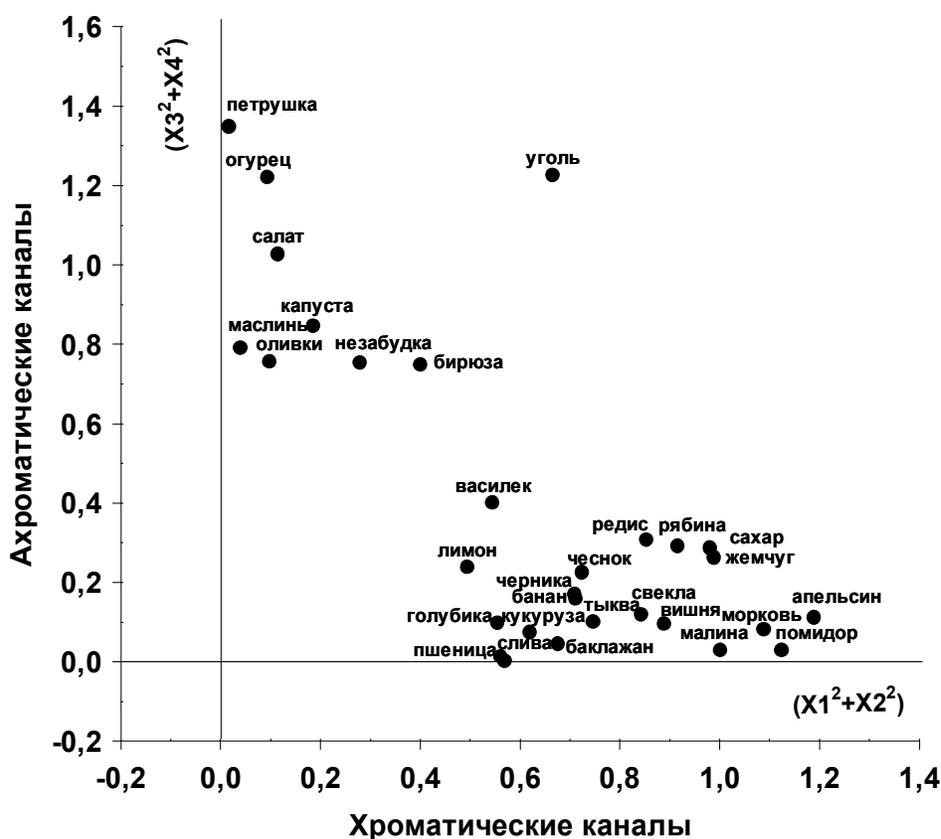


Рис. 3. Проекция точек-стимулов на двумерное подпространство

Согласно сферической модели цветового зрения, третья сферическая координата цветового пространства кодирует насыщенность цвета, и стимульные точки располагаются упорядоченно от минимальной (белый цвет) до максимальной насыщенности (красный цвет). На рис. 3 видно, что стимульные точки, соответствующие существительным, расположились в случайном порядке, а не упорядочились по насыщенности. Следовательно, модель цветовых характеристик существительных не содержит такого цветового признака, как насыщенность.

Полученная модель цветоразличения полностью совпадает с моделью различения цветовых характеристик прилагательных [7]. Обе модели цветовых обозначений слов имеют одинаковую формальную и содержательную структуру. Цветовые характеристики объектов, представленные прилагательными и существительными, анализируются путем выделения двух субъективных признаков: цветового тона и яркости. Эти субъективные признаки обрабатываются хроматическим и ахроматическим двухканальными модулями, объединяющимися в четырехканальную нейронную сеть.

Такой результат позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, вне зависимости от того, к какой части речи относится слово, обозначающее зрительно различимую характеристику объекта, оно актуализирует структуры зрительной системы, обеспечивающие детектирование этой характеристики. Во-вторых, один и тот же субъективный зрительный образ может быть построен на основе разных сенсорных стимулов. Это позволяет предположить, что результат восприятия скорее определяется функциональным взаимодействием нейронных элементов зрительной системы, чем самим стимулом.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Вежбицкая А.* Семантические универсалии и описания языков. — М.: Языки русской культуры, 1999. [*Vegbickaya A.* Semanticheskie universalii i opisaniya yazika. — М.: Yaziki russkoy kulturi, 1999.]
- [2] *Лурия А.Р.* Язык и сознание. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. [*Luriya A.R.* Yazik i soznanie. — М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1979.]
- [3] *Измайлов Ч.А.* Сферическая модель цветоразличения. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. [*Izmailov Ch.A.* Sfericheskaya model cvetorazlicheniya. — М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1980.]
- [4] *Терехина А.Ю.* Анализ данных методом многомерного шкалирования. — М.: Наука, 1985. [*Terehina A.Y.* Analiz dannih metodom mnogomernogo shkalirovaniya. — М.: Nauka, 1985.]
- [5] *Фомин С.В., Соколов Е.Н., Вайткявичус Г.Г.* Искусственные органы чувств. — Л.: Наука, 1979. [*Fomin S.V., Sokolov E.N., Vaytkyavichus G.G.* Iskusstvennye organi chuvstv. — Л., Nauka, 1979.]
- [6] *Фрумкина Р.М.* Цвет, смысл, сходство. — М.: Наука, 1984. [*Frumkina R.M.* Cvet, smisl, shodstvo. — М.: Nauka, 1984.]
- [7] *Чудина Ю.А., Измайлов Ч.А.* Психофизиологическая и лингвистическая составляющие в цветовых названиях русского языка // Психология. Журнал Высшей школы экономики. — 2011. — Т. 8. — № 1. — С. 101—121. [*Chudina Y.A., Izmailov Ch.A.* Psyhofiziologicheskaya i lingvisticheskaya sostavlyayushie v cvetovih nazvaniyah russkogo yazika // Psihologiya. Jurnal Visshey shkoli ekonomiki. — 2011. — Т. 8. — № 1. — Р. 101—121.]
- [8] *Izmailov Ch.A., Chernorizov A.M.* A geometrical approach to research into signal recognition in visual systems of human and animals // Psychology in Russian: State of the Art. — 2010. — Р. 301—332.
- [9] *Izmailov Ch.A., Korshunova S.G., Sokolov E.N.* The semantic component of evoked potential of differentiation // The Spanish Journal of Psychology. — 2008. — 11. — Р. 321—340.
- [10] *Izmailov Ch.A., Sokolov E.N.* A semantic space of color names // Psychological Science. — 1992. — 3. 2. — Р. 105—111.
- [11] *Izmailov Ch.A., Sokolov E.N.* Spherical model of color and brightness discrimination // Psychological Science. — 1991. — 2. 4. — Р. 249—259.
- [12] *Shepard R.N.* Towards a universal law of generalization for psychological space // Science. — 1987. — V. 237. — Р. 1317—1323.

COLOR FEATURES OF OBJECT NAMES

Y.A. Chudina

Laboratory of correctional physical methods of neurocognitive processes
National research centre «Kurchatov Institute»
Akademik Kurchatov Sq., 1, Moscow, Russia, 123182

The results of the experimental research of subjective discrimination of color object features, specified by the nouns of the Russian language, have been described in the article. The received data were interpreted in terms of E.N. Sokolov and Ch.A. Izmailov's spherical model of differentiating stimuli. The subjective model of color discrimination derived on the basis of nouns comparison corresponds with the spherical model of discrimination of the color features represented by the Russian language adjectives.

Key words: multidimensional scaling, subjective estimations of pairwise perceived differences, superthreshold color differences, nouns of the Russian language, two-channel module, spherical model of differentiating stimuli, spherical model of color discrimination.