

М.Г. ВАРГАФТИГ

**КИНО
ФОТО
МАТЕРИАЛО
ВЕДЕНИЕ**

МОСКВА 1936
КИНОФОТОИЗДАТ

С 306009
ПОДАРИТЕЛЬНО

М. Г. ВАРГАФТИГ

ДЕП

Доцент Высшего государственного института кинематографии

КИНОФОТО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ КИНОФОТОМАТЕРИАЛЫ,
ИХ ИСПЫТАНИЕ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Под редакцией и с предисловием проф. Я. М. КАТУШЕВА

Сектором подготовки кадров Главного управления
кинофотопромышленности рекомендовано как
учебное пособие для киновузов и техникумов

ПРОВЕРЕНО
1940 г. У



КИНОФОТОИЗДАТ • МОСКВА • 1936

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

В книге описываются те свойства светочувствительных материалов, которые необходимо знать кинооператору, фотографу и фотолаборанту для правильного использования различных сортов кинофотопленки, фотобумаги и фотопластинок. Излагаются основы сенситометрии, технологии изготовления фотографических эмульсий и полима их на подложку, приводится теория светофильтров и практика их использования. Дается подробная характеристика всех сортов советской кинопленки, а также наиболее известных сортов пленки иностранного производства.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр

Предисловие	3
Введение	5
Глава I. Сенситометрия	7
Источники света	8
Приборы для экспонирования	28
Измерение оптической плотности	40
Характеристическая кривая и ее свойства	44
Измерение светочувствительности фотокиноматериалов	50
Сенситометрия позитивных материалов	59
Измерение светочувствительности фотокиноматериалов	63
Разрешающая способность эмульсии	71
Проверочные вопросы	74
Литература	—
Глава II. Технология светочувствительных материалов	75
Изготовление фотографических эмульсий	—
Виды брака фотографических эмульсий	82
Ортохроматизм	83
Изготовление фотографических пластинок	88
Виды брака фотографических пластинок	94
Изготовление фотографической бумаги	95
Виды брака фотографической бумаги	100
Изготовление кинофотопленки	102
Виды брака кинопленки	114
Сохраняемость светочувствительных материалов	115
Проверочные вопросы	117
Литература	118
Глава III. Фотографические светофильтры	119
Теория и расчет светофильтров	—
Изготовление и испытание светофильтров	122
Употребление светофильтров	128
Проверочные вопросы	135
Литература	—
Глава IV. Употребление светочувствительных материалов	136
Пленки универсального типа	—
Пленки с повышенной чувствительностью	138
Пленки ортохроматические	—
Пленки панхроматические	139
Пленки позитивные	140
Пленки для специальных видов съемки	141
Советская пленка и ее свойства	—
Иностранная пленка	152



ПРЕДИСЛОВИЕ

Задачей настоящей книги является изложение того комплекса сведений о важнейших современных светочувствительных материалах, применяемых в фотографии и, в частности, в кинематографии, какими обуславливается рациональное использование этих материалов.

Современная техника предоставляет фото- и киноработнику значительный ассортимент таких материалов. Поскольку успех фотографической работы в высокой степени зависит от правильности выбора материала соответственно поставленной задаче, важность отчетливого знания светочувствительных материалов для фото- и киноработника является несомненной.

Такой комплекс сведений о свойствах светочувствительных материалов, какими определяется рациональное применение этих материалов, может быть целесообразно построен с так называемой «материаловедной» точки зрения.

«Изучение любого материала с точки зрения материаловедения состоит в определении и установлении ряда признаков, характеризующих особенности материала, независимо от какой-либо случайной его оценки. Чтобы определить окончательную пригодность материала, необходимо было бы его использовать на деле, одновременно изучая его особенности, что всегда потребовало бы длительного наблюдения. Чтобы сократить такую непроизводительную трату времени, необходимо прежде всего напомнить, что всякий материал представляет собой физическое тело со всеми присущими ему физическими, механическими и химическими особенностями. Установив отношение между этими особенностями и общей оценкой пригодности материала, мы сможем определить эту пригодность по типичным и постоянным признакам. Такие, характеризующие материал, признаки должны быть устанавливаемы при помощи особых контрольных исследований и опытов»¹.

Такая точка зрения, принятая при построении данного пособия, определяет и необходимое содержание пособия.

¹ Проф. А. А. Калачев—Материаловедение, ГНТИ, 1931 г., Ленинград

Светочувствительные материалы должны обладать наличием определенных фотографических свойств, обуславливающих практическое применение этих материалов; при помощи особых методов этим свойствам может быть дана количественная оценка. По своему происхождению эти материалы связаны с определенным сырьем, обладающим известными физическими и химическими свойствами. Это сырье, в целях получения материала, проходит через определенные технологические процессы, существенно меняющие его физические и химические свойства. В результате получается материал тех или других качеств, обусловленных как качествами исходного сырья, так и технологической историей материала.

В соответствии с этим данное пособие и строит описание светочувствительных материалов. Основными элементами в этом описании являются очерк фотографических свойств светочувствительных материалов с изложением методики количественной оценки этих свойств и изложение необходимых сведений по технологии данных материалов, поскольку с ней связана окончательная техническая характеристика материалов и их применения.

Излагая фото- и киноматериаловедение преимущественно с точки зрения потребностей кинооператора, данное руководство в качестве основного объекта при изучении светочувствительных материалов имеет в виду, естественно, киноплёнку — основной материал в рабочей практике кинооператора.

При этом приходится учитывать, что нет оснований предполагать у оператора (или готовящегося стать им) знаний по химии, выходящих за пределы элементарного «общего» курса, ибо основной рабочий процесс оператора, это — съёмка, а химико-фотографическая обработка экспонированного материала составляет обычно производственную задачу других специалистов на кинофабриках. Это обстоятельство налагает на автора вполне понятные обязательства как в отношении трактовки рассматриваемых вопросов, так и характера изложения.

Составленное в этом плане доц. М. Г. Варгафтигом пособие принесет свою долю пользы кинооператору и фотоработнику в ответственной задаче рационального выбора и использования основного материала (плёнки) в их работе.

Проф. Я. М. Катушев

Август, 1935 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время фотография и кинематография все больше и больше становятся самостоятельными методами исследования и применяются в качестве таковых почти во всех областях науки и техники. Это обстоятельство требует от фотокинематографии в первую очередь безукоризненной в техническом отношении съемки, предъявляя все большие требования к качеству применяемой оптики, аппаратуры и светочувствительных материалов.

Бесконечное разнообразие сюжетов и условий киносъемки (например, съемки в ателье, с самолета, природы при солнечном свете, уличной сцены ночью при уличном освещении) требует почти каждый раз применения особых негативных материалов, часто очень резко различающихся по своим свойствам.

Хотя более или менее удовлетворительный результат в большинстве случаев можно получить, применяя какой-то средний, универсальный сорт негативной пленки, все же наилучших для данных условий съемки успехов можно добиться, только используя специально для этого случая подходящий негативный материал.

Сильно возросшие в последнее время требования к качеству художественной фотографии вызывают необходимость более осмысленного подбора светочувствительного материала не только при кино, но также и при фотосъемках.

Поэтому фабрики, производящие кинопленку и фотоматериалы, выпускают большое количество различных сортов этой продукции, часто резко различающейся между собой по фотографическим свойствам.

Это обстоятельство подчас ставит перед кинооператором или фотографом трудную задачу — выбрать из большого количества имеющихся сортов именно тот, который при данных условиях съемки дал бы наилучший результат.

Наоборот, крайне ограниченный ассортимент пленок или фотопластинок, имеющихся иногда в распоряжении фотографа или кинооператора, требует прекрасного знания всех свойств этих материалов, чтобы использовать их самым целесообразным образом и, как говорят, «выжать» из них все возможное.

В равной мере исчерпывающее знание свойств светочувствительных материалов необходимо и работникам, занимающимся лабораторной обработкой этих материалов, так как наша кинопромышленность знает ряд случаев, когда ценные и даже неповторимые негативы безвозвратно губились неумелой или несоответствующей обработкой их в лаборатории. Изучение свойств светочувствительных материалов и выводы о наиболее целесообразном их применении в тех или иных случаях съемки и составляют содержание предмета кинофотоматериаловедения.

Это изучение достигается полнее всего при помощи так называемого сенситометрического метода исследования как единственного, дающего возможность количественного выражения этих свойств. Поэтому сенситометрический метод исследования и положен в основу нашего курса.

Предлагаемый курс кинофотоматериаловедения состоит из следующих отделов:

Глава I — Сенситометрия.

« II — Технология светочувствительных материалов.

« III — Светофильтры.

« IV — Использование светочувствительных материалов.

Глава I содержит в себе описание основных приемов сенситометрического исследования светочувствительных слоев, достаточно полное для того, чтобы иметь возможность понимать и оценивать все фотографические свойства светочувствительных слоев, выявляющиеся при их испытании.

Глава II дает описание способов фабричного изготовления главных светочувствительных материалов. Цель этой главы показать влияние способов изготовления фотоматериалов на их свойства.

Глава III рассматривает вопросы, связанные с изготовлением, испытанием и употреблением светофильтров; хотя последние и не являются собственно фотоматериалами, все же они совершенно необходимы при работе с светочувствительными слоями для полного и рационального использования свойств последних.

Наконец, в главе IV дается подробный обзор свойств светочувствительных материалов (пленок) советского производства и наиболее употребительных зарубежных.

В заключение автор пользуется случаем выразить свою глубокую благодарность проф. Я. М. Катушеву за редактирование книги, Е. А. Иофису за предоставление материалов по испытанию пленок и В. Я. Михайлову, перу которого принадлежат отделы, анализирующие виды брака фотоматериалов.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

СЕНСИТОМЕТРИЯ

Разнообразные условия съемки, с которыми приходится сталкиваться каждому фотографу и оператору, заставили фабрики светочувствительных материалов выпускать продукцию, обладающую самыми различными фотографическими свойствами. Мы имеем большой ассортимент светочувствительных материалов, сильно отличающихся друг от друга по своим фотографическим свойствам, и это вызывает необходимость в разработке методов объективной оценки этих свойств, с целью определения степени пригодности того или иного материала для различных случаев съемки.

В прежнее время вопрос о годности того или иного материала решался исключительно методом практического его испытания, т. е. пробной съемкой; в настоящее время этот метод нужно признать совершенно непригодным, хотя, к сожалению, он продолжает до сих пор применяться на некоторых наиболее отсталых предприятиях.

Допустим, что два кинооператора испытывают какой-либо один сорт пленки. Первый из операторов снимает на ней крупный план в павильоне при дуговом свете, второй же — летний пейзаж в серый пасмурный день. В результате оба дадут два диаметрально противоположных заключения об одной и той же пленке. Первый оператор скажет, что пленка превосходная, второй же, — что она никуда не годится. В чем же дело? Кто из них прав? В сущности, они оба правы. Условия съемки могут быть настолько разнообразны, что обслужить их одним и тем же сортом пленки невозможно.

Если съемка в первом случае, т. е. при фотографировании крупного плана в павильоне, требует применения мягкорботающей эмульсии, то при съемке природы в пасмурную погоду необходимо применять возможно более контрастный негативный материал, к тому же хорошо ортохроматизированный. Поэтому, для того чтобы решить вопрос о пригодности материала, недостаточно знать, «хороший» он или «плохой» вообще, а необходимо выявить все его отдельные свойства, как, например, чувствительность, контраст и т. д.

Кроме того, для полной характеристики свойств материала необходимо иметь возможность выражать эти свойства количественным образом. Поэтому, наиболее совершенным методом испытания светочувствительных материалов будет являться сенситометрический метод испытания, именно потому, что он дает возможность количественной оценки свойств этих материалов.

Сенситометрический метод испытания светочувствительных слоев состоит в том, что испытываемому слою сообщается с помощью прибора, называемого сенситометром, ряд точно отмеренных экспозиций от какого-либо стандартного источника света.

Далее тем или иным способом определяется тот фотографический эффект, который эти экспозиции производят на светочувствительном слое. Из этих данных получают затем все выводы относительно свойств испытываемого слоя.

Следовательно, для производства сенситометрических испытаний необходимо иметь: 1) источник света, 2) прибор, который позволял бы достаточно удобно дозировать освещение (сенситометр), и 3) аппаратуру для измерения полученных фотографических эффектов.

Кроме того, необходимо иметь определенный метод сопоставления полученных данных и вывода из них количественных характеристик свойств светочувствительного слоя.

