Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 3

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Ю. Н. ГОРОХОВСКИЙ и И. Н. КОНЮШКОВА

ОБ АДДИТИВНОСТИ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СПЕКТРАЛЬНО РАЗЛИЧНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА МНОГОСЛОЙНЫЕ ЦВЕТОФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 24 VII 1954)

В свое время одним из нас (1) было показано, что для черно-белых фотографических материалов, нередко имеют место отклонения от аддитивности действия спектрально различных излучений, описываемой известным правилом ван-Крефельда (2). Эти отклонения не наблюдались для пар одновременно действующих монохроматических излучений, но часто обнаруживались при действии излучений сложного спектрального состава. По данным П. В. Мейкляра (3), неаддитивность наблюдается в тех случаях, когда коэффициент контрастности исследуемого материала зависит от длины волны.

Данная работа имела целью выяснить, в какой мере аддитивность фотографического действия света имеет место для многослойных цветофотографических материалов.

Исследование велось в двух направлениях.

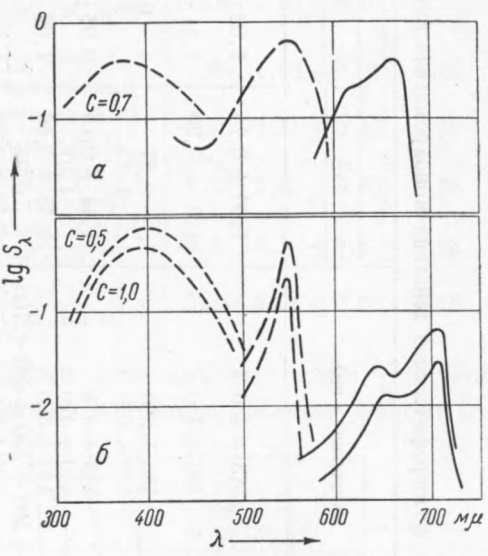


Рис. 1. Кривые спектральной светочувствительности использованных многослойных пленок: *а* — кинонегативная пленка ДС-2, *б* — кинопозитивная пленка

Во-первых, при помощи двойного монохроматора-интегратора, снабженного необходимыми сенситометрическими приспособлениями; испытуемый цветной материал ступенчато экспонировался по шкале освещенности двумя или более монохроматическими излучениями, сначала порознь, а затем одновременно. Пары излучений выбирались в разных участках области светочувствительности определенного элементарного слоя многослойного материала. В тех случаях, когда светочувствительности при этих длинах волн различались очень сильно, иногда применялись выравнивающие серые светофильтры. Сенситограммы измерялись на фотоэлектрическом спектрофотометре в трех избранных длинах волн, после чего при помощи системы линейных уравнений (4) находились относительные поверхностные концентрации (c) красителей в каждом элементарном слое. По характеристическим кривым этих слоев в координатах c, $\lg \tau$, где τ — коэффициент пропускания устройства, служившего для осуществления шкалы освещенности, находили значения τ, отвечающие одной

Таблица 1

Степень соблюдения аддитивности фотографического действия монохроматических излучений на многослойные цветные пленки

Материалы	Слой	Излучения (в мμ)	c				
			0,2	0,5	0,8	1,0	1,5
			Σ				
Негативная кинопленка ДС-2	Верхний	313 + 436	1,00 ± 0,14	1,02 ± 0,07	0,98 ± 0,08	1,03 ± 0,06	—
	„	430 + 480	1,05 ± 0,20	1,11 ± 0,13	1,09 ± 0,15	1,00 ± 0,10	—
	Средний	530 + 580	0,87	0,97	1,00	1,04	—
	Нижний	630 + 670	1,15	1,06	0,96	0,93	—
Позитивная кинопленка	Верхний	313 + 436	1,17 ± 0,13	0,96 ± 0,03	0,81 ± 0,01	—	—
	„	440 + 470	1,07	1,06	1,09 ± 0,02	1,04 ± 0,02	1,02 ± 0,03
	„	440 + 500	1,18 ± 0,06	1,09 ± 0,04	1,00 ± 0,02	1,00 ± 0,05	0,97 ± 0,03
	„	440 + 500 + 550 + 600 + 700	0,98	1,17		1,04	—
	Средний	500 + 550	1,10 ± 0,02	1,01 ± 0,01	0,95 ± 0,06	1,04 ± 0,04	1,06 ± 0,07
	„	510 + 550	—	0,93 ± 0,05	1,00 ± 0,02	0,99 ± 0,04	1,03 ± 0,02
	„	440 + 500 + 550 + 600 + 700	1,07	1,05		1,00	—
	Нижний	600 + 700	0,92 ± 0,12	1,00 ± 0,02	1,00 ± 0,04	1,01 ± 0,05	1,04
	„	620 + 700	—	1,05 ± 0,01	1,03 ± 0,01	1,05 ± 0,01	1,03 ± 0,01
	„	640 + 700	0,93	1,00 ± 0,03	1,00 ± 0,05	1,00 ± 0,05	0,96 ± 0,04
	„	440 + 500 + 550 + 600 + 700	—	1,03		0,89	0,87

