

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

И. И. БРЕЙДО и Ю. Н. ГОРОХОВСКИЙ

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
ФОТОГРАФИЧЕСКИХ СЛОЕВ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ЧАСТИ
СПЕКТРА**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 5 VII 1940)

В связи с быстро расширяющимся применением фотографии в последние годы стали все более интересоваться спектральной чувствительностью фотографических слоев. В ряде исследований была изучена спектральная чувствительность современных фотографических слоев, выраженная в абсолютных энергетических единицах. Почти все эти исследования ограничивались лишь видимой и инфракрасной частями спектра. В ультрафиолетовой области спектра современные фотографические материалы почти не изучены; последнее известное нам исследование энергетической спектральной чувствительности в этой области относится к 1926 г. (1).

Для исследования спектральной чувствительности в ультрафиолетовой части спектра нами был разработан метод, в основных чертах сходный с методом, примененным Гороховским и Валяшко (2) для определения энергетической спектральной чувствительности в видимой и инфракрасной частях спектра.

Прибором служил светосильный (относительное отверстие 1 : 4,5) кварцевый спектрограф Хильгера средней дисперсии. В качестве источника излучения применялась кварцевая ртутная дуга АРК-2, работавшая при постоянном режиме питания. Было бы удобнее, если бы источник ультрафиолетового излучения давал сплошной спектр; однако имевшиеся в нашем распоряжении источники такого рода—водородные трубки и лампы накаливания—обладали яркостью, более чем достаточной для экспонирования фотографических слоев, но совершенно недостаточной для того, чтобы распределение энергии в спектре могло быть измерено применявшимся нами способом. Распределение энергии (плотности монохроматических потоков) в полученном линейчатом спектре было измерено для ртутных линий с длинами волн 253, 280, 313, 334, 365, 404 и 436 м μ . Приемником лучистой энергии для этой цели служил термостолбик типа Молля (производства Физико-агрономического института), соединенный с компенсационной схемой, уже описанной ранее в другом месте (3). Термостолбик указанного типа оказался единственным неселективным приемником, пригодным для данной цели. Применение гораздо более чувствительных фотоэлектрических приемников было невозможно, так как эти приемники всегда селективны, и потому потребовалось бы предварительно определить их спектральную чувствительность, т. е. вернуться к исходной за-

даче. Термоэлектродвижущие силы измерялись нашим методом с точностью около $0,05 \mu V$, что для самой слабой из измеренных линий при ширине входной щели спектрографа в 1 мм составляет около 7% измеряемой величины.

Определяя фотографическим путем площади изображений спектральных линий, полученных в фокальной плоскости прибора, и калибруя термостолбик с помощью излучения эталонной лампы Гефнера, мы измерили плотности монохроматических потоков, выходящих из спектрографа, в энергетических единицах $\left(\frac{\text{эрги}}{\text{см}^2 \text{сек.}}\right)_d$.

Для определения спектральной чувствительности фотографических слоев получались спектросенситограммы, для чего слои последовательно экспонировались в течение 8 различных времен (шкала времени)—в интервале от 5 до 120 сек. При этом падающие на фотографический слой потоки ослаблялись в 10 000 и более раз устанавливаемыми в непосредственной близости к конденсору—осветителю металлическими сетками, вычерченными сернистым свинцом; плотности сеток были тщательно измерены визуальными фотометрами, а отсутствие избирательного отражения было доказано спектрофотометрическими измерениями как в видимой, так и в ультрафиолетовой частях спектра. Размер получающихся изображений спектральных линий был $0,75 \times 4$ мм; при этих условиях исключались ошибки от возможных микроэффектов проявления, и оптические плотности на проявленном слое могли быть измерены на обычном поляризационном денситометре, снабженном выходной щелью.