В такой последовательности мы и поведем дальнейшее изложение.

Источники света

Целесообразный выбор источника света для сенситометрических целей предполагает знание особенностей в излучениях различных источников света. Чтобы эти особенности стали понятны, необходимо предварительно остановиться на некоторых основных моментах, относящихся к природе лучистой энергии. Эти сведения окажутся для нас необходимыми и в других разделах настоящей книги.

Если тонкий пучок белого света направить через узкую щель на стеклянную призму, то, пройдя последнюю, луч отклонится от своего первоначального пути в сторону основания призмы и разложится на составляющие его цветные лучи, образуя на подставленном экране разноцветную полосу, называемую спектром. Ближе всего к первоначальному пути луча пойдут лучи красные, затем оранжевые, желтые, зеленые, голубые, синие и, наконец, сильнее всего отклонятся лучи фиолетовые (рис. 1).

Если полученный таким образом спектр принять не на экран, а на обыкновенную фотографическую пластинку, то после проявления окажется, что различные части спектра оказали на пластинку различное действие. В тех местах, куда падали лучи красного, оранжевого, желтого и зеленого цветов, пластинка совершенно не потемнеет, слабое потемнение будет заметно там, где действовали голубые лучи, оно будет сильнее по мере приближения к фиоле-

товому концу спектра и продолжится еще дальше, т. е. туда, где на экране никакого света заметно не было. Это указывает на то, что спектр не оканчивается фиолетовыми лучами, а за своим фиолетовым концом содержит еще лучи, хотя и не видимые для глаза, но способные действовать на фотографическую пластинку. Эти лучи принято называть ультрафиолетовыми.

Можно обнаружить, что и за другим концом видимого спектра, за пределами его красной части, также имеются невидимые лучи. Эти последние лучи не действуют на обыкновенную фотографическую пластинку. Однако, они обнаруживаются нагреванием термометра, помещенного в этом месте спектра, т. е. по тепловому своему действию. Эти лучи принято называть инфракрасными.

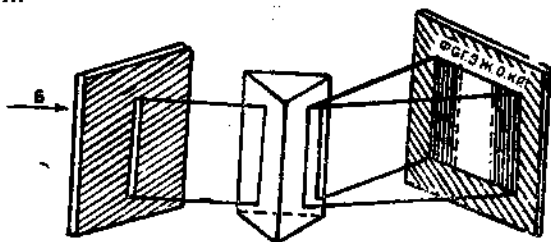


Рис. 1. Разложение белого света призмой

Все эти лучи как видимые, так и невидимые носят общее название «лучистой энергии» и по своей природе представляют электромагнитные колебания, волнообразно распространяющиеся в пространстве от источника излучения. Колебания эти распространяются с огромной скоростью (около 300 000 км в секунду) и отличаются между собой длинами своих волн или частотой колебаний. Чем длиннее волна, тем меньше частота колебаний. Зависимость между этими величинами можно выразить формулой:

$$C = \lambda \cdot \nu,$$

где C — скорость распространения лучистой энергии, λ — длина волны и ν — частота колебаний в секунду. Свойства отдельных видов лучистой энергии зависят исключительно от этих двух величин, т. е. от длины волны или частоты колебаний.

Надо заметить, что в общем возможном спектре лучистой энергии видимый спектр составляет очень ничтожный участок. Длины волн, составляющих этот спектр, находятся в пределах 760 μ ¹ (красный конец спектра) — 400 μ (фиолетовый конец спектра) (рис. 2). Длины волн инфракрасных лучей больше 760 μ , а ультрафиолетовых меньше 400 μ .

Достаточно ограниченным представляется и весь спектр излучений, включая инфракрасную и ультрафиолетовую области, испускаемых обычными источниками света. Однако, с переменной

¹ μ — микрон, одна тысячная миллиметра; μ м — миллимикрон, одна тысячная часть микрона, или одна миллионная миллиметра.

Длина волн в μ 440 480 510 550 575 600 630 650

ультра-фиолетовые	фиолетовый	синий	синезеленый	зеленый	желто-зеленый	желтый	оранжевый	красно-оранжевый	красный	инфракрасные
невидимые лучи	видимые лучи									невидимые лучи
300	400		500		600		700			800

Рис. 2. Шкала волн видимого спектра

природы излучателя могут быть получены, с одной стороны, излучения, длины волн которых достигают сотен метров и даже нескольких километров (например, электрические колебания, используемые в радиотехнике), а с другой стороны, излучения с весьма малыми длинами волн, например, рентгеновские лучи, длины волн которых находятся в пределах $2 \text{ м}\mu - 0,005 \text{ м}\mu$ или гамма-лучи радия с еще более короткими волнами (классификацию излучений по длинам волн см. на рис. 3).

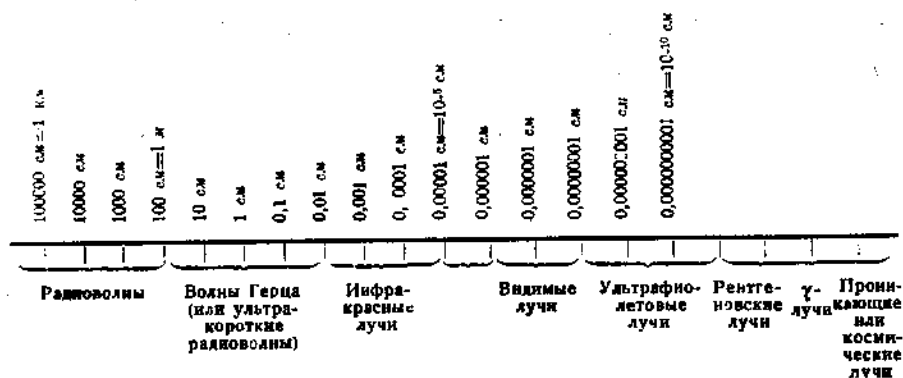


Рис. 3. Шкала электромагнитных волн

Следует однако иметь в виду, что приведенная на рис. 3 классификация электромагнитных волн является достаточно условной, введенной для более удобного их изучения. На самом деле никаких границ между отдельными видами этих волн не существует и свойства волн с их длинами меняются постепенно. Так например, ультракороткие радиоволны очень похожи по своим свойствам на самые длинные тепловые или инфракрасные лучи и как последние они способны производить нагревание. Точно так же отдельные цвета видимой части спектра постепенно и незаметно переходят один в другой, так что совершенно не представляется возможным сказать, например, где кончается синий цвет и где начинается фиолетовый.

Из всего колоссального диапазона электромагнитных волн лишь ничтожная часть способна действовать на человеческий глаз, а именно, область волн от 760 до 400 $m\mu$, из которых самые длинные волны, действуя на человеческий глаз, вызывают ощущение красного цвета, самые же короткие — фиолетового; промежуточные волны производят ощущение остальных цветов спектра (см. рис. 2). Комбинациями этих основных спектральных цветов и образуются все цветные оттенки видимой природы.

Исследования показали (Планк, 1900 г.), что тела испускают лучистую энергию не непрерывной струей, а в виде как бы отдельных порций ее, называемых квантами энергии, причем излучаться и поглощаться энергия может только целыми квантами, а не частями их. Величина кванта лучистой энергии находится в зависимости от частоты колебаний и определяется формулой:

$$E = h \cdot \nu,$$

где ν — частота колебаний, h — постоянная величина, носящая название «постоянной Планка». Если энергию кванта выразить в эргах, то численная величина этой постоянной равна $6,54 \cdot 10^{-27}$. Отсюда следует, что величины квантов различны для волн разной длины и чем меньше длина волны излучаемой лучистой энергии (т. е. чем больше частота колебаний), тем ее квант больше по своей величине. Таким образом, например, квант энергии синего света будет больше кванта энергии зеленого света, а квант энергии зеленого света больше кванта красного.

Если рассматривать спектр излучения, испускаемый каким-либо раскаленным твердым или жидким телом, то можно видеть, что в этом спектре все цвета — от красного до фиолетового — непрерывно и постепенно переходят один в другой без каких-либо резких границ между ними. Такие спектры носят название «сплошных спектров».

Другая картина получится, если посмотреть через спектроскоп на пламя спиртовой лампочки, в которое введено небольшое количество какого-либо вещества, например, поваренной соли. В этом случае весь спектр будет состоять лишь из одной узкой желтой линии, причем в более совершенном спектроскопе эта линия окажется двойной.

Если в пламя ввести соль стронция, то пламя приобретет красную окраску, а в спектре получится целый ряд узких линий в красной части и одна линия в синей.

Рассматривая в спектроскопе свечение водорода под влиянием проходящего через него электрического тока высокого напряжения (в Гейслеровой трубке), мы увидим три яркие линии — красную, зеленую и синюю. Описанные спектры носят название «линейных спектров».

Линейными спектрами обладают раскаленные газы или пары различных веществ, причем число и расположение отдельных спектральных линий различно у каждого элемента и составляет его характерную особенность.

Это замечательное свойство химических элементов давать особые для каждого из них линейные спектры лежит в основе так называемого «спектрального анализа», открытого и разработанного Кирхгофом и Бунзеном в 1860 г.

Вводя исследуемое вещество в несветящееся пламя газовой или спиртовой горелки и наблюдая пламя при помощи спектроскопа, можно по виду спектра определить присутствие в веществе тех или иных элементов, причем такой метод позволяет обнаружить вещества, находящиеся в чрезвычайно малых количествах (желтая линия натрия получается, например, от присутствия одной миллиардной доли грамма натрия).

Если на пути белого света, дающего сплошной спектр, поместить какое-либо тело, поглощающее некоторые лучи спектра, например, светофильтр, то в результате вместо непрерывного спектра получается «спектр поглощения», т. е. спектр с темными местами в тех его частях, которые соответствуют поглощенным лучам.

К спектрам поглощения относится также и спектр солнца, в котором расположено в разных местах большое количество темных линий, носящих название фраунгоферовых линий и происходящих от поглощения соответствующих лучей парами и газами, составляющими атмосферу солнца.

Что касается типичных случаев возникновения лучистой энергии, то их известно несколько. Ряд случаев объединяется общим именем явлений люминесценции. Помимо того, широко распространенным является случай так называемого температурного лучеиспускания.

Характерной особенностью явлений люминесценции является то обстоятельство, что возникновение лучистой энергии в этих случаях не связано с температурой светящегося тела, а обуславливается другими обстоятельствами (холодный свет).

В зависимости от причин, вызывающих свечение, различают несколько видов люминесценции; наиболее важные из них:

- а) фотолюминесценция,
- б) хемилюминесценция,
- в) триболюминесценция,
- г) электролюминесценция.

Многие вещества имеют способность испускать свет определенного цвета под влиянием освещения их светом другого цвета. Это явление носит название фотолюминесценции. При этом, если вещество способно светиться только в то время, как на него действует возбуждающий свет, мы имеем дело с так называемой флюоресценцией, если же свечение продолжается и после прекращения действия возбуждающего света, то такая фотолюминесценция называется фосфоресценцией. Примером флюоресценции может служить свечение при дневном свете керосина слабым фиолетовым светом или свечение эскулиновых светофильтров синим светом; к фосфоресценции же можно отнести свечение в темноте стрелок и цифр светящихся циферблатов часов после освещения их дневным светом.

В явлениях фотолюминесценции свет возбуждающий и свет возбуждаемый (или так называемый свет фотолюминесценции) связаны зависимостью, а именно, длина волны возбуждающего света всегда меньше длины волны возбуждаемого (закон Стокса).

В приведенном примере керосин обладает способностью светиться фиолетовым светом; следовательно, для того чтобы вызвать это свечение, необходимо керосин осветить ультрафиолетовыми лучами, и поэтому свечение его заметно лучше всего при солнечном свете, наиболее богатом этими лучами.

Тот же закон имеет место и при фосфоресценции.

Хемилюминесценцией называется способность некоторых веществ испускать свет под влиянием происходящих в них химических процессов. Сюда относится, например, свечение фосфора на воздухе вследствие его окисления кислородом воздуха, свечение гнилушек и живых организмов, например, светлячков.

Интересно отметить, что свет, испускаемый светлячком, состоит только из лучей средней части видимого спектра, т. е. именно из тех, к которым наиболее чувствителен глаз. Невидимых лучей светлячок не испускает, так как светит он именно для того, чтобы его видели.

