

Г. Н. РАУТИАН

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТНОГО ЗРЕНИЯ 995 ЛИЦ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 26 VI 1950)

В работе был использован описанный ранее <sup>(1)</sup> новый аномалоскоп, основанный на выдвинутом впервые в 1934 г. <sup>(2)</sup> принципе раздельной количественной характеристики чувствительности каждого из трех юнговских приемников глаза.

Ниже рассматриваются результаты обследования группы в 995 человек, собранной совершенно случайно и являющейся поэтому статистически чистой популяцией. Общими признаками были только: возраст — около 18 лет и пол — мужской. Поэтому можно считать, что полученные нами данные выявляют довольно точно картину существующих форм цветного зрения, характеризующихся впервые по такому естественному признаку, как чувствительность самих приемников глаза.

Кривые *R*, *G* и *B* на рис. 1 дают распределение численности отдельных групп, обладающих той или другой величиной порога цветоразличения в направлении, параллельном соответствующей оси основной физиологической координатной системы. В главной своей части эти кривые хорошо следуют закону распределения вероятных отклонений от статистического среднего, но у всех трех тянется крыло явных исключений, численностью своей превосходящих то, что приходилось бы на них по закону статистического распределения.

При совместном рассмотрении всех трех порогов каждого из испытуемых вся совокупность полученных данных была нами разбита на три группы с подразделением двух последних еще на три подгруппы. К I группе были отнесены все случаи нормальной чувствительности\* приемников, а также случаи, когда чувствительность всех трех отклоняется от нормы в одинаковое число раз, так сказать „симметрично“ (см. табл. 1).

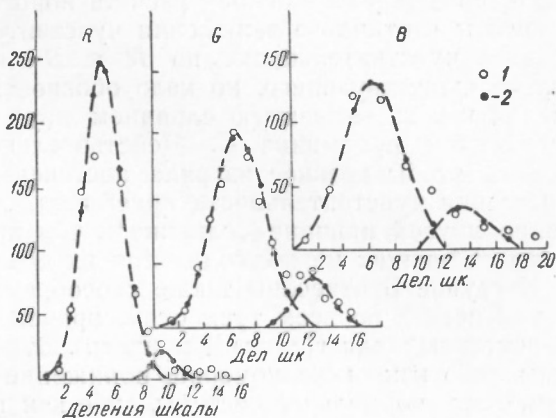


Рис. 1. 1—данные испытаний, 2—расчетные данные для статистического распределения отступлений от среднего

\* К норме были отнесены, с известной, конечно, долей произвола, все случаи, когда пороги отступают от среднего не более чем в два раза ( $0,5 < n < 2$ ).

В табл. 2 представлены данные по группе II, объединяющей случаи ухудшения чувствительности только одного приемника, в то время как остальные два обладают либо нормальной ( $0,5 < n < 2$ ),

Таблица 1

Группа I

| Пороги по осям $R, G, B$ | $n < 0,5$ | $0,5 < n < 2$ | $2 < n < 4$ | $4 < n < 6$ | Всего | %    |
|--------------------------|-----------|---------------|-------------|-------------|-------|------|
| Число испытуемых         | 2*        | 640           | 15          | 1*          | 658   | 66,1 |

\* Два случая „сверхчувствительных“ по всем трем осям — это лица, более или менее причастные к живописи. В одном случае довольно сильного, почти шестикратного завышения всех порогов можно видеть уже переход к монохроматизму.

либо даже повышенной чувствительностью ( $n < 0,5$ ). Смотря по приемнику, для которого чувствительность является заниженной, группа II делится на подгруппы  $II_R, II_G, II_B$ . В каждой из них наблюдается нарастание дефектности, имеющее пределом полное выпадение приемника, т. е. дихроматизм.

Обнаружение весьма значительного завы-

шения порога по одной оси, в то время как по двум остальным наблюдается не только нормальная, но даже и более высокая чувствительность, является косвенным подтверждением правильности принципов, положенных в основу расчета нового аномалоскопа.