Спектральная чувствительность S_λ выражалась величиной обратной экспозиции, необходимой для получения при данной длине волны определенной оптической плотности. Для исследованных нами пластинок и кинопленок в качестве такой плотности была выбрана «диффузная» плотность, равная единице после проявления спектросенситограмм в сенситометрическом параамидофеноловом проявителе при температуре в $20^\circ C$ в течение 6 мин. Размерность определяемой таким способом энергетической спектральной чувствительности — $\frac{\text{см}^2}{\text{эрги}}$. Спектральная чувствительность определялась в области длин волн от 250 до 700 μ , причем при длинах волн, больших 425 μ , испытания производились описанным ранее ⁽³⁾ способом на спектросенситометре Государственного оптического института.

Была определена спектральная чувствительность следующих фотографических материалов: пластинок изготовления НИКФИ—диапозитивных, высокочувствительных несенсибилизированных, ортохроматических и изохроматических—и киноплёнки для звукозаписи «ЭТ», а также аристотипной бумаги (видимое почернение) и диазопленки НИКФИ. Последние два материала по своим свойствам и условиям обработки резко отличаются от обычных бромосеребряных фотографических слоев. Для измерения оптических плотностей на такого рода спектросенситограммах приходилось их копировать контактным путем или с помощью фотографической камеры на обычный фотографический слой небольшого контраста и измерять плотности на полученных копиях. Вследствие этого спектральные чувствительности этих двух материалов по абсолютной величине не вполне соизмеримы со спектральными чувствительностями прочих фотографических материалов.

Результаты представлены на фиг. 1 и 2. Для диапозитивных и ортохроматических пластинок, а также для пленок «ЭТ» кривые представляют собой средние из кривых для двух различных эмульсий.

Из рассмотрения приведенных на фиг. 1 кривых следует, что все негативные высокочувствительные фотографические слои обладают отчет-

ливо выраженным максимумом чувствительности при длине волны около 450 м μ . Со стороны больших длин волн спектральная чувствительность резко падает, в то время как в сторону коротких длин волн спектральная чувствительность уменьшается медленнее, достигая при длине волны 250 м μ около $\frac{1}{6}$ своего значения в максимуме. У киноплёнки «ЗТ» максимум выражен гораздо слабее, а у диапозитивных пластинок вместо максимума имеется широкая область, в которой спектральная чувствительность остается почти постоянной и лишь при длинах волн, меньших 330 м μ , начинается постепенное уменьшение чувствительности.

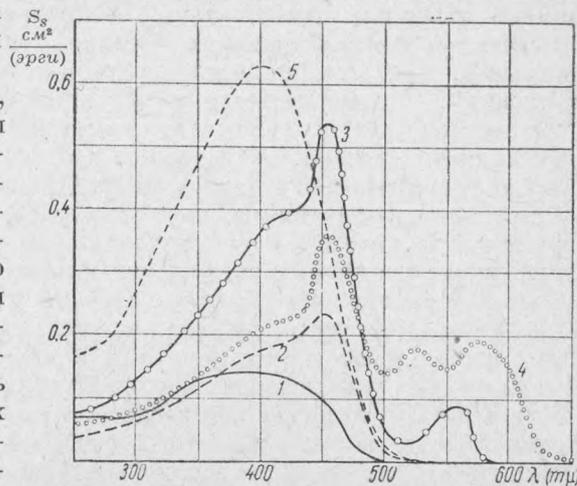
Кривые спектральной чувствительности в ультрафиолетовой области спектра для всех негативных слоев весьма мало различаются по форме. Этот результат естественно

было ожидать, так как состав твердой фазы всех негативных слоев приблизительно одинаков: все они представляют собой бромосеребряные эмульсии, обычно содержащие небольшое количество иодистого серебра и обладающие почти одинаковой дисперсностью. Что же касается низкочувствительных диапозитивных пластинок, то их спектральная чувствительность в видимой части спектра значительно ниже, чем у негативных слоев, в то время как в ультрафиолетовой части спектра их спектральная чувствительность оказывается равной, а в некоторых случаях даже превышает спектральную чувствительность негативных слоев. Это различие в ходе кривых спектральной чувствительности негативных и позитивных слоев объясняется, очевидно, различными условиями их изготовления.