Под триболюминесценцией разумеют свечение тела при его раздавливании или разламывании. Это явление легко заметить, если в темноте тереть два куска сахара один об другой или отдирать изоляционную ленту от коробки с пленкой. Поверхность, подвергающаяся трению и от которой вследствие этого отрываются крупинки, светит слабым, но легко заметным зеленоватым светом. Триболюминесцирующих веществ известно несколько сотен. По большей части это вещества кристаллические.

Электролюминесценция наблюдается при прохождении электрических разрядов через разряженную атмосферу газов (например, неоновые трубки, светящиеся красным светом и служащие для целей рекламы, или ртутные лампы, в которых светятся пары ртути).

Температурное лучеиспускание — превращение в нагретых телах части тепловой энергии в световую.

Если какое-либо твердое тело начать нагревать, то примерно около $500-600^{\circ}\text{C}$ тело начинает светиться красным светом. Это будет так называемая температура красного каления.

Не следует, конечно, думать, что до этой температуры тело совершенно не излучает. Лучеиспускание происходит при всякой температуре, но при температурах более низких, чем $500-600^{\circ}$, излучаются лишь невидимые инфракрасные (тепловые) лучи. При дальнейшем повышении температуры к излучаемым красным лучам присоединяются сначала оранжевые, затем желтые, зеленые и, наконец, все остальные лучи видимого спектра вплоть до фиолетовых и ультрафиолетовых. Это произойдет при так называемой температуре белого каления, и тело при этом будет излучать весь видимый спектр, т. е. светить белым светом. Исследование температурного лучеиспускания производится на так назы-

ваемом «абсолютно черном теле», так как из всех тел оно обладает максимальным для каждой температуры излучением.

Абсолютно черным телом в физике называется такое тело, которое поглощает все без исключения падающие на него лучи. В противоположность ему абсолютно белым телом будет такое, которое все лучи отражает. Реальные тела природы, не являющиеся ни абсолютно черными, ни абсолютно белыми, будут телами «серыми».

Наиболее близко по своим свойствам к абсолютно белому телу подходит зеркало, сделанное из полированной платины, а абсолютно черное тело может быть получено в виде глухого вычерненного внутри ящика с небольшим отверстием в одной из его стенок (рис. 4). Ни один луч, попавший в такой ящик через

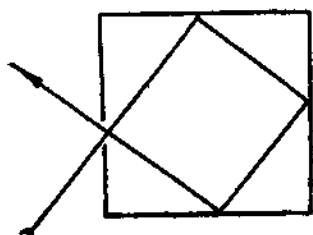


Рис. 4. Схема абсолютно черного тела

его отверстие, не сможет выйти обратно, не отразившись по меньшей мере три раза от его внутренних стенок.

Если стенка ящика отражает предположим 10% падающих на нее лучей, поглощая остальные (без особых трудностей можно изготовить поверхность, отражающую лишь 1%), то после первого отражения луч будет иметь $\frac{1}{10}$ часть первоначальной яркости, после второго отражения — $\frac{1}{100}$ ($\frac{1}{10}$ от $\frac{1}{10}$), а после третьего — только $\frac{1}{1000}$.

Практически таким образом ни один луч, попавший в ящик через его отверстие, не сможет выйти обратно и, следовательно, отверстие такого ящика будет обладать всеми свойствами абсолютно черного тела.

Если ящик сделать из какого-либо тугоплавкого материала, например, платины, вычернить его внутри и нагревать до температуры свечения, то, наблюдая спектр излучения (выходящего из отверстия ящика), можно достаточно удобно изучать все изменения его при колебаниях температуры нагрева.

Измерять действие лучистой энергии проще всего по тому нагреванию, которое производит эта энергия, поглощаясь какими-либо телами. Для изучения энергии различных мест спектра можно было бы употреблять простой термометр, перемещая его шарик (предварительно вычерненный) вдоль спектра, но для точных измерений это будет недостаточно: с одной стороны, необходима большая чувствительность, с другой же стороны, шарик термометра покроеет слишком большой участок спектра.

Поэтому для измерения подобного рода употребляется прибор, носящий название болометра.

Болометр представляет собой тончайшую полоску из вычерненной платины толщиной всего в 0,0001 мм, натянутую на маленькую, эбонитовую рамочку. Если на эту полоску упадут лучи, то она поглотит их энергию и почти моментально нагреется; это в свою очередь вызовет увеличение электрического сопро-

тивления полоски, которое может быть измерено с большой точностью. Поэтому повышение температуры, а следовательно, и количество поглощенной энергии можно будет точно измерить. Кроме того, незначительная ширина полоски позволяет измерять энергию очень узких областей спектра.

В настоящее время болометры настолько усовершенствованы, что ими можно измерять разницу температур в $0,000000001^\circ$.

Если нить болометра помещать в различные места спектра и измерять количество энергии, которое несут волны различной длины, то можно построить кривые распределения энергии в спектрах тел, нагретых до различных температур (рис. 5).

Рассматривая кривые распределения энергии для различных температур, можно заметить, что общая величина энергии излучения очень быстро растет с увеличением температуры. Стефан эмпирически открыл, а Больцман теоретически обосновал закон, носящий имя обоих этих ученых, согласно которому энергия общего излучения (E) абсолютно черного тела растет пропорционально 4-й степени абсолютной температуры, т. е.

$$E = \sigma \cdot T^4$$

(Абсолютная температура отсчитывается от точки абсолютного нуля, т. е. от -237°C и обозначается буквой T , следовательно $T = t^\circ \text{C} + 273$.) Таким образом, например, если температура тела увеличивается в 2 раза, энергия общего излучения возрастает в 2^4 , т. е. в 16 раз.

Величина фактора пропорциональности σ (сигма) зависит от того, в каких единицах измеряется величина излучаемой энергии. Если эта энергия измеряется в грамм-калориях, то $\sigma = 1,37 \cdot 10^{-12}$, если энергия измеряется в эргах, то $\sigma = 5,75 \cdot 10^{-12}$ и наконец $\sigma = 5,73 \cdot 10^{-12}$, если энергия измеряется в ваттах.

Если обратить внимание, на какую длину волны приходится максимум излучаемой энергии при различных температурах, то легко заметить, что эта длина волны не остается постоянной. С повышением температуры максимум излучаемой энергии передвигается в сторону более коротких волн. Это явление нашло свое математическое выражение в так называемом «законе смещений» Вина, по которому произведение из абсо-

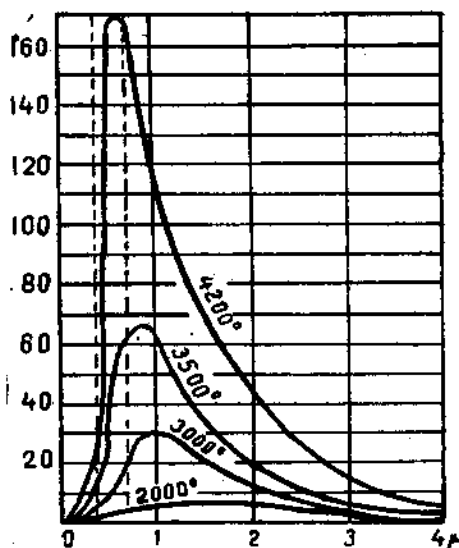


Рис. 5. Распределение энергии в спектрах тел, нагретых до различной температуры (пунктиром обозначена видимая часть спектра)

лютной температуры (T) на длину волны, отвечающую максимуму излучаемой энергии $\lambda_{\max}$ есть величина постоянная

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{const.}$$

Эта постоянная величина равняется 2880 для абсолютно черного тела и 2580 для абсолютно белого, если длина волны выражена в микронах.

Закон Вина дает возможность, зная длину волны, соответствующую максимуму излучаемой энергии, вычислить температуру источника света и наоборот. Например, экспериментально найдено, что максимум излучаемой энергии в солнечном спектре падает на волну в 555 $m\mu$ (0,555 μ), откуда температура солнца по абсолютной шкале будет:

$$0,555 \cdot T = 2880$$

$$T = 2880 : 0,555 = 5200,$$

полагая, что солнце по своим свойствам близко к абсолютно черному телу. Возьмем еще пример: температура электрической лампочки накаливания равняется 2450°. Найдем длину волны, соответствующую максимуму излучаемой энергии:

$$\lambda_{\max} \cdot 2450 = 2880,$$

$$\lambda_{\max} = 2880 : 2450 = 1,175 \mu,$$

т. е. далеко за пределами видимой части спектра в сторону инфракрасных лучей. Укажем, что позднейшие исследования Планка привели его к формуле, пользуясь которой, можно вычислить энергию излучения для любой длины волны, зная лишь абсолютную температуру излучающего тела.

Из общего излучения черного тела нас особенно интересует та часть спектра, на которую реагирует наш глаз, т. е. волны, лежащие между 0,4 и 0,7 μ (на рис. 6 эта область заштрихована). В черном излучении даже при самых высоких температурах энергия этой области чрезвычайно мала в сравнении с общей величиной излучаемой энергии. В лампочке накаливания, например, только часть одного процента энергии приходится на видимую, а остальные 99 с лишним процентов — на невидимую инфракрасную часть спектра; даже в вольтовой дуге, несмотря на ее ослепительную яркость, видимая часть излучаемой энергии составляет всего 10,4% от всей испускаемой.

Суммарная яркость всей видимой части излучения растет с температурой гораздо быстрее, чем общее излучение, т. е. быстрее, чем с 4-й степенью абсолютной температуры. Для черного тела (приблизительно и для накаливаемой платины) вблизи температуры красного каления (около 600° C) интенсивность видимой части увеличивается пропорционально 30-й степени температуры, а вблизи белого каления — пропорционально 14-й.

Распределение энергии в солнечном спектре полнее всего было изучено англичанином Лэнгли, который экспериментальным путем с помощью болометра получил кривую распределения этой энергии, носящую название «кривой Лэнгли». Эта кривая дана на рис. 6.

Из кривой видно, что максимум энергии приходится на желто-зеленую часть спектра, приблизительно отвечающую длине волны в 0,555 м, что соответствует, как выше было указано, температуре в 5200°. «Провалы» в некоторых местах кривой соответствуют главнейшим Фраунгоферовым линиям спектра.

Сравнивать между собой различные источники света наиболее удобно по так называемой цветовой температуре.

Цветовая температура источника света (T_c) есть выраженная в градусах абсолютной шкалы температура абсолютно черного тела, имеющего в двух определенных спектральных участках то же отношение яркостей, что и данный источник, т. е. та температура, до которой надо нагреть абсолютно черное тело, чтобы относительное распределение яркостей в его спектре было такое же, как в спектре этого источника света. Эта температура может и не соответствовать фактической температуре источника света. Цветовая температура отсчитывается обыкновенно по нормальной термометрической шкале (Кельвина) и обозначается K° .

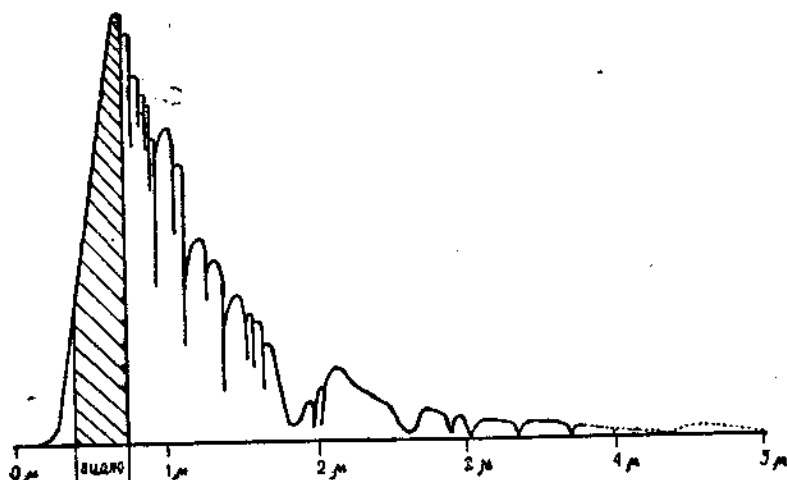


Рис. 6. Распределение энергии в спектре солнца (кривая Лэнгля)

Таблица 1

Цветовая температура различных источников света
в градусах Кельвина

Лампа Гейнера	1830°
Газовая горелка	1875°
Пентаиловая лампа Гаркура	1920°
Стеариновая свеча	1925°
Английская спермацетовая свеча	1900°
Керосиновая лампа с круглым фитилем	1920°
Керосиновая лампа с плоским фитилем	1930°
Электрическая угольная лампочка	2080°
Газ калийная лампа	2300°
Ацетиленовая лампа	2360°

Вольфрамовая вакуумная лампа с недокалом (8,2 люмена на ватт)	2 360°
Ламп. Нериста	2 400°
Вольфрамовая вакуумная лампа при нормальном накале	2 450°
Вольфрамовая лампа газонаполненная (полуваттная) малая	2 700°
Вольфрамовая лампа газонаполненная, мощная	2 950°
Нитра-лампа Осрам	3 000°
Вольфрамовая точечная лампа	2 000—3 300°
Киволампа Осрам при перегрузке	3 350°
Вольтова дуга	3 700°
Лунный свет	4 120°
Средний солнечный свет вместе со светом неба	5 000°
Прямой солнечный свет на поверхности земли	5 600°
Прямой солнечный свет за пределами атмосферы	6 500°
Свет облачного неба	6 400 — 6 900°
Свет голубого неба	19 000—24 000°

Свет магния не представляет собой в чистом виде черного излучения, но с некоторым приближением можно считать, что его цветовая температура равняется 3 650° К.