Факты частичного занижения чувствительности по оси  $G$  при нормальной чувствительности по  $R$  и  $B$  являются сильным доводом против существующего, но мало обоснованного взгляда на дейтеранопию, как на вызванную слиянием двух приемников  $R$  и  $G$ , а не выпадением приемника  $G$ . Действительно, весьма трудно предположить, чтобы крайнее из ряда постепенно усиливающихся явлений занижения чувствительности приемника „ $G$ “ происходило по совершенно другой причине („слияние“), чем промежуточные случаи, когда „слияние“ никак не подходит для их объяснения.

К группе II отнесены также своеобразные единичные случаи завышения порога по всем трем осям, причем по одной оно особо велико (характерный для группы II признак). Эти случаи могут быть истолкованы либо как неравномерное понижение чувствительности по всем трем осям нормальной системы, либо как понижение по одной только оси в необычной основной физиологической системе, когда имеется, следовательно, не только редуцирование чувствительности одного приемника, но и отклонение спектральной чувствительности от нормального типа.

Обращает на себя внимание очень большое число случаев слабого занижения чувствительности в первых столбцах подгруппы  $II_B$  ( $8+90$ ), а также в четвертом столбце (8), особенно по сравнению с подгруппой  $II_G$  и подгруппой  $II_R$ , в то время как еще более сильное занижение чувствительности ( $n > 6$  и до 30 раз) встречается в подгруппе  $II_B$  не чаще, чем в других. Эти факты должны быть, повидимому, отнесены за счет вариаций в пигментации центральной области сетчатки, т. е. за счет принципиально другого фактора, чем в группе I или в подгруппе  $II_R$ . Действительно, пигментация может влиять в наибольшей степени на приемник  $B$ , значительно менее на приемник  $G$  и вовсе почти не затрагивает чувствительности приемника  $R$ .

В группу III отнесены нами случаи одновременного занижения чувствительности каких-нибудь двух приемников при нормальной чувствительности третьего. Численность группы III близка к группе II. При разбивке на подгруппы завышение порогов по двум осям рассматривалось в сумме, а не раздельно, и это позволяет иметь здесь опять только три подгруппы:  $III_{(G+B)}, III_{(R+B)}, III_{(R+G)}$ , обозначаемые по совокупно за-

Группа II

Таблица 2

| Подгрупп.       | Оси   | $n < 4$                                      |  |   |  |   | $n > 4$   | Всего                                       | %                          |
|-----------------|---|--|--|---|--|---|---|---|----------------------------|
| II <sub>R</sub> | Величина порогов по осям<br>$\begin{cases} R \\ G \\ B \end{cases}$<br>Число испытуемых | $0,5 < n < 2$<br>$n < 0,5$<br>$n < 0,5$<br>3 | $2 < n < 4$<br>$n < 0,5$<br>$0,5 < n < 2$<br>$n < 0,5$<br>6  | $4 < n < 6$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>6 | $6 < n < 10$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>4 | $10 < n < 20$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>3 | $20 < n < 30$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>3 | $n > 30$<br>$2 < n < 4$<br>$2 < n < 4$<br>1 | 18<br>1,8                  |
|                 |   |  |  |   |  |   |   |   |                            |
|                 |   |  |  |   |  |   |   |   |                            |
| II <sub>G</sub> | Величина порогов по осям<br>$\begin{cases} R \\ G \\ B \end{cases}$<br>Число испытуемых | $0,5 < n < 2$<br>$n < 0,5$<br>$n < 0,5$<br>8 | $2 < n < 4$<br>$n < 0,5$<br>$0,5 < n < 2$<br>$n < 0,5$<br>31 | $4 < n < 6$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>6 | $6 < n < 10$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>7 | $10 < n < 20$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>9 | $20 < n < 30$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>1 | $n > 30$<br>$2 < n < 4$<br>$2 < n < 4$<br>1 | 66<br>6,6                  |
|                 |   |  |  |   |  |   |   |   |                            |
|                 |   |  |  |   |  |   |   |   |                            |
| II <sub>B</sub> | Величина порогов по осям<br>$\begin{cases} R \\ G \\ B \end{cases}$<br>Число испытуемых | $0,5 < n < 2$<br>$n < 0,5$<br>$n < 0,5$<br>8 | $2 < n < 4$<br>$n < 0,5$<br>$0,5 < n < 2$<br>$n < 0,5$<br>90 | $4 < n < 6$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>8 | $6 < n < 10$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>1 | $10 < n < 20$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>3 | $20 < n < 30$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>$0,5 < n < 2$<br>2 | $n > 30$<br>$2 < n < 4$<br>$2 < n < 4$<br>2 | 112<br>11,8<br>196<br>19,6 |
|                 |   |  |  |   |  |   |   |   |                            |
|                 |   |  |  |   |  |   |   |   |                            |

