

Г. Н. РАУТИАН

## К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМ ЦВЕТНОГО ЗРЕНИЯ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 11 X 1951)

В развитие нашей прежней работы (1), показавшей широкие возможности новой методики исследования цветного зрения, которую можно назвать „пороговой“, было выполнено дополнительное исследование цветного зрения 305 лиц. При этом, параллельно с испытаниями на новом аномалоскопе (2) различительной чувствительности трех приемников глаза, проводилось так же и испытание с применением релейского уравнения.

Для этой цели был приспособлен трехцветный кодориметр (колориметрическая головка к фотометрической скамье системы Демкиной и Раутиана), в котором были оставлены только красный и зеленый светофильтры, а синий был исключен. Изменение соотношения  $\gamma/\rho$  в смеси зеленого цвета ( $U_z$ ) с красным ( $U_k$ ) для получения равенства ее с желтым цветом:  $\alpha U_{ж} = \rho U_k + \gamma U_z$  осуществлялось вращением только одной рукоятки. Для получения желтого цвета служил „монокроматический“ интерференционный светофильтр с  $\lambda_{\max} = 590$  м $\mu$ . Яркостные подравнивания осуществлялись перемещениями источника, освещавшего этот светофильтр.

Как первичное мерило аномальности цветного зрения было взято отношение  $\gamma/\rho$ , которое, понятно, не зависит от  $\alpha^*$ . В дальнейшем в качестве характеристики аномальности цветного зрения приводятся значения  $A$  отношения

$$\frac{\gamma}{\rho} \cdot \frac{\gamma_0}{\rho_0} = \frac{\gamma}{\rho} : 4,05 = A.$$

Значения  $A < 1$  отвечают уклону в сторону так называемой „протаномалии“, а случаи  $A > 1$  — в сторону „дейтераномалии“.

Чувствительность приемников  $R, G, B$  характеризовалась, как и ранее (1), относительной величиной порога по осям  $R, G, B$  основной физиологической системы (3); за норму ( $n = 1$ ) принималось наиболее часто встречающееся значение. Понятно, что относительная величина порогов ( $n_R, n_G, n_B$ ) не зависит от масштаба отсчетной шкалы аномалоскопа.

В табл. 1 приводятся в систематизированном виде некоторые данные этого исследования, относящиеся к случаям, которые условно были сосчитаны выходящими из нормы. В таблице выписаны все случаи из 305, в которых либо значения  $A$  выходят за пределы

\* Отношение  $\gamma/\rho$  оказалось в данном приборе для большинства случаев равным 4,05. Уже значения 4,0 и 4,1 встречались в 2—3 раза реже, чем 4,05, а например, 3,9 — уже в 8 раз реже.