Цветовая температура источников света является лучшей характеристикой их излучения в спектральном отношении. Чем выше цветовая температура, тем более излучаемый свет и тем более он приближается по своему составу к солнечному свету. Чем цветовая температура ниже, тем излучаемый свет беднее коротковолновыми лучами, тем он краснее и тем большая часть энергии приходится на долю невидимых тепловых лучей.

Ознакомившись с тем, что собою представляет световая энергия вообще и каковы особенности различных источников света, перейдем к рассмотрению источников света, применяющихся в сенситометрической практике.

Источники света, употребляющиеся в сенситометрии, должны удовлетворять следующим основным требованиям.

Постоянство силы света. Источник света должен всегда излучать одно и то же количество световой энергии и сила света его не должна зависеть от посторонних причин, как например, количества кислорода в воздухе, влажности, движения воздуха и др.

Легкость воспроизведения. Источник света должен быть достаточно удобным в обращении, не требовать сложного оборудования для своего воспроизведения и быть доступным не только для научно-исследовательской, но и любой фабрично-заводской испытательной лаборатории. Так например, источник света, применяемый в эталоне единицы силы света В и о л я (количество света, испускаемое 1 кв. см поверхности расплавленной платины в момент ее затвердевания), несмотря на свои достоинства в смысле постоянства силы света, все же мало применим, так как сложен для воспроизведения и требует к тому же около килограмма платины.

Спектральный состав. Галоидные соли серебра, являющиеся светочувствительным веществом современных фотографических эмульсий, как это будет подробнее рассмотрено во II главе, в различной степени чувствительны к отдельным лучам

спектра. Одно и то же количество освещения может оказывать на галоидное серебро совершенно различное действие в зависимости от того, из каких лучей спектра состоит излучение. Степень действия лучей какого-либо источника света на фотографическую эмульсию называется фотографической яркостью этого источника света, или его актиничностью.

Относительной актиничностью источника света называется отношение его визуальной яркости к фотографической.

Величина актиничности одного и того же источника света будет различна в зависимости от цветочувствительности эмульсии. Чем эмульсия лучше ортохроматизирована, тем, очевидно, большее количество лучей, испускаемых данным источником света, будет действовать на нее и тем, следовательно, будет больше величина актиничности.

Максимум цветочувствительности бромистого серебра, хотя бы и сенсibilизированного, все же лежит в сине-фиолетовой части спектра. Поэтому, из двух источников света, обладающих одинаковой визуальной яркостью, более актиничным будет тот, который испускает большее количество сине-фиолетовых лучей.

Так как интенсивность сине-фиолетового излучения возрастает при увеличении температуры светящегося тела, то очевидно, что более актиничными будут источники света с более высокой цветовой температурой.

Нижеследующая таблица дает сравнительную величину относительной актиничности различных источников света для обыкновенной бромосеребряной несенсибилизированной эмульсии.

Таблица 2

Относительная актиничность различных источников света для бромосеребряной эмульсии

Лампа Гейфнера	1
Газовая горелка	1,7
Ацетиленовая лампа	2,3
Вольфрамовая электролампа	2,6
То же полуваттная	3,3
Нитра-лампа Осрам	7
Вольтова дуга	12
Свет магния	15
Дневной свет при облачном небе	7-8
Дневной свет при редких облаках	11
Дневной свет при безоблачном небе	15-18
Прямой солнечный свет	12-25

Чем лучше сенсibilизирована эмульсия, тем меньше разница в актиничности для различных источников света, и если бы можно было получить эмульсию с совершенно одинаковой чувствительностью ко всем лучам спектра, то для такой эмульсии все источники света имели бы одинаковую актиничность.

Если, например, сравнить действие различных источников света на различно сенсibilизированные эмульсии, приняв действие солнечного света за 100, то получится следующая таблица:

Таблица 3

Действие различных источников света на различные эмульсии

Источник света	Действие на эмульсию		
	Обыкновен.	Ортохроматическ.	Панхроматическ.
Солнечный свет	100	100	100
Свет неба	181	155	130
Дуговая лампа	126	112	104
То же с закрытой дугой	157	177	165
То же с белыми эффектными углями	257	234	215
Ртутный свет	316	354	273
Ртутно-кварцевая лампа	600	500	367
Угольная электрическая лампочка	23	32	42
Вакуумная вольфрамовая лампа	33	41	50
Вольфрамовая лампа газонаполненная	64	68	75
Ацетиленовая лампа	30	44	52
Пентановая лампа	8	28	42

Из таблицы легко видеть, что чем лучше сенсibilизирован материал, тем меньше различие в актиничном действии отдельных источников света (обыкновенная эмульсия 8—600; ортохроматическая 28—500; панхроматическая 42—367).

Кроме того, чем ниже цветовая температура источника света, тем большей оказывается разница в действии этого источника света на различные эмульсии и тем более необходимым является употребление панхроматических материалов. Наоборот, при применении источников света, богатых сине-фиолетовыми лучами, т. е. имеющих высокую цветовую температуру, как например, дневной свет, или свет вольтовой дуги, может оказаться более выгодным (в отношении экспозиции) применение ортохроматических или даже обыкновенных светочувствительных материалов.

Легко видеть, что в качестве источника света, при испытании светочувствительного слоя, целесообразнее всего применять именно тот источник света, которым пользуются при съемке. Таким источником света для негативных материалов будет дневной свет, так как большинство съемок производится при солнечном освещении, а для позитивных материалов — электрическая лампочка.

Теперь ознакомимся с тем, насколько источники света, применяемые в практической сенситометрии, удовлетворяют приведенным требованиям.

Все источники света, употребляемые при сенситометрических испытаниях, по их цветовой температуре и, следовательно, спектральному составу, можно разбить на следующие 4 группы:

I группа: лампа Гейнера, английская свеча, лампа Шайнера; эти источники дают сильно желтый свет, очень бедный синими и фиолетовыми лучами.

II группа: ацетиленовое пламя и электрические лампы накаливания; свет несколько более богатый сине-фиолетовыми лучами, но все еще желтоватый.

III группа: свет магния и вольтова дуга; свет белый, достаточно богатый сине-фиолетовыми и ультрафиолетовыми лучами; наиболее подходит к дневному свету при облачном небе.

IV группа: солнечный свет.

Рассмотрим каждый из этих источников света в отдельности. Лампа Гефнера (рис. 7), предложенная в 1884 г. инж. Гефнером-Альтенекем, в течение нескольких десятков лет была единственным нормальным источником света, и сила света ее (так называемая свеча Гефнера — НК) употреблялась в качестве единицы при измерении силы света всех других источников.

Лампа эта имеет строго стандартные размеры, в качестве горючего материала в ней применяется искусственно-амиловый эфир (амилоацетат), качества которого также строго стандартизованы. Высота пламени лампы должна быть равна 40 мм, и эта высота устанавливается с помощью особых визиров. Хотя пламя лампы очень неустойчиво, легко подвержено колебаниям воздуха и т. д., но в спокойных условиях горит замечательно ровно и дает свет, отличающийся прекрасным постоянством.

Несмотря на все свои положительные свойства, лампа Гефнера все же мало пригодна для сенситометрических целей, так как свет ее сильно отличается от того, при котором производится съемка; это служит причиной получения результатов, часто сильно расходящихся с практическими выводами. К сожалению, несмотря на это, лампа Гефнера все же до сих пор применяется при испытаниях во многих сенситометрических лабораториях.

Английская свеча, предложенная в качестве источника света для сенситометрии Хертером и Дриффильдом в 1899 г., по форме представляет обыкновенную свечу, изготовлена из спермацета — жира, добываемого из головы морского животного — кашалота, и поэтому иногда называется «спермацетовой свечей». Размеры этой свечи стандартизованы.

При высоте пламени в 45 мм сила света английской свечи равняется 1,14 лампы Гефнера, и свет ее по спектральному составу также очень похож на свет лампы Гефнера. Английская свеча до сих пор употребляется в Англии для сенситометрии (несмотря на всю ее непригодность для этой цели по тем же соображениям, какие делают непригодной для данного случая и лампу Гефнера).

Лампа Шайнера (рис. 8), так же как и лампа Гефнера, представляет собою стандартных размеров лампочку, но в ка-

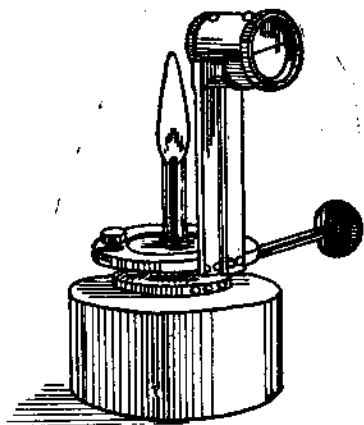


Рис. 7. Лампа Гефнера

честве горючего материала в ней применяется бензин определенного удельного веса (0,704 при 15° С).

С помощью особого визира высота пламени устанавливается в 28 мм, и из него, при помощи видимой на рисунке щелевидной диафрагмы, используется лишь участок размеров 1×15 мм, который и служит собственно источником света, составляя по силе 0,0756 лампы Гейфнера. Свет лампы Шайнера по своему спектральному составу также очень схож со светом лампы Гейфнера.

К источникам света второй группы относятся ацетиленовое пламя и электрические лампы накаливания.

Пламя ацетилена — газа, получаемого при действии воды на карбид кальция, предлагалось в качестве стандарта силы света многими исследователями; в сенситометрическую же практику оно было введено американскими учеными Минзом и Шеппардом, разработавшими для этого конструкцию специальной горелки (рис. 9).

К сожалению, аппаратура, служащая для производства газа и его очистки, довольно сложна, и работа с нею не вполне безопасна, почему аце-

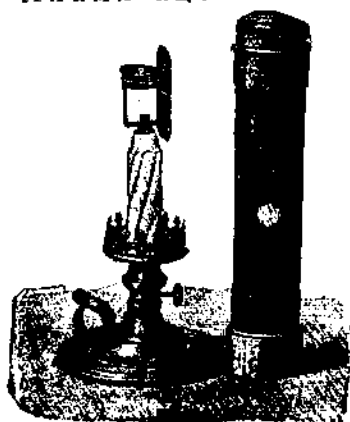


Рис. 8. Лампа Шайнера



Рис. 9. Схема горелки Минза и Шеппарда

тиленовое пламя нашло себе применение лишь для эталонирования электрических лампочек, подгоняемых под ту же цветовую температуру.

Цветовая температура ацетиленового пламени равна 2360° К и свет его имеет желтоватый оттенок.

Электрические лампочки накаливания, употребляемые в сенситометрической практике, представляют собой вольфрамовые вакуумные (пустотные) лампы различной силы света, горящие при определенном для каждого экземпляра лампы постоянном режиме, который поддерживается с помощью точных электроизмерительных приборов.

Режим лампы выбирается обычно такой, чтобы последние давали цветовую температуру, равную температуре ацетиленового пламени, т. е. 2360° К. Так как эта температура ниже нормальной температуры вольфрамовой лампы, то последняя горит при некотором недокале, что весьма удлиняет срок жизни лампы. Вообще эталонные электрические лампы обычно работают не более 40—50 час., после чего их необходимо вновь проверять, или, как говорят, эталонировать, так как вследствие происходящего при горении лампы распыления нити, ее сопротивление, а

следовательно, и потребляемый ток изменяются, а оседающие на баллоне частицы нити уменьшают его прозрачность.