Группа III

Таблица 3

| Подгруппы            | Оси  | $n < 0,5$                         |                                      |                                      |                                       |  | $n < 2$                                    | $n < 4$                                  | Всего                                | %                        |
|----------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|--------------------------|
| III <sub>(G+B)</sub> | Величина поро- гов по осям<br>$\begin{cases} (G+B) \\ R \end{cases}$<br>Число испытуемых | $\Sigma n < 4$<br>$n < 0,5$<br>17 | $4 < \Sigma n < 6$<br>$n < 0,5$<br>3 | $6 < \Sigma n < 9$<br>$n < 0,5$<br>2 | $\Sigma n < 7$<br>$0,5 < n < 2$<br>39 | $7 < \Sigma n < 10$<br>$0,5 < n < 2$<br>16 | $10 < \Sigma n < 30$<br>$0,5 < n < 2$<br>7 | $10 < \Sigma n < 30$<br>$2 < n < 4$<br>— | $30 < \Sigma n < 40$<br>$n = 6$<br>1 | 85<br>8,5                |
|                      |  |                                   |                                      |                                      |                                       |  |  |  |                                      |                          |
| III <sub>(R+B)</sub> | Величина поро- гов по осям<br>$\begin{cases} (R+B) \\ G \end{cases}$<br>Число испытуемых | $\Sigma n < 4$<br>$n < 0,5$<br>16 | $4 < \Sigma n < 6$<br>$n < 0,5$<br>— | $6 < \Sigma n < 9$<br>$n < 0,5$<br>— | $\Sigma n < 7$<br>$0,5 < n < 2$<br>8  | $7 < \Sigma n < 10$<br>$0,5 < n < 2$<br>1  | $10 < \Sigma n < 30$<br>$0,5 < n < 2$<br>— | $10 < \Sigma n < 30$<br>$2 < n < 4$<br>— | —                                    | 25<br>2,5                |
|                      |  |                                   |                                      |                                      |                                       |  |  |  |                                      |                          |
| III <sub>(R+G)</sub> | Величина поро- гов по осям<br>$\begin{cases} (R+G) \\ B \end{cases}$<br>Число испытуемых | $\Sigma n < 4$<br>$n < 0,5$<br>25 | $4 < \Sigma n < 6$<br>$n < 0,5$<br>1 | $6 < \Sigma n < 9$<br>$n < 0,5$<br>— | $\Sigma n < 7$<br>$0,5 < n < 2$<br>3  | $7 < \Sigma n < 10$<br>$0,5 < n < 2$<br>—  | $10 < \Sigma n < 30$<br>$0,5 < n < 2$<br>— | $10 < \Sigma n < 30$<br>$2 < n < 4$<br>2 | —                                    | 31<br>3,1<br>141<br>14,2 |
|                      |  |                                   |                                      |                                      |                                       |  |  |  |                                      |                          |

ниженным в своей чувствительности приемникам. Табл. 3 дает распределение отнесенных сюда 141 случаев.