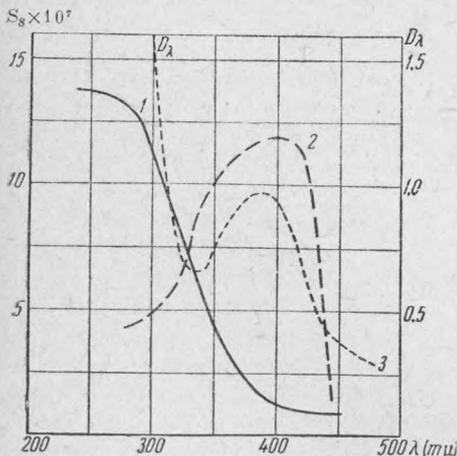
Мы видим также, что числа чувствительности фотографических слоев к обычному дневному свету (содержащему очень мало ультрафиолетового излучения), выраженные, на

пример, по системе Хертера и Дриффилда и служащие нам обычно для оценки чувствительности, теряют смысл при переходе к ультрафиолетовой области спектра.

Представленные на фиг. 2 кривые спектральной чувствительности фо-



Фиг. 1. Кривые энергетической спектральной чувствительности фотографических слоев с проявлением: 1—диапозитивные пластинки, 2—неенсибилизированные высокочувствительные пластинки, 3—ортохроматические пластинки, 4—изохроматические пластинки, 5—киноплёнка «ЗТ».



Фиг. 2. Кривые энергетической спектральной чувствительности фотографических слоев без проявления: 1—аристотипная бумага, 2—кривая поглощения диазоплёнки, 3—диазоплёнка.

тографических слоев без проявления в одном отношении существенно отличаются от вышеприведенных кривых для слоев с проявлением. Эти кривые в первом приближении воспроизводят кривые спектрального поглощения соответствующих светочувствительных систем. Это видно, например, из приведенной для сравнения кривой поглощения (D_2) диазо пленки*. Что же касается аристократической бумаги, содержащей в качестве носителя светочувствительности хлористое серебро в присутствии избытка ионов серебра, то известно, что поглощение хлористого серебра быстро увеличивается с уменьшением длины волны.

Совсем иная картина наблюдается для фотографических слоев с проявлением, для которых в ультрафиолетовой области не наблюдается симбатности в ходе кривых поглощения и кривых спектральной чувствительности. Леермакерс (4) показал недавно, что в области сенсбилизации, т. е. в видимой части спектра, наблюдается довольно строгое соответствие между этими двумя кривыми. В нашем же случае с уменьшением длины волны ультрафиолетового излучения спектральная чувствительность падает, в то время как согласно литературным данным поглощение бромистого, а также и иодистого серебра в этой области быстро растет. Повидимому, соответствие между поглощением и спектральной чувствительностью наблюдается лишь для излучений, относительно легко проникающих сквозь эмульсионный слой. В тех же случаях, когда имеется очень сильное поглощение и рассеяние света и излучение лишь в малой степени проходит в глубину эмульсионного слоя, возникает несоответствие между количеством поглощенных квантов света и фотографическим действием, оцениваемым по почернению, получающемуся после проявления.

Лаборатория научной фотографии
Государственного оптического института
Ленинград

Поступило
9 VII 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ L. A. Jones and O. Sandvik, Journ. Opt. Soc. Am., **12**, 401—416 (1926). ² Ю. Н. Гороховский и Е. Г. Валяшко, Techn. Phys. USSR, **3**, 528—540 (1936). ³ Ю. Н. Гороховский, Кино-фото-химпром., **5**, вып. 11—12, 80—83 (1939). ⁴ J. A. Leermakers, Journ. chem. phys., **5**, 889—892 (1937).

* Поглощение при длинах волн, меньших 315 м μ , представляет собой поглощение целлюлоидной основы диазо пленки.