В качестве эталонных ламп желательно употреблять лампы специальной конструкции, имеющие все нити накала в одной вертикальной плоскости, но с некоторым ущербом для точности измерений вполне допустимо применение обыкновенных автотоламп, или ламп так называемого «котельного» типа, надлежащим образом проверенных и эталонированных сравнением их с нормальными.

Лампы накаливания представляют собою наиболее удобный и часто применяемый источник света и обладают лишь одним недостатком — сила света в большой степени зависит от режима питания лампы электрическим током.

Свет лампы накаливания, так же как и свет ацетиленовой лампы, имеет желтоватый оттенок.

В 1909 г. международная осветительная комиссия на основе соглашения государственных метрологических лабораторий Франции, Англии и Соединенных штатов предложила использовать электрические лампочки накаливания в качестве нового эталона силы света вместо лампы Гейфнера. Тщательно сверенные такие эталоны имеются в трех названных лабораториях. По этим эталонам градуируются эталоны всех других стран. Новая единица получила название международной свечи.

Соотношение между силой различных источников света можно видеть из следующих данных:

Единица Виоля равна	22,8	свечей Гейфнера
Английская свеча	1,14	" "
Стеариновая " "	1,2	" "
Пентагоновая лампа	11,14	" "
Лампа Шайнера " "	0,0756	" "
Международная свеча равна	1,11	" "

К третьей группе источников света относятся свет горячей на воздухе ленты магния и свет вольтовой дуги.

Свет магния в качестве источника света для сенситометрических целей был предложен Эдером, который разработал также и метод сжигания его. Этот способ состоит в том, что небольшой квадратный кусочек тонкой магниевой ленты весом в 0,002 г накаляется на острие иглы, которая нагревается на несветящемся пламени спиртовой или газовой горелки до тех пор, пока кусочек магния не вспыхнет. Количество света, излучаемое им при этом на расстоянии 3 м, по своей силе равно количеству света от лампы Гейфнера на расстоянии метра в течение минуты (60 секунд метросвечей).

Свет магния чисто белый и похож на свет облачного неба, но не является температурным лучеиспусканием и определить его цветовую температуру можно только приблизительно. Кроме того, магниевая лента легко окисляется с поверхности, что приводит к неточности измерений.

Вольтова дуга, так же как и магниевая, дает белый свет, похожий на дневной, но употребляется для сенситометрических

целей редко ввиду сложности необходимой аппаратуры, многого постоянства силы света и слишком большой яркости.

Наконец в отдельную IV группу необходимо выделить солнечный свет.

Солнечный свет, конечно, являлся бы идеальным источником света для испытания негативных материалов, так как огромное большинство фото-и киносъемок происходит при освещении объектов именно солнечным светом. Однако, непосредственно свет солнца мало применим для этой цели ввиду крайне большого непостоянства как по силе, так и по спектральному составу. Проходя, перед тем как достигнуть земной поверх-

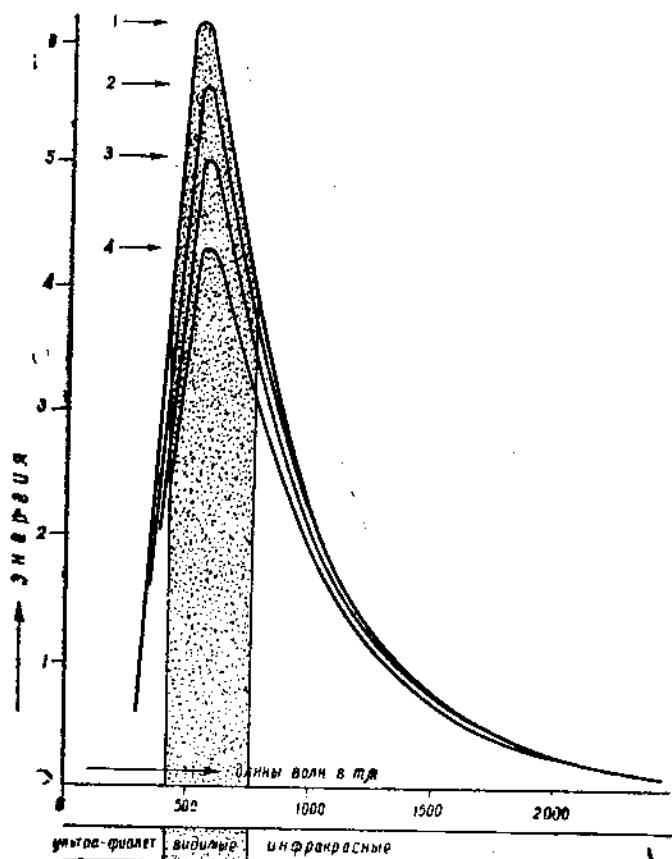


Рис. 10. Распределение энергии солнечного света на различной высоте над земной поверхностью

ности, через толщу воздуха, лучи солнца поглощаются атмосферой в разной степени, в зависимости от толщины ее слоя и от его прозрачности. В первую очередь, как известно, поглощаются лучи с короткими длинами волн, и поэтому чем толще слой атмосферы и чем менее он прозрачен, тем краснее кажутся нам

проходящие через него лучи солнца. Это обстоятельство является причиной того общеизвестного явления, что солнце утром и вечером, и также во время тумана имеет красноватый оттенок.

На рис. 10 представлены кривые распределения энергии солнечного спектра на различной высоте над земной поверхностью. Верхняя кривая соответствует солнечному свету за пределами атмосферы. Вторая снята на высоте 4 200 м над уровнем моря, третья — на высоте 1 750 м и четвертая — на уровне моря.

Легко видеть, что при прохождении лучей через атмосферу, кроме общего уменьшения силы света, происходит и преимущественное поглощение наиболее активной ультрафиолетовой части спектра.

Кроме того, на конечный результат испытания при пользовании прямым солнечным светом влияло бы также и то, что в освещении предметов наряду с солнечным светом участвует и отраженный свет неба, весьма часто меняющий свою окраску.

Ввиду всех этих соображений приходится отказываться от пользования прямым солнечным светом для сенситометрических целей и заменять его искусственным «дневным», за который, по предложению американских ученых Дэвиса и Гибсона, принимается свет с цветовой температурой в 5 000°.

Ввиду невозможности создать источник света с такой температурой, пользуются электрической лампочкой, поглощая особым светофильтром излишек красных и желтых лучей, даваемых ею и приводя этим ее свет к свету источника с цветовой температурой в 5 000°.

Дэвисом и Гибсоном была разработана также рецептура светофильтра для лампочки с цветовой температурой в 2 360° К. Светофильтр состоит из двух растворов, налитых в два смежных отделения двойной стеклянной кюветы так, что толщина слоя каждого из растворов равняется одному сантиметру. Специальные кюветы для этой цели изготавливает Мособлстеклокерамсоюз. Там же можно получить и готовые растворы для светофильтра.

Рецептура растворов следующая:

Раствор А

Медный купорос $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	3,707 г
Маянит $\text{C}_6 \text{H}_8 (\text{OCH})_6$	3,707
Пиридин ($\text{C}_5 \text{H}_5 \text{N}$)	30 куб. см
Вода дистиллированная	до 1 000 „

Раствор Б

Двойная соль сернистого	
кобальта и аммония $\text{Co SO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. 26,827 г	
Медный купорос $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	2,180 „
Серная кислота уд. в. 1,825	10 куб. см
Вода дистиллированная до	1 000 „

Цвет такого светофильтра голубовато-синий и прозрачность его = 0,135, т. е. светофильтр пропускает 0,135 общего количества падающего на него света.

Вакуумная вольфрамовая электрическая лампочка с цветовой температурой в 2360° в соединении с светофильтром указанного состава была принята VII Международным фотографическим конгрессом в качестве международного стандартного источника света для сенситометрических испытаний и в настоящее время все страны уже перешли на этот стандарт.

На рис. 11 кривая E представляет распределение энергии в спектре источника света с цветовой температурой 2360°K . E' — такая же кривая для среднего солнечного света, T — кривая прозрачности светофильтра Дэвиса и Гибсона и, наконец, E'' — кривая источника света со светофильтром. Можно видеть, что эта кривая с достаточной точностью совпадает с кривой E' .

Линия V представляет собой кривую цветочувствительности человеческого глаза.

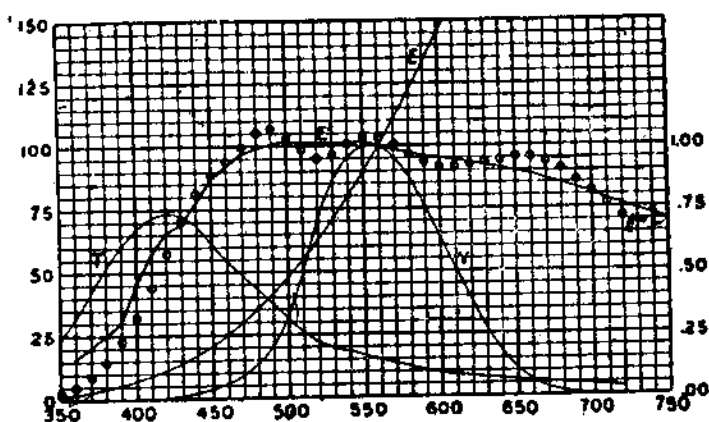


Рис. 11. Действие светофильтра Дэвиса и Гибсона

Кривая поглощения (абсорбции) светофильтра Дэвиса и Гибсона дана отдельно на рис. 12. Из кривой видно, что поглощение света почти равномерно возрастает в направлении от фиолетового к красному концу спектра.

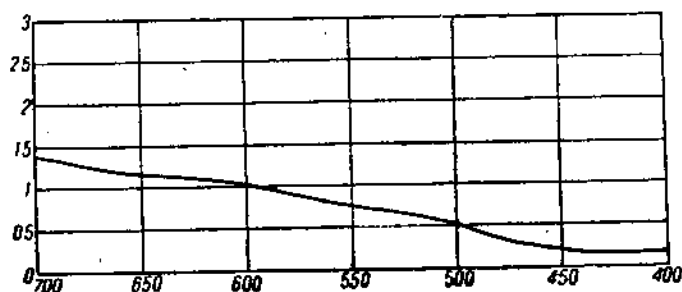


Рис. 12. Кривая абсорбции светофильтра Дэвиса и Гибсона

В СССР производство нормальных источников света поставлено Фотокинохимическим трестом (ФОКХТ) на фабрике № 1.

Источник света, выпускаемый Фокхтом, представляет собою вычерненный внутри деревянный корпус (рис. 13), в верхней части которого находится эталонированная лампочка котельного типа силою света около 8—10 международных свечей. Свет лампы фильтруется стандартным светофильтром Дэвиса и Гибсона, помещенным непосредственно перед нею внутри корпуса (показан на рис. 13, рядом с прибором), и выходит наружу через центральный фотозатвор типа «Варио».

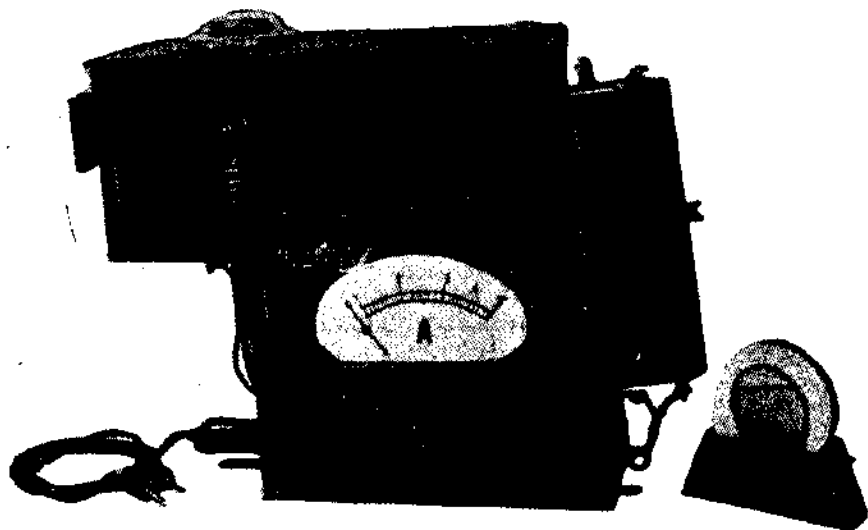


Рис. 13. Нормальный источник света (производство ФОКХТа)

В нижней части корпуса помещен точный амперметр, шкала которого освещается особой лампочкой и видна через специальное отверстие, закрытое неактиничным красным стеклом. На задней стенке прибора снаружи находится реостат, служащий для регулирования лампы, штепсельная розетка для подводки тока и выключатель. Источник света питается переменным током напряжением в 12 в от специального понижающего трансформатора. Весь прибор очень прост и удобен в работе, и в течение 1936 г. все сенситометрические лаборатории Союза будут снабжены такими нормальными источниками света.