Таблица

№№ пп.	$n_R$	$n_G$	$n_B$	A	№№ пп.	$n_R$	$n_G$	$n_B$	A	№№ пп.	$n_R$	$n_G$	$n_B$	A
1	1,0	1,0	1,0	1,0	41	1,1	1,2	1,3	0,85	81	1,2	1,8	2,1	0,9
2	0,7	0,4	0,6	1,0	42	1,1	1,1	0,9	0,8	82	1,2	1,3	2,2	1,05
3	1,0	1,6	1,5	1,0	43	1,0	1,2	1,2	0,8	83	1,8	1,1	2,2	1,0
4	0,7	0,6	0,5	0,95	44	1,4	1,5	1,3	0,8	84	1,8	1,0	2,2	1,0
5	1,2	1,1	1,1	0,95	45	0,7	0,7	1,2	0,8	85	1,3	2,2	1,8	1,0
6	1,3	1,4	1,4	0,95	46	0,7	0,6	0,7	1,2	86	1,3	1,3	2,2	1,15
7	0,6	0,3	0,4	1,1	47	0,7	0,5	0,6	1,2	87	1,3	2,2	1,8	1,1
8	0,9	0,9	1,7	1,1	48	1,0	1,1	1,3	1,2	88	1,4	2,2	1,3	1,0
9	0,9	1,4	0,9	1,1	49	0,8	0,9	1,0	1,2	89	1,9	2,2	1,5	1,05
10	1,5	1,7	1,8	1,1	50	1,4	0,8	1,0	1,2	90	0,6	0,4	2,3	1,15
					51	0,9	0,9	0,7	1,2	91	1,4	1,4	2,4	1,0
					52	0,7	0,7	0,7	1,2	92	1,0	1,5	2,5	1,2
					53	1,1	0,7	0,8	1,25	93	1,2	2,5	1,8	0,95
					54	0,7	0,4	0,6	1,25	94	1,2	2,5	0,8	1,0
					55	0,8	0,9	1,1	1,25	95	0,9	1,3	2,5	1,05
					56	1,1	0,7	1,0	1,3	96	0,7	0,8	2,5	1,0
					57	0,8	0,8	0,8	1,3	97	1,1	0,7	2,5	1,0
					58	1,1	1,1	1,2	1,7	98	1,1	1,1	2,6	1,05
					59	0,9	0,9	0,8	1,95	99	0,9	1,4	2,6	1,05
										100	1,4	1,9	2,6	1,2
										101	1,0	1,1	2,6	1,1
										102	1,1	1,9	2,7	1,3
										103	0,9	0,8	2,7	0,95
										104	1,1	2,7	1,4	1,0
										105	1,1	2,8	1,1	1,15
										106	0,9	0,8	3,1	1,1
										107	1,6	1,6	3,2	1,5
										108	1,2	1,4	4,1	1,05
										109	1,0	0,7	4,3	1,2
										110	1,1	1,8	5,0	0,95
										111	1,2	2,0	2,1	1,05
										112	1,3	2,1	2,5	1,0
										113	1,8	2,4	2,0	0,95
										114	2,1	2,4	0,9	2,25
										115	1,9	2,4	3,5	0,95
										116	2,2	2,3	2,2	1,15
										117	2,4	7,5	1,5	—
										118	1,3	11,5	1,2	—
										119	15,0	2,2	1,3	—
										120	20,0	2,7	1,7	—
11	1,0	1,0	1,3	0,9	60	1,0	1,1	1,1	2,0					
12	0,7	1,2	1,0	0,9	61	1,1	1,7	1,2	2,0					
13	1,0	1,9	1,2	0,9	62	1,4	1,3	0,9	2,0					
14	1,4	1,4	0,7	0,9	63	1,1	1,0	0,9	2,1					
15	0,7	0,7	1,1	0,9	64	0,8	0,6	0,9	2,2					
16	0,9	1,3	0,7	0,9	65	1,5	1,2	0,6	2,2					
17	1,1	1,2	0,6	0,9	66	1,5	1,2	0,6	2,2					
18	1,1	1,3	0,7	0,9	67	1,3	1,8	0,9	2,25					
19	0,9	1,1	1,6	0,9	68	0,8	0,8	0,5	2,25					
20	0,8	1,1	1,1	0,9	69	0,8	1,1	1,3	2,50					
21	1,6	1,7	0,8	0,9	70	1,2	1,9	0,5	3,25					
22	1,5	1,3	1,0	0,9	71	1,6	1,8	1,0	3,3					
23	1,1	1,1	0,6	0,9	72	1,2	2,5	0,6	3,3					
24	0,7	1,2	1,0	0,9	73	0,9	1,1	2,3	4,15					
25	0,7	0,3	0,5	1,15	74	1,4	2,0	0,9	1,1					
26	1,2	0,8	1,4	1,15	75	2,1	1,7	0,8	1,0					
27	1,3	1,2	0,8	1,15	76	0,8	1,0	2,0	1,05					
28	1,5	1,1	0,8	1,15	77	1,0	1,0	2,0	1,0					
29	1,0	1,4	1,3	1,15	78	1,2	1,6	2,0	1,05					
30	1,6	1,4	1,4	1,15	79	0,8	1,0	2,0	1,05					
31	1,0	1,8	0,9	1,15	80	1,4	2,0	0,9	1,1					
32	1,4	1,4	1,4	1,15										
33	1,0	0,4	0,7	1,15										
34	1,6	1,2	1,7	1,15										
35	0,9	0,7	0,7	1,15										
36	1,3	1,9	1,7	1,15										
37	1,7	1,5	1,4	1,15										
38	0,7	1,0	1,0	1,15										
39	0,9	1,1	0,9	0,85										
40	0,9	1,1	0,8	0,85										

Примечание. В первых 10 номерах таблицы пороги по всем трем осям  $R, G, B$  меньше 2, а коэффициент  $A$  лежит в пределах 0,95—1,1, т. е. эти случаи типичны для основной массы испытуемых и при выбранных здесь критериях представляют собой „норму“.

