Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 2

БИОФИЗИКА

Г. Н. РАУТИАН

ИСПРАВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНОГО ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ СВЕТОФИЛЬТРАМИ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 7 IV 1955)

1. В работе (1) Е. Н. Юстова пришла к выводу, что некоторые случаи аномальной трихромазии могут рассматриваться как вызванные особой пигментацией сетчатки, как бы наложением некоторого дополнительного светофильтра. Найдя из наблюдений над рядом лиц, преимущественно дейтераномалов, спектральную характеристику такого светофильтра, она приводит спектральную кривую «обратного» светофильтра, который компенсировал бы действие дейтераномальной пигментации и этим приводил бы цветовое зрение аномала к норме.

Нами был подобран и изготовлен из трех слоев цветного стекла (СЗС-3, 0,4 мм; ПС-5, 1 мм и ЖС-3, 1,5 мм) подобный компенсационный светофильтр и испытан на ряде типичных дейтераномалов. На рис. 1 показана (пунктиром) кривая коэффициента пропускания предложенного Юстовой светофильтра ФЮ (1) для дейтераномалов, а также кривая нашего компенсационного светофильтра Ф1 *.

Испытания состояли, с одной стороны, в том, что на аномалоскопе ГОИ (2) определялись показатели аномальности (3) с компенсационным светофильтром и без него на основе релеевского уравнивания желтого цвета красно-зеленой смесью (3). С другой стороны, производились на трехцветном колориметре ГОИ (4) измерения ряда цветов теми же испытуемыми и с тем же светофильтром или без него.

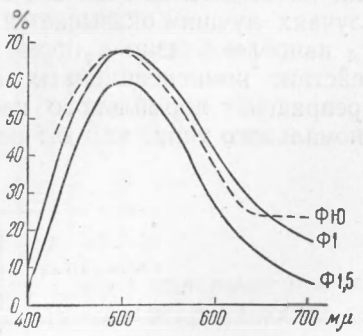


Рис. 1

В первом случае имеется особо резкое различие в спектральном составе одинаково выглядящих полуполей, наблюдаемых в окуляре аномалоскопа. Соответственно получаются особо большие расхождения в установках нормальных и аномальных наблюдателей, приводящие к сильно отличающимся от единицы (норма) значениям показателя аномальности n_A. Эти значения n_A, приведенные в табл. 1, показывают, что здесь представлена довольно компактная группа типичных дейтераномалов. Для более полной характеристики наших наблюдателей мы приводим значения показателей остроты цветоразличения n_R, n_G, n_B по трем осям основной физиологической координатной системы R, G, B, полученные на нашем аномалоскопе (2), в сопоставлении с данными для «нормального» наблюдателя (А. М. Н., № 10). Как можно видеть, все 8 дейтераномалов

* Мы обозначаем его в дальнейшем Ф1, так как были изготовлены еще светофильтры с полуторной (Ф1,5) и двойной толщиной (Ф2).

обладали либо нормальной, либо даже несколько повышенной остротой цветоразличения, т. е. не имели никаких признаков цветослабости ([6]) ($n_{R,G,B} < 2$).

Таблица 1

	Наблюдатели								
	№ 11 Ш. С. В.	№ 12 Г. С. В.	№ 13 К. Н. В.	№ 16 Н. Н. А.	№ 17 П. Г. А.	№ 18 Д. Э. П.	№ 22 Ш. О. Ф.	№ 23 Н. Ю. Л.	№ 10 А. М. Н.
n_A	4,6	4,2	3,9	3,5	3,5	3,5	3,3	2,8	1,05
n_R	1,4	1,1	1,2	1,1	1,0	0,6	0,6	0,6	0,8
n_G	0,8	0,9	1,1	0,9	1,1	0,9	0,6	0,8	0,7
n_B	0,7	1,1	1,5	0,9	1,2	0,8	0,9	0,9	0,9

Результаты действия компенсационных светофильтров на изменения показателя аномальности показаны в табл. 2*.