Однако, до настоящего времени, к сожалению, в огромном большинстве лабораторий СССР продолжает применяться в качестве источника света лампа Гефнера. Это приводит к тому, что в результате испытаний получаются величины, часто сильно расходящиеся с данными практики. Поэтому, при пользовании сенситометрическими величинами всегда необходимо иметь в виду, при каком источнике света они получены. Дать же какой-либо переводной коэффициент для перехода от одного источника света к другому не представляется возможным, так как в

зависимости от цветочувствительности эмульсии величина чувствительности будет различной; по данным, полученным Научно-исследовательским кинофотоинститутом (НИКФИ), при переходе от лампы Гефнера к стандартному источнику света чувствительность может изменяться в 0,5—10 раз.

Приборы для экспонирования

Различные вещества относятся по-разному к падающему на них белому свету. Вообще говоря, при этом могут иметь место одновременно или порознь следующие три явления: вещество может или пропускать сквозь себя свет, или отражать его, или, наконец, поглощать. Если вещество поглощает все лучи спектра более или менее равномерно, то при прохождении белого света через это вещество или при отражении от него никакого изменения окраски этого света не произойдет и будет иметь место лишь некоторое общее его ослабление. Если же вещество обладает способностью поглощать преимущественно лучи какого-либо одного или нескольких цветов, то в результате такого так называемого «избирательного» поглощения или отражения произойдет окраска вещества в соответствующий цвет. Так например, если вещество поглощает преимущественно все цвета спектра, кроме красного, который отражается веществом, то оно будет казаться окрашенным в красный цвет. Величина поглощения света веществом зависит прежде всего от природы вещества и затем от толщины слоя этого вещества. Если вещество находится в растворе, то поглощение будет тем больше, чем больше концентрация этого раствора. Взаимная связь между этими величинами дается в математической форме законом Ламберта и Бэра.

Если на среду с толщиной слоя X и концентрацией поглощающего в ней вещества C падает световой поток F_0 , а выходит из нее ослабленный, в силу поглощения, световой поток F_x то

$$F_x = F_0 \cdot 10^{-Kx},$$

где K есть так называемый коэффициент абсорбции (поглощения) данного вещества, зависящий от природы этого последнего.

При поглощении световой энергии различными веществами эта энергия переходит в другие виды энергии; чаще всего при этом наблюдается переход лучистой энергии в энергию тепловую, но в некоторых случаях под влиянием поглощенных лучей наблюдаются химические превращения. При этом оказывается, что на вещество могут действовать химически только те лучи, которые поглощаются этим веществом. Это положение впервые было сформулировано в 1819 г. Гротгусом и носит название «основного закона фотохимии». Гротгусом также было показано, что нет оснований говорить об особых химических или «активных» лучах, что в различных случаях могут действовать химически различные лучи при условии их поглощения.

Фогель в 1873 г. расширил этот закон, показав, что вещество может испытывать химическое превращение на свету под влиянием также и тех лучей, которые поглощаются некоторыми определенными примесями к этому веществу, названными Фогелем «оптическими сенситизаторами». Примером их может служить зеленое красящее вещество растений — хлорофилл, которое является оптическим сенситизатором в процессе усвоения растениями углекислоты под влиянием солнечного света. Открытие Фогеля дало возможность приготовления так называемых ортохроматических и панхроматических фотографических светочувствительных слоев путем введения в светочувствительный слой определенных красящих веществ, способных очувствлять этот слой к тем лучам, какие поглощаются введенными красящими веществами.

Дальнейшие исследования Бунзена и Роско имели своей целью установить связь между количеством вещества, превращенным под влиянием света — так называемым фотохимическим эффектом, — и величиной освещения.

Оказалось, что фотохимический эффект прямо пропорционален количеству освещения, а так как последнее измеряется произведением из силы света на время освещения, то $Q = I \cdot t$, где Q — фотохимический эффект, I — сила света и t — время освещения.

Таким образом, при постоянстве произведения $I \cdot t$ фотохимический эффект будет оставаться одинаковым, если даже члены этого произведения, т. е. сила света и время освещения, в отдельности будут соответственно изменяться (например, первый фактор увеличивается в известное число раз, а второй — уменьшается в то же число раз). В силу указанной зависимости между силой света и временем освещения при фотохимических превращениях закон Бунзена и Роско носит название закона обратимости.

Закон Бунзена и Роско имеет достаточно общее значение для фотохимических превращений. Однако, фотографический эффект в светочувствительных слоях представляет исключение.

Немецкий астроном Шварцшильд, фотографируя звездное небо, заметил, что слабые изображения звезд не прорабатываются достаточно хорошо на фотографической пластинке даже при весьма продолжительных экспозициях. Оказалось, что для случая фотографического слоя формула закона Бунзена и Роско принимает следующий вид: $Q = I \cdot t^p$, где $p < 1$. Величина p , носящая название «константы Шварцшильда», различна для разных эмульсий и обычно тем более приближается к единице, чем выше чувствительность эмульсии. У большинства негативных эмульсий $p = 0,8 - 0,9$, доходя у некоторых сортов до 0,95. У позитивных материалов $p = 0,75 - 0,8$ и у медленных бромистых бумаг понижается до 0,65. (Заметим, что согласно более поздним исследованиям, «константа» p оказывается действительно устойчивой величиной в известном интервале интенсивности

действующего света; отклонения в ее величине за пределами этого интервала могут быть значительными.)

Формула $Q = I \cdot t$ означает практически, что действие света тем сильнее, чем быстрее данное количество света сообщается светочувствительной эмульсии, и тем слабее, чем больше растягивается время освещения.

Закон Шварцшильда имеет очень большое практическое значение. Если, например, для печатания какого-либо негатива при лампочке в 50 свечей требуется экспозиция в 10 сек., то при лампочке в 10 свечей, казалось бы, время экспозиции должно быть 50 сек. Между тем, если принять $p = 0,7$, то оказывается, что в этом случае необходимо печатать не 50, а 100 сек. У контрастной медленной бромистой бумаги $p = 0,67$. Вычисление показывает, что если при печати отодвинуть источник света в 4 раза дальше, то необходимо увеличить время экспозиции не в 16 раз, как это казалось бы, а в 63 раза! При киносъемке влияние константы Шварцшильда сказывается при сильном диафрагмировании объектива или при значительном изменении щели раскрытия obturатора. При переходе, например, от светосилы 1 : 2 к светосиле 1 : 18 время экспозиции, казалось бы, необходимо увеличить в $\left(\frac{18}{2}\right)^2 = 81$ раз.

Между тем, если принять $p = 0,85$, то оказывается нужно экспонировать не в 81, а в 178 раз продолжительнее, чтобы получить такой же негатив¹.

Для целей сенситометрического испытания светочувствительного слоя необходимо, как выше было указано, сообщить этому слою ряд точно отмеренных экспозиций от какого-либо, выбранного в качестве стандарта, источника света. Эта дозировка освещений производится с помощью особых приборов, называемых обычно сенситометрами, хотя в сущности это название не отвечает действительному их назначению, так как непосредственно эти приборы ничего не измеряют. Поэтому в свое время предлагалось называть эти приборы «сенситографами» или, наконец, просто «приборами для осве-

¹ Поправка на влияние константы Шварцшильда вычисляется следующим образом: если интенсивность освещения в одном случае обозначить через I_1 , а в другом через I_2 , продолжительность освещения соответственно через t_1 и t_2 , то по закону Бунзена и Роско

$$I_1 : t_2 = I_2 : t_1.$$

Если известна продолжительность освещения в первом случае и требуется определить ее во втором случае, то полагая $t_2 = x$, получим:

$$x = t_1 \frac{I_1}{I_2}.$$

Но так как вследствие влияния константы Шварцшильда

$$I_1 : t_2^p = I_2 : t_1^p,$$

то, подставив вместо p ее значение и приняв $I_2 = 1$, легко из полученного уравнения определить x , т. е. искомую экспозицию.

щения», но эти названия все же не получили всеобщего признания.

Известно, что величина экспозиции определяется, как $H = I \cdot t$, т. е., как произведение из силы освещающего света на время освещения. Очевидно, что получать различную экспозицию можно или путем изменения I , т. е. силы света при постоянном времени освещения t , или изменяя время освещения при постоянной силе света. Соответственно этому приборы для экспонирования делятся на две группы; принадлежащие к первой группе осуществляют так называемую «шкалу интенсивности», а принадлежащие ко второй — «шкалу времени» (напомним, что по отношению к фотографическому слою в обоих случаях результаты не получаются одинаковыми в силу влияния константы Шварцшильда).

Шкала времени осуществляется проще всего следующим образом. Испытуемый светочувствительный материал закладывается в кассету, которая помещается на определенном расстоянии от источника света. Задвижка кассеты выдвигается на 1 см и производится экспозиция в течение, например, 5 сек. Далее задвижка выдвигается еще на 1 см и экспонируется еще 5 сек.; тогда первая экспонированная полоска получит экспозицию в $5 + 5 = 10$ сек. После третьей экспозиции эта полоска получит освещение уже 15 сек., а вторая — 10. Продолжая экспонировать таким образом, мы получим на испытуемом светочувствительном слое ряд возрастающих в арифметической прогрессии экспозиций, причем сила света во всех случаях будет одна и та же (расстояние от кассеты до источника света не изменяется), а время освещения будет меняться, т. е. получим шкалу времени.

Различными исследователями предлагалось большое количество конструкций приборов для экспонирования, осуществляющих шкалу времени, из которых наибольшее распространение получили сенситометры так называемого «дискового» типа. Первым из таких приборов был сенситометр Хертера и Дриффилда, построенный в 1876 г. и не потерявший своего значения до настоящего времени.

Основной частью сенситометра является металлический диск диаметром около 30 см, в котором сделано 9 вырезов (рис. 14). Наибольший вырез равняется 180° , каждый последующий вдвое меньше предыдущего, т. е. 90° , 45° , $22,5^\circ$ и т. д., до $0,703^\circ$. Из конструктивных соображений, чтобы не ослаблять механической прочности диска, самый большой его вырез разделен на две части по 90° каждая. Таким образом один вырез относится к другому как $1 : 2$, а крайние как $1 : 2^8 = 1 : 256$, т. е. самый большой вырез пропускает количество освещения в 256 раз больше, чем самый малый. Эта величина, носящая название «широты экспозиций сенситометра», является одной из основных констант, характеризующих прибор. По одну сторону диска на продолжении его оси вращения, в определенном расстоянии от него находится источник света, по другую сторону диска, параллельно и вплотную к нему, помещается кассета со свето-

чувствительным материалом. Очевидно, что при вращении диска различные места светочувствительного слоя, находящиеся против различных вырезов диска, получают освещения одинаковой силы света, но различной продолжительности. Негатив, полученный экспонированием через такой диск, имеет вид, изображенный на рис. 15.

В силу того же закона Шварцшильда, получающиеся при экспонировании через диск перемежающиеся экспозиции благодаря растянутости во времени производят на светочувствительном слое меньший эффект, чем произвели бы соответствующие непрерывные экспозиции; это обстоятельство является основным недостатком сенситометров дискового типа.

Для того чтобы по возможности ослабить это явление, приходится повышать скорость вращения диска, и для сенситометра Хертера и Дриффильда она равняется 100 оборотам в минуту.



Рис. 14. Диск сенситометра Хертера и Дриффильда



Рис. 15. Негатив, полученный экспонированием через диск сенситометра Хертера и Дриффильда

Другим недостатком сенситометра Хертера и Дриффильда являются слишком большие скачки между отдельными экспозициями (1 : 2). С целью устранения этого недостатка Шайнер в 1894 г. предложил другую конструкцию вырезов диска, в дальнейшем усовершенствованную Эдером (1898 г.).

Сенситометр Шайнера — Эдера (рис. 16) имеет 23 выреза, из которых наименьший равняется одному градусу, а наибольший 207° , а ширина экспозиций прибора, следовательно, равна 207. Соседние вырезы относятся друг к другу, как $1 : 1,27$ ($\log 1,27 = 0,1$).

Недостатком сенситометра Шайнера — Эдера является его небольшая ширина экспозиции, еще меньшая, чем у сенситометра Хертера и Дриффильда.