Далее, вплоть до № 73, идет постепенное нарастание аномальности, причем наименьшее значение  $A$  (в сторону проганомалии) составляет 0,8, а наибольшее значение (для дейтераномалии) поднимается до 4. Все эти случаи не имеют существенного превышения порогов ни по одной оси ( $n \leq 2,0$ ) и, следовательно, их с полным правом можно рассматривать как уклон цветного зрения в сторону одной только аномальности.

Начиная с № 74 и далее, до № 110, сосредоточены случаи, когда занижение чувствительности по одной какой-нибудь оси переходит за значение 2 и постепенно возрастает (вплоть до значения 5). Характерно, что во всех этих случаях наблюдаются более или менее нормальные значения коэффициента  $A$ , и только в единичных случаях имеем такие значения, как 0,9; 1,2; 1,3; 1,5. Не может не обратить внимания также тот факт, что случаи занижения чувствительности одного приемника более чем вдвое ( $n > 2$ ) группируются преимущественно по оси  $B$ , как это было уже видно и на материале прежнего исследования 995 лиц (1). Это явление прежде совершенно ускользало от наблюдения из-за неприспособленности испытательных таблиц и аномалоскопа Нагеля. Оно установлено нами в прежней и данной работе в первые и демонстрирует преимущества „пороговой“ методики.

Отчетливо выступает также сравнительная редкость случаев завышения порогов по оси  $R$ .

Случаи от № 111 до 116 характерны тем, что здесь занижение чувствительности имеет место уже по двум осям и даже (№ 116) по всем трем. То обстоятельство, что эти занижения не так уже сильны и не переходят за значение 3,5, позволило получить достаточно определенно устанавливаемые значения коэффициента  $A$ .

Своеобразием отличается № 114, в котором довольно сильно выражена также и аномальность ( $A = 2,25$ ), в то время как во всех остальных случаях имеем „нормальные“ значения  $A$ , т. е. не выходящие за пределы принятой нами здесь условно „нормы“.

Последние четыре случая надо рассматривать как крайние проявления занижения чувствительности, т. е. дихроматические формы цветного зрения, при которых уже не представлялось возможным получить от испытуемого сколько-нибудь определенного значения  $A$ . Но то обстоятельство, что испытуемые соглашались с нормальным релеевским равенством, позволяет считать тип спектральной чувствительности остальных двух приемников лежащим в пределах нормы.

Так как исследованная группа 305 лиц не могла считаться составленной совершенно случайно и подвергалась предельно известному отсеву, нельзя придавать особого значения частоте появления в ней крайних форм дефектности.

0,95—1,10, либо какой-нибудь из приемников имеет чувствительность, заниженную в два раза или более против нормы ( $n \geq 2$ ). К этому добавлено вначале несколько характерных „нормальных“ случаев.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Новая „пороговая“ методика, в соединении с испытанием по Релею на уравнивание желтого цвета смесью красного и зеленого, может дать характеристику цветного зрения, повидимому, гораздо более полную и точную, чем испытание с помощью псевдоизохроматических таблиц или с помощью одного только аномалоскопа типа Нагеля.

2. Аномалия, понимаемая как видоизменение (искажение) типичной для большинства людей формы кривых спектральной чувствительности приемников, приводящее к аномальному релеевскому равенству, а с другой стороны, ослабление (редукция) различительной чувствительности по той или другой оси основной физиологической системы, т. е. увеличение порогов для того или другого приемника, представляют два мало связанных между собой явления, которые проявляются с различной степенью выраженности, иногда изолированно друг от друга, иногда же во взаимном наложении.

