Доклады Академии наук СССР
1955. Том 100, № 1

БИОФИЗИКА

А. Б. ФЛЕККЕЛЬ

К ВОПРОСУ О ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ

(Представлено академиком К. М. Быковым 20 X 1954)

Оценка состояния цветового зрения определяется в СССР чаще всего при помощи полихроматических таблиц Е. Б. Рабкина и в редких случаях — на аномалоскопе Нагеля. Е. Б. Рабкин предложил проводить дифференциальную диагностику, выделяя не только протонапию и дейтеронапию, но и различные степени аномальной трихромазии, обозначив их начальными буквами латинского алфавита. Аномальная трихромазия группы А представляет собой наиболее выраженную степень отклонения от нормы, близкую к дихромазии: группа С только слегка уклоняется от нормы, а группа В занимает промежуточное между ними положение.

Совершенствование методов исследования цветового зрения, естественно приводит к повышению процента обнаруживаемых вариаций. Так, применение цветных моточков гаруса по Гольмгрену обнаруживало только 3% лиц с расстройством цветового зрения. Более совершенные методы исследования в виде различных систем аномалоскопов, а также пигментных таблиц повысили этот процент, по данным разных авторов, до 8% и даже 19%. Аномалоскоп конструкции Г. Н. Раутиана констатирует различные вариации цветового зрения у 40% обследуемых. В этих условиях, естественно, встает вопрос, в какой мере те или другие отклонения от статистически средней нормы, обнаруживаемые современными методами исследования, могут дисквалифицировать человека для профессий, связанных с необходимостью различать цветовые сигналы.

По этому поводу мы можем сообщить материал нашей работы, относящейся к сопоставлению способности различения цветовых сигналов, встречающихся на практике, с данными, полученными, при обследовании при помощи полихроматических таблиц Рабкина и аномалоскопа системы Раутиана (1).

Из 1343 здоровых мужчин были отобраны при помощи таблиц Рабкина, издания 1946 г., и в полном соответствии с рекомендуемой им методикой 124 чел. с дефектами цветового зрения. Эта группа лиц была подвергнута исследованию на аномалоскопе Раутиана. На этом приборе осуществляется плавное изменение цвета одного из двух сравниваемых полуполей — такое, при котором происходит изменение воздействия только на одну из трех цветодифференцирующих систем зрительного анализатора (красночувствительной, зеленочувствительной и синечувствительной). Раздельное испытание каждой такой системы является оригинальной чертой данного аномалоскопа, отличающей его от всех других. В этих исследованиях по шкале прибора фиксируется момент, когда наблюдатель замечает едва ощутимое для него пороговое различие цвета полуполей. За нормальную величину порогов цветоразличения каждой из систем были приняты значения, полученные при обследовании 802 нормальных трихроматов. Для этой группы было установлено,

что вариация порогов не превышала двукратного значения величины наиболее часто встречавшегося порога.

Соответственно этому превышение порога больше, чем в два раза против установленной нормы, рассматривалось нами как проявление известной цветослабости.

Помимо определения величины порогов, на аномалоскопе проводилось также обследование на аномальность методом Релея, т. е. по величине соотношения количеств зеленого и красного цвета в желтой их смеси. За норму здесь было принято значение отношения $\left(\frac{\text{зел.}}{\text{красн.}}\right)$, наиболее часто встречавшееся при обследовании 802 нормальных трихроматов. Индивидуальные колебания коэффициента $n_A = \left(\frac{\text{зел.}}{\text{красн.}}\right) : \left(\frac{\text{зел.}}{\text{красн.}}\right)_{\text{норм}}$ внутри данной нормальной группы оказались в пределах норм 0,97—1,1. Соответственно нами было принято считать за уклонение в сторону протаномалии все случаи, когда этот коэффициент был меньше 0,97, а в случаях $n_A > 1{,}1$ — за уклонение в сторону дейтераномалии.

Все отобранные нами 124 чел. были исследованы еще на различение цветовых сигналов в полевых условиях при помощи специальной установки. Цветовые характеристики выбранных сигналов (красный, зеленый и белый) укладывались в границы цветовых областей, установленных в транспортной сигнализации. Угловая величина сигналов составляла 30 сек. Наблюдения проводились с наступлением полной темноты. Сигналы предъявлялись по одному, и в ряде опытов по два одновременно. Каждому обследуемому предъявлялось вразбивку в течение 2—2,5 сек. с интервалом в 3—4 сек. от 80 до 90 цветовых сигналов. От обследуемых требовалось определить цвет предъявленного сигнала и его смысловое значение. Предварительно было установлено, что все обследуемые знакомы со смысловым значением выбранной сигнализации. Различение сигналов по их относительному расположению или форме исключалось. Признаки сомнения или задержки с ответом рассматривались как неправильный ответ. Ответы расценивались по сравнению с контрольной группой, обладавшей нормальным цветовым зрением.

В табл. 1 представлены результаты по различению сигналов для отдельных групп обследуемых, соответственно классификации Рабкина.