В дальнейшем усилия различных конструкторов были направлены на то, чтобы увеличить широту экспозиции сенситометра, и в отдельных новейших приборах она доведена до сотен тысяч.

Такие сенситометры представляют собой сложные машины с несколькими дисками и имеются только в крупнейших исследовательских лабораториях мира (в СССР — во Всесоюзном институте метрологии и стандартизации); в обычных же испытательных лабораториях до сих пор основным прибором остается сенситометр Хертера и Дриффильда, иногда с небольшими переделками, главным образом имеющими целью увеличить широту экспозиций. Одна из таких переделок показана на рис. 17, где зачерненные места обозначают вырезы.

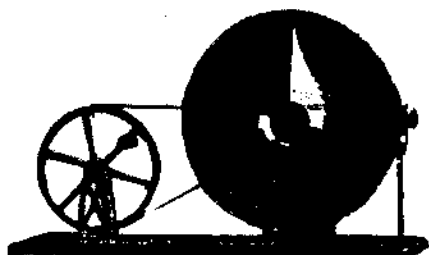


Рис. 16. Сенситометр Шайнера-Эдера

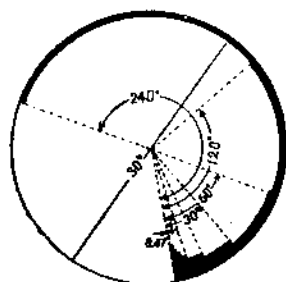


Рис. 17. Схема реконструированного диска сенситометра Хертера и Дриффильда

Как было уже указано, отношение центральных углов, соответствующих двум соседним вырезам диска Хертера и Дриффильда (равное 1 : 2), является слишком большим и поэтому скачки экспозиций слишком велики для точных работ. Поэтому, наряду с увеличением общего числа вырезов с целью увеличения широты экспозиций, в последнее время применяется такой способ изготовления дисков, при котором отношение углов крайних вырезов остается постоянным, но общее число вырезов удваивается и углы двух соседних вырезов относятся друг к другу не как 1 : 2, а как $1 : \sqrt{2}$. Таким образом, между каждыми двумя вырезами обычного диска Хертера и Дриффильда как бы вставляется посредине один промежуточный, и такая конструкция позволяет значительно точнее проследить те изменения, которые происходят в светочувствительном слое при различных экспозициях.

Таковыми дисками снабжаются сенситометры, изготавливаемые Фотокинохимическим трестом для сенситометрических лабораторий Союза. Внешний вид их изображен на рис. 18-а и 18-б.

Диск сенситометра заключен в деревянный ящик, в котором имеются с одной стороны пазы для вдвигания обыкновенной металлической кассеты размером 9×12 см, а в другой стороне ящика против кассеты сделано отверстие такого же раз-

мера, служащее для экспозиции и закрывающееся задвижкой (на рис. 18-б передняя крышка ящика снята).

Диск вращается с помощью электромотора, помещенного снаружи ящика на задней его стороне и работающего от сети переменного тока 120 в. Вращение оси диска осуществляется с помощью бесшумной червячной передачи от электромотора; передача рассчитана таким образом, что диск вращается с постоянной скоростью около 90 оборотов в минуту.

Негатив, полученный с помощью такого сенситометра, изображен на рис. 19.

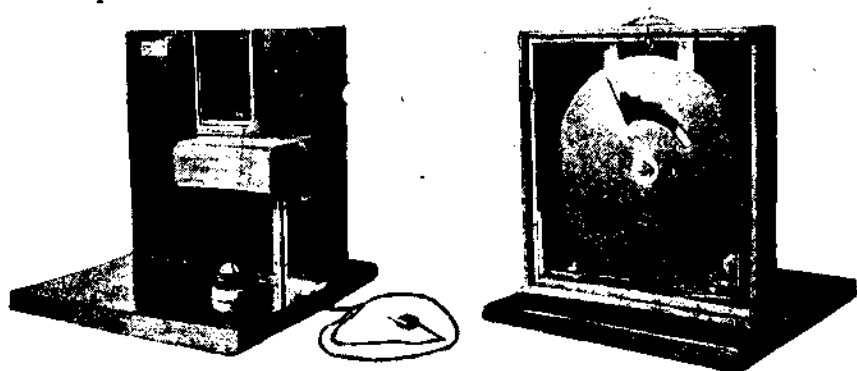


Рис. 18-а и 18-б. Сенситометр Хертера и Дриффилда (производство ФОКХТа) (передняя крышка прибора снята)

До настоящего времени метод получения шкалы времени является общепринятым при испытании светочувствительных материалов как в СССР, так и за границей. Однако, из принципиальных соображений представляется более желательным работать по методу шкалы интенсивностей. Дело в том, что на практике во время фотосъемки изображение на матовом стекле съемочной камеры строится из участков, освещенных с различной силой, т. е. в камере осуществляется шкала интенсивностей. Лабораторное же испытание материалов только тогда даст результаты, согласные с практическими наблюдениями, когда условия и методы испытания этих материалов максимально приближаются к эксплуатационным условиям. Поэтому, одновременно с введением в практику сенситометров, основанных на методе шкалы времени, уже давно делались попытки применения для сенситометрических испытаний также и шкалы интенсивностей.

Для получения шкалы интенсивностей можно также засвечивать испытуемый светочувствительный материал частями, но экспонировать каждый раз одинаковое время, изменяя лишь расстояние до источника света, т. е. силу света.

Несмотря на свою простоту, такой способ на практике оказывается крайне неудобным, так как для получения широты экспозиций, хотя бы равной сенситометру Хертера и Дриффилда

(1:256), приходится изменять расстояние от светочувствительного слоя до источника света в пределах от 0,5 до 8 м.

Кроме необходимости иметь лабораторию очень больших размеров, такой метод экспонирования связан с затратой большого количества времени, так как все экспозиции производятся последовательно и измерение отдельных экспозиций сильно осложнено тем, что закон, по которому освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния, справедлив только для точкообразных источников света, а все применяемые на практике источники света имеют светящиеся поверхности различных форм. Поэтому, в разное время предлагалось много приборов, дающих возможность получения шкалы интенсивностей однократной экспозицией. В одних из этих приборов интенсивность света, падающего на различные места светочувствительного слоя, ослаблялась тем, что свет проходил через пластинку с отверстиями различного диаметра (сенситометр Винна), в других—через постепенно уплотняющиеся окрашенные желатиновые поля различной формы (сенситометры Чепмана—Джонса и Варнерке), наконец для этой же цели предлагались различной густоты проволоочные решетки, линзы и другие оптические системы.

Все эти методы обладали одним и тем же крупным недостатком,—они давали очень небольшую широту экспозиций, порядка 1:50—1:100. Сенситометры же Чепмана—Джонса и Варнерке не получили распространения благодаря тому, что окрашенная желатина, применявшаяся для их изготовления, обладала избирательным поглощением, между тем, как основное требование, предъявляемое к этим приборам, заключается в том, чтобы они представляли собою оптически нейтральную среду, т. е. ослабляли бы все лучи спектра совершенно равномерно, не изменяя цвета освещения.

В 1909 г. проф. Гольдбергом был предложен для получения шкалы интенсивностей нейтрально-серый клин, получивший в настоящее время всеобщее распространение. Нейтрально-серый клин представляет собою клинообразный слой окрашенной желатины, заклеенный между двумя тонкими плоско-параллельными стеклянными пластинками (рис. 20). Краски, применяемые для окрашивания желатины, подобраны таким обра-

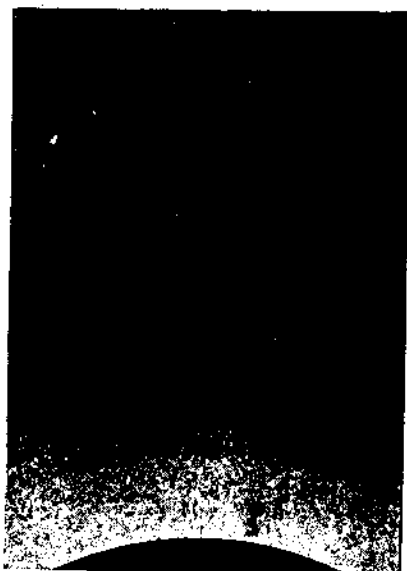


Рис. 19. Негатив, экспонированный через реконструированный диск сенситометра Хертера и Дриффильда

зом, что клин дает достаточно удовлетворительные результаты в пределах почти всего видимого спектра.

В 1932 г. Гольдберг предложил для окраски желатины при изготовлении нейтрально-серых клиньев применять графит, размолотый до коллоидального состояния. Клинья, изготовленные из желатины с графитом, безукоризненно нейтральны в пределах всего видимого спектра.

В СССР графитовые клинья изготавливает Государственный оптический институт в Ленинграде.



Рис. 20. Схема нейтрально-серого клина Гольдберга (в разрезе)

Ясно, что более толстый слой такой окрашенной желатины будет поглощать света больше, чем тонкий ее слой, и поэтому клин Гольдберга будет ослаблять проходящий через него свет все больше и больше, по мере перехода от тонкого его конца к толстому, причем величина этого ослабления будет возрастать совершенно равномерно и зависеть только от угла клина.



Рис. 21. Негатив, экспонированный под клином Гольдберга

Если под таким клином проэкспонировать испытуемый светочувствительный материал, то различные места последнего получат равные по продолжительности, но различные по силе света количества освещения и после проявления негатив будет иметь вид, изображенный на рис. 21.

Основное достоинство нейтрально-серого клина, как приспособления, дозирующего освещение, заключается в том, что он легко позволяет получить очень большую широту экспозиций. Широта экспозиций, например, у нормального клина Гольдберга длиной в 12 см равняется 1 милл., т. е. самое светлое место его пропускает световой поток, в миллион раз больший, чем самое темное, что является вполне достаточным для всех случаев сенситометрических исследований светочувствительных слоев.

На принципе применения нейтрально-серого клина построен сенситометр Эдера-Гехта.

Этот сенситометр представляет собой клин Гольдберга, на который наложена с одной стороны прозрачная целлулоидная

шкала, разделенная на миллиметры. Эта шкала копируется на испытуемом материале вместе с изображением клина и служит для отсчетов. Кроме того между клином и шкалой заложены четыре узкие цветные желатиновые полоски — светофильтры, дающие возможность определить также и степень ортохроматизации материалов (рис. 22).

Подробнее этот сенситометр будет рассмотрен ниже.

Клин Гольдберга в качестве прибора для дозировки освещения применяется также и в новой системе сенситометрии, официально принятой с 1934 г. в Германии и носящей название «Дин-системы»¹.

Сенситометр, принятый в этой системе, имеет ряд весьма остроумных конструктивных особенностей и поэтому на нем необходимо остановиться подробнее. Клин, примененный в Дин-сенситометре, представляет собой так называемый «ступенчатый клин», т. е. его оптические плотности не возрастают непрерывно, как у обычных клиньев, а образуют 30 отдельных «ступенек», оптические плотности которых все время увеличиваются на 0,1, достигая на последней ступеньке величины 3,0.

Таким образом, сенситометр дает широту экспозиции 1:1000 ($\log 1000 = 3,0$), что является для большинства современных эмульсий вполне достаточным. Клин заключен в рамку и на него накладывается эмульсионной стороной испытуемый материал. Экспонирование производится при помощи специального затвора, который представляет собой металлическую заслонку, свободно падающую мимо клина в особой шахте прибора (рис. 23). В заслонке имеется щель, которая, пролетая перед клином, служит для экспонирования. Выдержка равна $\frac{1}{20}$ сек., т. е. представляет собой среднюю величину из большинства выдержек, встречающихся на практике. Таким образом, устраняется влияние константы Шварцшильда на результаты испытания.

Освещение испытуемого материала производится с помощью электрической эталонной лампочки накаливания силою света



Рис. 22. Результат экспонирования под сенситометром Эдера-Гехта дв.х пластинок различной чувствительности

¹ Слово „Din“ представляет собою первые буквы слов „Deutsche Industriale Normen“ и соответствует нашему „ОСТ“.

около 40 свечей, снабженной стандартным светофильтром, Дэвиса и Гибсона. Конструкция прибора устраняет всякую возможность освещения клина посторонним светом и позволяет производить испытания в незатемненном помещении.

Для того чтобы иметь возможность сравнивать между собою результаты испытаний различных светочувствительных материалов, необходимо, чтобы условия производства этих испытаний во всех случаях были тождественны.