3. Ослабление чувствительности и соответственное завышение порогов по тем или другим осям, и особенно по оси „синечувствительного“ приемника  $B$ , так же как и одновременное завышение их по двум и даже трем осям, представляют собой гораздо более часто встречающиеся явления, чем это было известно до сих пор.

4. В соответствии с раскрытыми фактами можно предположить новую классификацию форм цветного зрения (оставляя пока в стороне неясный с практической стороны вопрос о границах нормального и дефектного зрения).

Нормальная форма — трихроматы с нормальным типом спектральной чувствительности своих трех приемников (3), обладающие „нормальной“ величиной порогов цветоразличения по осям  $R$ ,  $G$ ,  $B$  основной физиологической системы.

„Цветослабые“ — трихроматы с нормальным типом спектральной чувствительности, но с завышенными порогами по отдельным осям  $R, G, B$ .

„Цветослепые“ — дихроматы с нормальным типом спектральной чувствительности своих функционирующих приемников и полным или почти полным выпадением чувствительности по отдельным осям — „протанопы“, „дейтеранопы“, „тританопы“, „монохроматы“.

„Аномалы“ — трихроматы, обладающие достаточно уклоняющимся от нормы типом спектральной чувствительности своих приемников, пороги цветоразличения которых не выходят за нормальный уровень.

„Цветослабые аномалы“ — трихроматы, обладающие уклоняющимся от нормы типом спектральной чувствительности своих прием-

Таблица 2

№№ пп.	$n_R$	$n_G$	$n_B$	$A$	Заключение
1	0,5	0,6	0,5	2,5	Дейтераномал (с повышенной остротой цветоразличения)
2	1,2	1,0	0,9	2,35	Дейтераномал (с нормальной остротой цветоразличения)
3	3,8	1,8	1,0	0,85	Цветослабый (по оси $R$ ) протаномал
4	12,7	2,5	0,6	—	Близкая к протанопии цветослабость (по оси $R$ )
5	5,3	2,5	0,6	0,7	Цветослабый (по оси $R$ ) протаномал
6	4,3	6,0	0,9	—	Цветослабый по двум осям $R$ и $G$ (слабая форма монохроматизма)
7	1,2	2,1	3,8	1,05	Цветослабый (по оси $B$ )

ников, некоторые из которых имеют завышенные в той или другой мере пороги цветоразличения\*.

Вопрос о существовании цветослепых аномалов можно считать невыясненным, хотя такие случаи, как №№ 73, 107 и 114 табл. 1, указывают на возможность существования и такой крайней формы. В этом предположительном случае не должно приниматься нормальное релеевское равенство.

В заключение приводим таблицу данных комплексного испытания цветного зрения 7 лиц (предварительно отобранных с помощью таблиц Е. Б. Рабкина) как пример использования предложенной классификации (см. табл. 2).

Введение групп, наподобие классов  $A, B$  и  $C$ , предложенных Е. Б. Рабкиным<sup>(6)</sup>, которые определялись бы количественно нормированным завышением порогов и аномальных уклонений, так же как и установление практических границ между нормой и дефектностью, дифференцированных для различных профессий, представляет собой большую и насущную задачу, стоящую на очереди и требующую соединенных усилий многих исследователей.

Поступило  
14 IV 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. Н. Раутиан, ДАН, 74, № 6 (1950). <sup>2</sup> Г. Н. Раутиан, ДАН, 73, № 1 (1950). <sup>3</sup> Е. Н. Юстова, ДАН, 74, № 6 (1950). <sup>4</sup> И. Е. Барбель, Диссертация, Л., 1943. <sup>5</sup> J. v. Kries, Дополн. статьи к Helmholtz's Handb. d. physiol. Optik, III Aufl., 2, 345, 355. <sup>6</sup> Е. Б. Рабкин, Полихроматические таблицы для испытания цветного зрения, М., 1946, стр. 10.

\* Применявшиеся Крисом<sup>(5)</sup> термины: „Reductionssystemen“ и „Alterationssystemen“, формально совпадающие с предлагаемыми нами, имеют, однако, у него другое содержание. К „Reductionssystemen“ Крис относит только случаи дихроматизма и монохроматизма, а все переходные формы — к „Alterationssystemen“. Наша табл. 1 определяет такое деление.