Таблица 1

Группы по Рабкину	Число обследуемых	Различение		Число предъявл. сигналов	Допущенные ошибки	
		прав.	неправ.		число	%
Дихроматы . . .	20	—	20	1663	670	40,3
Аномальные трихроматы:						
A	17	1	16	1363	518	38,0
B	32	9	23	2602	292	11,2
C	55	55	—	3753	—	—
Норм. трихроматы	8	8	—	780	—	—

Данные табл. 1 показывают, что бо́льшая часть обследованных (65 из 124) определяла цвет всех сигналов безошибочно. При этом правильно распознавали цвет предъявляемых сигналов все 55 лиц, отнесенных в группу аномальных трихроматов С, затем 9 чел. из 32 группы В и 1 чел. из 17 аномальных трихроматов группы А. Ни один

дихромат не распознал всех сигналов правильно. Из таблицы можно видеть, что наблюдается последовательное увеличение числа допущенных ошибок соответственно степени ухудшения цветового зрения по данным испытания при помощи полихроматических таблиц. Вместе с тем оказывается, что далеко не все лица, цветовое зрение которых диагностируется полихроматическими таблицами как отклоняющееся от нормы, допускают ошибки в различении цвета сигналов. Это же подтвердилось и при исследовании цветового зрения при помощи аномалоскопа Раутиана.

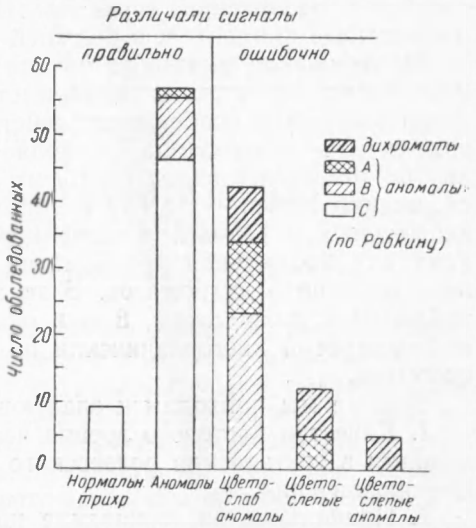


Рис. 1. Формы цветового зрения (по Раутиану)

На рис. 1 представлены данные по различению цветовых сигналов в зависимости от свойств цветового зрения обследуемых в соответствии с классификациями, предложенными Г. Н. Раутианом ([2]) и Е. Б. Рабкиным ([3]).

В первой группе (9 чел.) помещены обследуемые, у которых пороги цветоразличения не превышали двукратной величины, против нормы, а коэффициент аномальности n_A лежал в пределах 0,97—1,1, т. е. отвечали выбранному критерию нормальности цветового зрения. По данным испытания таблицами Рабкина, эта группа состояла из нормальных трихроматов группы С. Далее, в группе из 56 человек наблюдалась различная степень нарастания аномальности, но пороги цветоразличения не были существенно завышенными, так что этих обследуемых можно с полным правом рассматривать как чистых аномалов. Как видно из рисунка, эта группа составлена в подавляющей части из аномальных трихроматов типа С, 9 чел. типа В и одного — типа А.

Таким образом, в случае цветового зрения с нормальной, судя по данным аномалоскопа Раутиана, остротой цветоразличения цветовые сигналы распознавались безошибочно, хотя по таблицам Рабкина эти испытуемые были разнесены не только в группу С, но частью и в группу В и даже в А.

У обследуемых следующей группы пороги цветоразличения превышали 2-кратную норму, достигая в отдельных случаях 5-кратного и даже большего завышения. Были также случаи одновременного завышения порогов и по двум цветодифференцирующим системам. Особенностью этой группы было то, что параллельно со снижением остроты цветоразличения здесь наблюдались и аномальные установки равенства: желт. = красн. + зел. Согласно классификации Раутиана, эта группа наблюдателей квалифицируется как цветослабые аномалы.

Группа цветослепых (12 чел.) характеризовалась крайним снижением цветоразличения у той или иной цветодифференцирующей системы, так что не представлялось возможным установить определенное значение коэффициента аномальности.

Наконец, были выявлены 5 чел. с резко выраженной аномальностью и одновременно с очень резко завышенными порогами цветоразличения. Это позволило отнести их к группе цветослепых аномалов.

Среди изученного состава обследуемых не встретилось чистой формы цветослабости, которая, по Раутиану, характеризуется нормальным типом спектральной чувствительности, но обладает повышенными порогами цветоразличения по отдельным цветодифференцирующим системам.

Группы цветослабых аномалов, цветослепых и цветослепых аномалов, характеризующиеся различной степенью ухудшения цветоразличения вне зависимости от степени аномальности, составлены по Рабкину из дихроматов и аномальных трихроматов типа А и В, допускавших ошибки в различении сигналов. В меньшей мере ошибки допускали цветослабые аномалы и в большей — цветослепые аномалы.

Исследование цветового зрения на новом аномалоскопе, построенном на основе строгих колориметрических положений, учитывающих физиологические особенности действия цветодифференцирующих систем зрительного анализатора, позволяет вскрыть существенные различения внутри отдельных видов цветового зрения, устанавливаемых по классификации Криса — Нагеля с дополнениями Рабкина ([3]). Так, группа испытуемых в 17 чел., квалифицированная при помощи таблиц Рабкина как аномальная трихромазия типа А, дала при обследовании на аномалоскопе 5 дихроматов. В то же время из 20 чел., отнесенных по таблицам к дихроматам, 8 чел. оказались обладающими еще достаточной быстротой цветоразличения по всем трем цветодифференцирующим системам.

В итоге мы приходим к следующим выводам:

1. Качество цветового зрения человека определяется не столько различиями в составлении релеевского равенства, сколько уровнем остроты цветоразличения.

2. Правильное распознавание цветовых сигналов обеспечивается независимо от степени аномальности, если острота цветоразличения не занижена более, чем вдвое против нормы.

Поступило
12 VI 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Г. Н. Раутиан, ДАН, 73, № 1, 99 (1950). [2] Г. Н. Раутиан, ДАН, 81, № 5, 815 (1951). [3] Е. Б. Рабкин, Полихроматические таблицы для испытания светового зрения, М., 1946.