и той же концентрации красителя. В случае соблюдения аддитивности

$$\Sigma = \frac{\tau_{см}}{\tau_1} + \frac{\tau_{см}}{\tau_2} + \ldots$$

$$\ldots + \frac{\tau_{см}}{\tau_i} = 1,$$

где $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_i$ и $\tau_{см}$ отвечают, соответственно, каждому монохроматическому и смешанному излучениям.

Во-вторых, производилось сопоставление расчетных и экспериментальных отношений фотоактиничных потоков ([5]) (A) при экспонировании испытуемого материала лампой накаливания с цветовой температурой 2850 °К, поочередно экранированной двумя разными светофильтрами. Расчетные отношения устанавливались на основе спектрально-сенситометрических данных о цветном материале в предположении строгой аддитивности по уравнению

$$\frac{A'_p}{A''_p} = \frac{\int E_\lambda S_\lambda T'_\lambda \, d\lambda}{\int E_\lambda S_\lambda T''_\lambda \, d\lambda}.$$

Здесь E_λ — относительная монохроматическая освещенность, создаваемая источником излучения, S_λ — спектральная светочувствительность данного элементарного слоя испытуемого материала, а T'_λ и T''_λ — монохроматические коэффициенты пропускания двух светофильтров.

Для экспериментального определения отношений фотоактиничных потоков испытуемый материал дважды экспонировался в

сенситометре ФСР-4 ([6]), лампа которого поочередно экранировалась теми же светофильтрами, для которых производился расчет. Отношени потоков $A'_э / A''_э$ равно отношению экспозиций, отвечающих одному и тому же значению поверхностной концентрации красителя в слое при экспонировании материала за обоими свето ф и л ь т р а м и Большинство опытов производилось от 2 до 4 раз.

Таблица 2

Действие излучений сложного спектрального состава на негативную цветную кинопленку ДС-2

Слой	Светофильтры	Отношение фотоактиничных потоков A'/A'' при $c=0{,}7$		
		расчетное	экспериментальное	$\frac{A'_э}{A''_э} : \frac{A'_р}{A''_р}$
Верхний	Ультрафиолет. I / Ультрафиолет. II	3,29	3,75 ± 0,75	1,14
	Ультрафиолет. I / Ультрафиолет. III	2,76	2,81 ± 0,07	1,02
Средний	Желтый / Оранжевый I	1,23	1,42 ± 0,02	1,15
	Желтый / Оранжевый II	2,30	2,60 ± 0,10	1,13
Нижний	Красный I / Сине-зеленый	1,69	1,86 ± 0,01	1,10
	Оранжевый III / Красный II	1,70	1,51 ± 0,10	0,89
	Оранжевый III / Красный III	4,12	3,21 ± 0,30	0,78
	Оранжевый III / Красный IV	20,9	19,3 ± 0,8	0,92
	Красный III / Красный IV	5,08	6,02 ± 0,60	1,18

Объектами исследования являлось несколько цветных многослойных пленок. Результаты приводятся для наиболее полно исследованных кинонегативной пленки ДС-2 и кинопозитивной пленки, кривые спектральной светочувствительности $\lg S_\lambda = f(\lambda)$ которых ([7]) приведены на рис. 1. Указанные пленки существенно различались между собой по характеру зависимости монохроматического коэффициента контрастности γ_λ от длины волны: у негативной пленки для каждого слоя γ_λ почти постоянна по спектру, а у позитивной пленки γ_λ сильно зависит от