Весьма характерные сочетания значительного завышения порогов по двум осям при нормальном или даже особо низком пороге по третьей оси (в первых шести столбцах) вряд ли могут быть приписаны аномальным отклонениям основной физиологической системы. Такое объяснение подходит с известным вероятием, как и в группе II, разве только к двум случаям седьмого столбца в подгруппе  $III_{(R+G)}$ .

В подгруппе  $III_{(G+B)}$  содержится около двух третей (85) случаев, обнимаемых всей группой. Объяснение этому замечательному факту можно видеть опять же в особой подверженности „синего“ приемника  $B$  и, частично, „зеленого“ —  $G$  влиянию желтой макулярной пигментации, между тем как в двух последних группах это влияние исключено. Действительно, поскольку в подгруппе  $II_{(R+B)}$  порог по оси  $G$  остается нормальным, нельзя ожидать также и повышения порога по оси  $B$ . В еще большей степени такое соображение относится к подгруппе  $III_{(R+G)}$ , где порог по оси  $B$ , особенно чувствительный к влиянию пигментации, заведомо не выходит из нормы.

Итог по всей группе в принятой здесь разбивке на норму (условно  $n < 2$ ), на редуцирование чувствительности одного, двух или всех трех приемников ( $n > 2$ ) и, наконец, на аномальные отклонения основной физиологической системы выражается цифрами, приводимыми ниже в табл. 4. Там же дается несколько иная разбивка с включением в норму случаев вплоть до 4-кратного завышения порогов.

Таблица 4

| Категории            | Норма   | Реду-<br>цир.           | Аном.<br>уклон. |
|----------------------|---------|-------------------------|-----------------|
| Критерий .           | $n < 2$ | $n > 2$                 |                 |
| Численность групп, % | 72,3    | 26,7                    | 1,0             |
| Критерий .           | $n < 4$ | $n > 4$                 |                 |
| Численность групп, % | 92,2    | 6,9                     | 0,9             |
| Численность групп, % | 91,5    | Редук. +<br>+ аном. 8,5 |                 |

При этой второй разбивке соответствующие цифры значительно ближе к тому, что устанавливается обследованием с помощью псевдоизохроматических таблиц и аномалоскопов, построенных на рэлеевском равенстве <sup>(3)</sup> (цифры последней строки).

Обнаруженные в нашем исследовании довольно частые, как оказывается, случаи редуцирования чувствительности в нормальной системе, а тем более случаи одновременного редуцирования двух приемников вовсе не пренебрежены существующими классификационными схемами. В них нормальная основная физиоло-

гическая система мыслится только в двух формах, — как нормальный трихроматизм и как дихроматизм, без каких-либо переходов <sup>(4)</sup>. Только для аномальной системы допускается\* сочетание аномалии с редуцированием.

Многообразие форм цветного зрения, раскрываемое с помощью новой методики, оказывается значительно шире, чем было известно до сих пор, и требует, повидимому, более четкой систематики.

Поступило  
24 V 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. Н. Раутиан, ДАН, 73, № 1 (1950). <sup>2</sup> Л. И. Демкина, Тр. 1 Всесоюз. Конф. по физиол. оптике, Л., 1936, стр. 430. <sup>3</sup> G. H. Waaler, Acta Ophthalm. Kbh., 5, 301 (1927); P. v. Planta, Arch. Ophthalm. Kbh., 120, 255 (1928); I. Schmidt, Zs. Bahnarzt, 31, 44 (1936); I. H. Nelson, Proc. Phys. Soc., 50, 661 (1938); M. Richter, Grundriss der Farbenlehre der Gegenwart, Leipzig, 1940. <sup>4</sup> См. напр. W. D. Wright, Researches on Normal and Defective Colour Vision, London, 1946, p. 298 — 305. <sup>5</sup> Е. Б. Рабкин, Полихроматические таблицы для испытания цветного зрения, М., 1946, стр. 10.

\* Например, формы аномального трихроматизма А и Б в схеме Криса — Нагеля, дополненной Е. Б. Рабкиным <sup>(5)</sup> и принятой сейчас врачами-офтальмологами, применяющими его испытательные таблицы.