Таблица 2

	Наблюдатели								
	№ 11 Ш. С. В.	№ 12 Г. С. В.	№ 13 К. Н. В.	№ 16 Н. Н. А.	№ 17 П. Г. А.	№ 18 Д. Э. П.	№ 22 Ш. О. Ф.	№ 23 Н. Ю. Л.	№ 10 А. М. Н.
Без светофильтра	4,6	4,2	3,9	3,5	3,5	3,5	3,3	2,8	1,05
Ф1	1,6	1,2	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,2	0,39
Ф1,5	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	0,8	1,0	0,7	0,29

Здесь видно, что светофильтр Ф1 оказывается наиболее подходящим для наблюдателей №№ 23, 22 и 18, в то врема как во всех остальных случаях лучшим оказывается светофильтр Ф1,5, так как с ним значения n_A наиболее близки к норме ($n_A = 1$). В последнем столбце указано также действие компенсационных светофильтров на нормальное зрение. Они превращают нормального наблюдателя в аномала, но обратного, прот-аномального типа, как бы перекорригируя нормальное зрение.

Таблица 3

Наблюдатели	Светофильтр	n^*_R		n^*_G		n^*_B	
		−	+	−	+	−	+
№ 12 Г. С. В.	Ф1,5	1,1	1,6	0,9	1,6	1,1	1,1
№ 13 К. Н. В.	Ф1,5	1,2	1,6	1,1	2,1	1,5	1,3
№ 16 Н. Н. А.	Ф1,5	1,1	1,6	0,9	2,4	0,9	1,0
№ 17 П. Г. А.	Ф1,5	1,0	1,5	1,1	1,7	1,2	1,1
№ 18 Д. Э. П.	Ф1,0	0,6	1,1	0,9	1,3	0,8	0,9
№ 22 Ш. О. Ф.	Ф1,5	0,6	1,1	0,6	0,7	0,9	0,7
№ 23 Н. Ю. Л.	Ф1,0	0,8	1,7	0,8	1,2	0,9	0,9

* Минус — без светофильтра, плюс — со светофильтром.

* В таблице не приводится данных о применении светофильтра двойной толщины (Ф2), так как он ни в одном случае не давал компенсации к норме, являясь «чрезмерным».

2. Было рассмотрено также влияние компенсационных светофильтров на остроту цветоразличения. Соответственные испытания на аномалоскопе показали, что значения n_R, n_G, n_B получаются, как правило, завышенными, что свидетельствует о некотором ухудшении цветоразличения, главным образом по осям R и G (см. табл. 3).

3. Несмотря на диагностическую эффективность уравнения Релея, испытание на аномалоскопе (n_A), будучи приурочено к ограниченному участку спектральных цветов, не дает представления о расхождениях между аномалами и нормальными наблюдателями по всему цветовому пространству. Поэтому были проведены еще испытания на трехцветном колориметре ГОИ ([4]). Они заключались в измерении (со светофильтром * и без него) пяти разных цветов (белый B, зеленый, красный, желтый, голубой).

Отсчеты, полученные на колориметре при установлении аномалами равенств, дают при сопоставлении с данными нормального наблюдателя представление о тех цветовых неравенствах между окулярными полуполями, какие наблюдаются нормальным глазом при проверке равенств аномалов. Иначе говоря, это есть цветовые сдвиги, произведенные аномалами для получения своих равенств (наблюдаемых нормальным глазом как неравенства).

В табл. 4 приводятся для выбранных пяти цветов значения этих сдвигов, выраженные для сопоставимости в порогах цветоразличения **. В последней строке таблицы даны значения (также в порогах) сдвигов релеевского равенства на аномалоскопе, которые значительно превышают сдвиги на колориметре, когда смешиваются три немонохроматических цвета, и различия в спектральном составе поэтому существенно меньше, чем в аномалоскопе.

Таблица 4

	Наблюдатели							
	№ 11 Ш. С. В.	№ 12 Г. С. В.	№ 13 К. Н. В.	№ 16 Н. Н. А.	№ 17 П. Г. А.	№ 18 Д. Э. П.	№ 22 Ш. О. Ф.	№ 23 Н. Ю. Л.
B	14	13	12	12	12	12	12	10
Красный	—	34	36	30	30	28	28	27
Желтый	—	30	28	27	24	24	24	22
Зеленый	20	16	18	21	12	16	20	16
Синий	6	8	6	6	4	4	4	4
Релеевское испытание	58	57	55	52	52	52	49	44

4. Выборочные рис. 2 демонстрируют эти сдвиги колориметрических равенств (от светлых кружков к черным), а также исправляющее действие светофильтра в виде «обратного» смещения точек цветности (от черных кружков к кружкам с крестиком). Здесь наглядно обнаруживается характерная неоднородность достигаемого эффекта для разных цветов и отдельных наблюдателей. Это обстоятельство, повидимому, не позволяет надеяться, даже путем дальнейшей корректировки пропускания светофильтров, достигнуть во всех случаях универсально полной компенсации сдвигов.