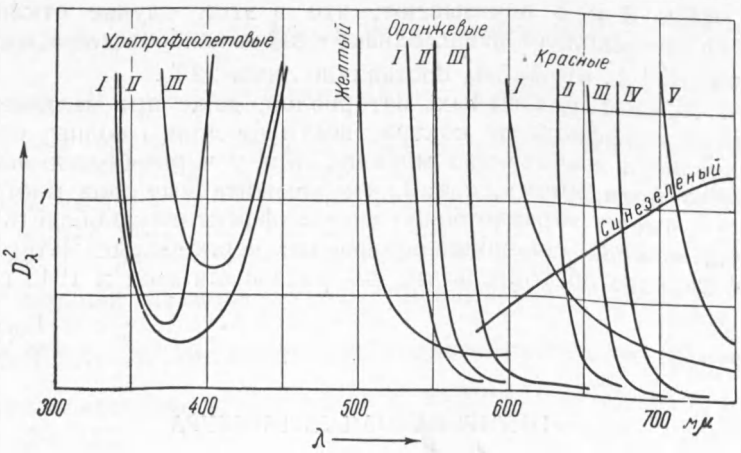


Рис. 2. Кривые поглощения применявшихся светофильтров

длины волны, причем максимум кривой $\gamma_\lambda = f(\lambda)$ примерно отвечает максимуму кривой $\lg S_\lambda = f(\lambda)$ того же слоя.

Таблица 3

Действие излучений сложного спектрального состава на позитивную цветную кинопленку

Слой	Светофильтры	Отношение фотоактиничных потоков A'/A'' при $c=0{,}5$ расчетное	при $c=0{,}5$ экспериментальное	при $c=0{,}5$ $\frac{A'_э}{A''_э} : \frac{A'_р}{A''_р}$	при $c=1{,}0$ расч.	при $c=1{,}0$ экспериментальное	при $c=1{,}0$ $\frac{A'_э}{A''_э} : \frac{A'_р}{A''_р}$
Верхний	Ультрафиолет. I / Ультрафиолет. II	3,30	3,80 ± 0,01	1,15	3,87	4,30±0,14	1,11
	Ультрафиолет. I / Ультрафиолет. III	2,62	2,70 ± 0,19	1,03	2,22	2,51±0,01	1,13
Средний	Желтый / Оранжевый I	1,95	1,96 ± 0,11	1,00	1,98	1,94±0,10	0,98
Нижний	Оранжевый III / Красный II	1,21	1,25 ± 0,03	1,03	1,20	0,22±0,05	1,02
	Оранжевый III / Красный III	1,39	1,36 ± 0,09	0,98	1,41	1,37±0,07	0,97
	Оранжевый III / Красный IV	1,83	1,94 ± 0,17	1,06	1,92	1,94±0,10	1,01
	Оранжевый III / Красный V	21,6	25,4 ± 2,7	1,17	23,0	27,2 ±1,2	1,18
	Красный IV / Красный V	11,8	13,5	1,14	12,0	13,8	1,15

Результаты первой части исследования представлены в табл. 1, а результаты второй части (для светофильтров, характеризуемых рис. 2)— в табл. 2 и 3.

Как видно из табл. 1, при действии нескольких монохроматических излучений отклонения от аддитивности невелики, в значительном числе случаев они находятся в пределах точности эксперимента. Наибольшее наблюдавшееся отклонение Σ от единицы составляло 19%.

Относящиеся к оценке действия излучений сложного спектрального состава табл. 2 и 3 показывают, что в этом случае отклонения от аддитивности несколько выше, однако и здесь наибольшее относительное отклонение $A'_э / A''_э$ от $A'_р / A''_р$ составляло лишь 22%.

Таким образом у цветных материалов, даже при наличии сильной зависимости коэффициента контрастности от длины волны, отклонения от аддитивности значительно меньше, чем у черно-белых материалов. Это связано, повидимому, с тем, что элементарные слои многослойных материалов имеют гораздо более узкую эффективную область чувствительности, нежели сенсибилизированные черно-белые материалы. На значение данного обстоятельства мы указывали еще в 1943 г. ([1]).

Поступило
18 VII 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Ю. Н. Гороховский, ЖТФ, **13**, 345 (1943). [3] A. Van Krefeld, Physica, **1**, 60 (1933). [3] П. В. Мейкляр, Фотографическое действие гетерохроматического света. Кандид. диссерт., Иошкар-Ола, 1944. [4] Ю. Н. Гороховский, Д. К. Балабуха, Т. М. Левенберг, ДАН, **79**, 73 (1951). [5] ГОСТ 2653-44. [6] ГОСТ 2817-50. [7] Ю. Н. Гороховский, О. М. Пономаренко, ДАН, **79**, 591 (1951).