5. Была проведена также попытка исправления цветового зрения протаномалов. Для этого был изготовлен светофильтр, приближающийся

* Применялся лишь тот светофильтр, который показал на аномалоскопе наилучшее действие.

** На основе данных нашей работы ([5]).

по своему спектральному пропусканию к предложенному для данной цели Юстовой [1]. Однако 6 типичных протаномалов с показателями n_A от 0,22 до 0,30 обнаружили лишь весьма незначительное изменение n_A*,

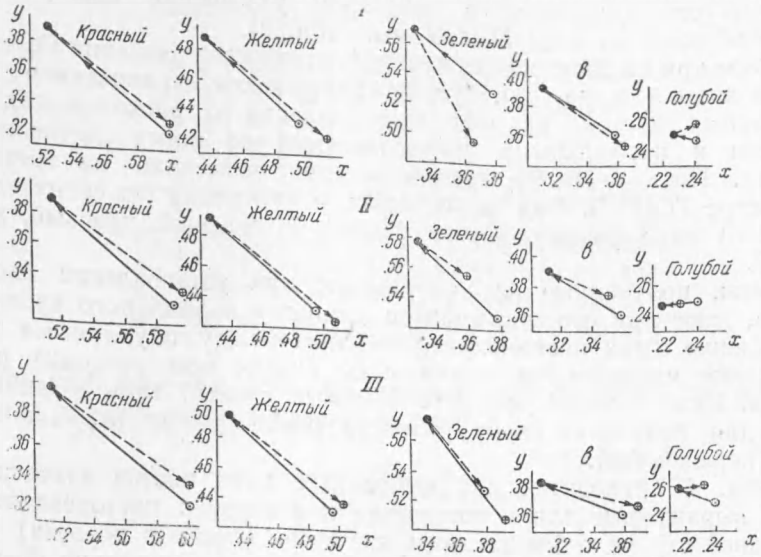


Рис. 2. *I* — наблюдатель Ш. О. Ф. (П. Г. А.); *II* — Н. Н. А. (Г. С. В.); *III* — К. Н. В. (Н. Ю. Л.) (в скобках стоят инициалы испытуемых, давших сходные результаты)

и только седьмой протаномал (№ 9, У. Л. О. с $n_A = 0{,}75$), очень близкий к норме, оказался даже перекорригированным уже при ординарной толщине светофильтра (см. табл. 5).

Таблица 5

	Наблюдатели						
	№ 1 В. В. Е.	№ 2 А. Е. В.	№ 3 Л. В. А.	№ 4 С. Р. В.	№ 5 Т. Ю. Г.	№ 7 З. В. А.	№ 9 У. Л. О.
Без светофильтра	0,22	0,28	0,28	0,28	0,29	0,30	0,75
Ф1	0,30	0,28	0,31	0,37	0,45	0,39	1,3
Ф2	—	0,30	0,48	0,47	0,62	—	1,7

Такой результат можно, повидимому, понять, исходя из того, что «протаномальный» светофильтр Юстовой был предложен ею на основе исследования лишь одного случая с довольно слабой аномальностью и потому принципиально не подходит для сильно выраженных протаномалов. Это также объясняет положительный и даже чрезмерный эффект у наблюдателя № 9, весьма слабого аномала. Здесь также проявляются индивидуальные различия отдельных наблюдателей (например, № 2 и № 5). При всем практическом значении возможности существенно компенсировать светофильтрами дейтераномалию, теоретическое значение подобного факта, в смысле подтверждения общей концепции Е. Н. Юстовой, оказывается в силу малости эффекта для протаномалов небольшим.

Поступило
1 IV 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Е. Н. Юстова, ДАН, **81**, № 6, 1051 (1951). [2] Г. Н. Раутиан, ДАН, **73**, № 1, 99 (1950); **74**, № 6, 1073 (1950); Вестн. офтальмол., **10**, № 4, 15 (1954). [3] Г. Н. Раутиан, ДАН, **81**, № 5, 815 (1951). [4] Большая советская энциклопедия, **22**, 1953, стр. 52. [5] Г. Н. Раутиан, ДАН, **92**, № 5, 943 (1953). [6] А. Б. Флеккель, ДАН, **100**, № 1, 57 (1954).

* Поэтому спектральная характеристика этого светофильтра здесь не приводится.