Одним из существеннейших моментов в сенситометрических

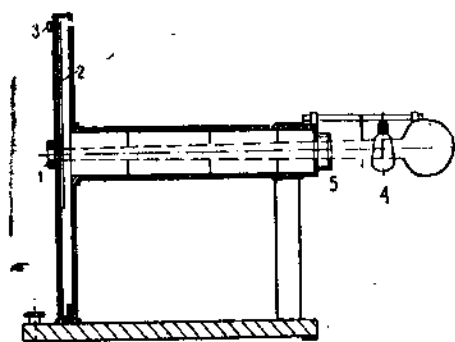


Рис. 23. Схема Дин-сенситометра: 1—клин, 2—заслонка, 3—держатель заслонки, 4—лампа, 5—светофильтр

испытаниях является процесс проявления сенситограмм, который, как известно, имеет огромное влияние на характер получающихся негативов.

В качестве проявителя для сенситометрических работ Хертером и Дриффильдом был предложен пирогалловый проявитель, но он оказался неудобным в силу того, что окрашивает изображение и, кроме того, очень чувствителен к изменениям температуры.

Позже Андресеном был предложен особого состава метоло-

вый проявитель, названный им термо-метоловым. Этот проявитель составлялся из двух растворов, из которых один содержал проявляющее вещество, а другой — щелочь.

В зависимости от температуры, при проявлении в этом проявителе изменялось содержание щелочи, что практически легко достигалось изменением объемного соотношения названных двух растворов. Таким образом, Андресен имел в виду сохранить действие проявителя независимым от температуры.

Впоследствии оказалось, однако, что, несмотря на эти предосторожности, все же при разных температурах проявление термометолом приводит к различным результатам; кроме того, этот проявитель обязательно требовал присутствия в своем составе бромистого калия, что оказывается очень неудобным при сенситометрических работах по причинам, которые будут изложены ниже.

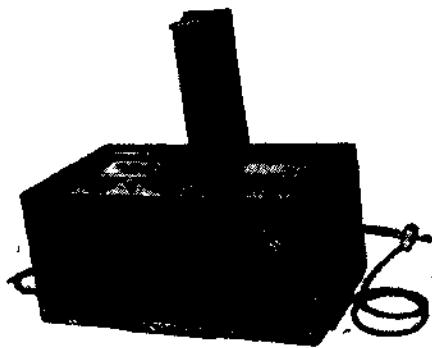


Рис. 24. Термостат для проявления сенситограмм (производство ФОКХТа)

В настоящее время в качестве международного стандарта для сенситометрических целей принят проявитель, предложенный Шеппардом и имеющий следующий состав:

Парааминофенола солянокислого	7.275 г
Сульфита безводного	50 "
Соли безводной	50 "
Воды	до 1000 куб. см

Проявитель этот очень чувствителен к изменениям температуры и поэтому в продолжение всего процесса проявления, в нем поддерживается температура $20^{\circ} \text{C} \pm 0,5^{\circ}$, для чего кювета с проявителем заранее помещается в бак большой емкости, наполненный водой нужной температуры, где и остается в продолжение всего проявления¹.

Во время проявления для обеспечения равномерности процесса необходимо постоянно поддерживать проявитель в движении. Обычно применяемое для этого покачивание кюветы полностью не достигает цели, и поэтому в свое время было предложено большое количество различного рода мешалок, качалок и других приспособлений.

Одним из простейших и в то же время дающих прекрасный результат методов для обеспечения равномерности проявления, является обмахивание лежащей в проявителе пластинки или пленки, мягкой, плоской волосяной кистью, смоченной проявителем. Это обмахивание производится непрерывно в продолжение всего проявления.

По окончании проявления негатив споласкивается водой и фиксируется в кислом фиксаже для того, чтобы моментально оборвать процесс проявления. После промывки негатив сушится при комнатной температуре. Ускорять сушку никакими методами нельзя, так как при этом негатив усиливается.

В комплект сенситометрической аппаратуры, изготовляемый Фотокинохимическим трестом, входит также специальный термостат для проявления сенситограмм. Термостат этот (рис. 24) представляет собой металлический, открытый сверху бак емкостью 5—8 л, вставленный в деревянный ящик. В этом ящике под дном бака находятся две электрических лампочки накаливания, которые нагревают воду, налитую в бак. Для регулирования температуры воды термостат снабжен термометром и ртутно-толуоловым терморегулятором, автоматически выключающим лампы, если температура воды превысит любую заранее установленную величину.

В баке имеется платформа, на которую устанавливается кювета с проявителем таким образом, что она до половины оказывается погруженной в воду и, следовательно, проявитель при-

¹ Происходивший в июле 1935 г. в Париже, VIII Международный фотографический конгресс отказался от какого-бы то ни было стандартного проявителя для сенситометрических испытаний и рекомендовал применять при испытании какого-либо материала тот проявитель, который предлагает для этой цели фабрика, изготовившая этот материал.

нимает температуру воды. В кювете одновременно можно проявлять 12 полосок негативов размером 3×12 см. Кроме того, к прибору прилагаются два других бачка, также помещающихся в большом баке и служащих для предварительного подогревания запасных порций проявителя. Платформа, на которую ставится кювета, имеет управляемое снаружи приспособление для покачивания кюветы во время проявления. Весь термостат закрывается деревянной крышкой, защищающей проявляемый материал от действия лабораторного освещения.

Измерение оптической плотности

После экспонирования и последующего проявления светочувствительного слоя необходимо, как выше было отмечено, определить фотографический эффект, произведенный данными экспозициями в слое. Так как в результате экспонирования и проявления в слое происходит отложение зерен металлического серебра, то, казалось бы, правильнее всего измерить этот эффект количеством металлического серебра, приходящимся на единицу поверхности негатива, получившую определенное освещение.

Однако, такой метод оказывается достаточно сложным. Проще и, вместе с тем, с фотографической точки зрения целесообразнее оценивать фотографический эффект в светочувствительном слое при помощи измерения оптической плотности полученных негативов.

Если световой поток, падающий на какую-либо среду, обозначить через F_0 , а световой поток, прошедший через эту среду, через F , то отношение $\frac{F}{F_0}$ носит название прозрачности данной среды. Величина, обратная прозрачности, называется непрозрачностью и, очевидно, равняется $\frac{F_0}{F}$.

Десятичный логарифм непрозрачности принято называть оптической плотностью.

Прозрачность принято обозначать буквой T (Transparenz), непрозрачность буквой — O (Opazität) и, наконец, оптическую плотность — буквой D (Dichtigkeit).

Зависимость между этими величинами следующая:

$$\frac{F}{F_0} = T; D = \log O; D = \log F_0 - \log F;$$

$$\frac{F_0}{F} = O; O = \frac{1}{T}; D = -\log T.$$

Как видно из этих соотношений, за единицу оптической плотности может быть принята плотность слоя, пропускающего $\frac{1}{10}$ падающего на него света, т. к. при $T = F/F_0 = \frac{1}{10}$, непрозрачность слоя будет равна $O = \frac{F_0}{F} = 10$ и оптическая плотность $D = \log 10 = 1$.

Заметим, что плотность, равная 1, соответствует потемнению, обусловленному отложением в среднем 0,01 г металлического серебра на 100 кв. см поверхности слоя. Эта величина (0,01) носит название «фотометрического эквивалента» (Р) и дает возможность приближенного определения количества серебра в слое, не прибегая к химическому анализу. Надо иметь в виду, однако, что величина фотометрического эквивалента различных фотографических слоев в большой мере зависит от степени зернистости светочувствительных эмульсий этих слоев: для мелкозернистых эмульсий величина этого эквивалента меньше, что указывает на большую «кроющую способность» таких эмульсий; так например, в диапозитивных фотопластинках оптической плотности, равной единице, отвечает лишь 0,0065 г металлического серебра на 100 кв. см поверхности.

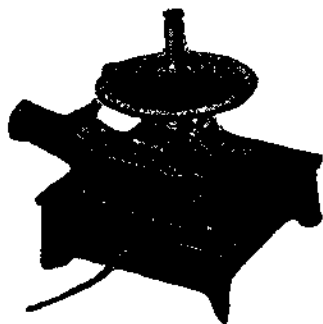


Рис. 25. Денситометр Мартенса

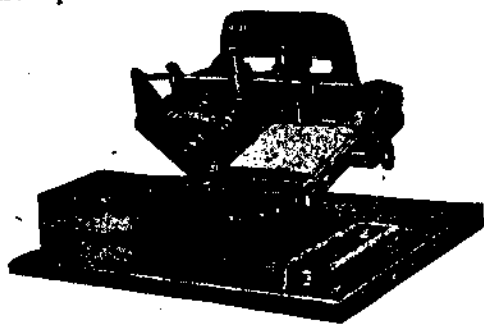


Рис. 26. Дензограф Гольдберга

Для измерения оптической плотности негатива предложено много различных приборов, носящих общее название денситометров. Во всех этих приборах световой поток, прошедший через измеряемое место негатива, сравнивается с другим световым потоком, ослабляемым искусственно до совпадения с первым. Степень ослабления отсчитывается на приборе и таким образом определяют поглощение света данным местом негатива.

Ослабление света денситометра в различных конструкциях осуществляется по-разному. В денситометре Колосова и Лелишенцева производства Фотокинохимического треста это ослабление производится с помощью изменения расстояния от одного из источников света до прибора, в денситометре Мартенса (рис. 25) для этой цели использовано явление так называемой поляризации света, и прибор поэтому носит название поляризационного денситометра. В «ступенчатом фотометре» Пульфриха изменяется площадь отверстия диафрагмы, пропускающей свет, и, наконец, в денситометре Сольского и дензографе Гольдберга перед источником света движется нейтрально-серый клин, ослабляющий свет в различной степени в зависимости от того, через какое место клина проходит свет (рис. 26).

Последний прибор особенно интересен тем, что он автоматически вычерчивает кривую, показывающую ход изменения оптических плотностей негатива в зависимости от изменения экспозиций.

Все перечисленные денситометры имеют один общий недостаток, заключающийся в том, что сравнение обоих лучей производится визуально и поэтому неминуемо приводит к некоторой неточности.

Для устранения этого недостатка сконструированы приборы, в которых световой поток, проходящий через негатив, действует на фото- или термоэлемент и, таким образом, измерение оптических плотностей происходит совершенно объективно. Несмотря на всю простоту принципа, положенного в основу конструкции этих приборов, они отличаются чрезвычайной сложностью и употребляются лишь для особо точных работ.

Наибольшим распространением у нас пользуются поляризационный денситометр типа Мартенса, производство которого освоено оптико-механической мастерской Московского геодезического института, и денситометр Сольского, изготавливаемый ФОКХТ.

Действие денситометра Мартенса основано на поляризации света. Поляризованным лучом, как известно, называется такой луч, колебания которого совершаются в одной какой-либо плоскости в отличие от луча обыкновенного, колебания которого совершаются во всех плоскостях. Свойством поляризовать лучи обладают многие оптические системы, в том числе и призма Волластона, применяющаяся в денситометре Мартенса. Если такой поляризованный луч пропустить через другую оптическую систему — анализатор, в качестве которого в денситометре Мартенса применена призма Николя, то, в зависимости от угла поворота анализатора относительно плоскости поляризации луча, последний то проходит целиком через призму, то (при повороте на 90°) целиком поглощается последней. Промежуточные положения призмы дают большие или меньшие затемнения, величины которых пропорциональны $\cos^2$ угла поворота призмы Николя (закон Малюса).

Устройство прибора следующее:

От лампы 1 (рис. 27) отходят два луча света. Один из них идет вверх, через молочное стекло 2 проходит через отверстие 3 и попадает в призму Волластона 4, где соединяется с другим лучом от лампы 1, который, отражаясь от белой матовой поверхности 5 и проходя через призмочку с полным внутренним отражением 6, попадает в призму Волластона через отверстие 7.

Из призмы Волластона оба луча, поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях, попадают в призму Николя 8 и оттуда через окуляр Рамсдена 9 в глаз наблюдателя.

Измеряемый негатив кладется слоем вниз на молочное стекло 2 таким образом, чтобы то место его, оптическую плотность которого желательно измерить, приходилось бы в середине мо-

лочного стекла (для измерения необходим участок равномерной плотности диаметром не менее 2,6 мм). Для удобства вкладки негатива верхняя часть прибора сделана откидной и вращается на шарнире 10.

Поле зрения прибора представляется разделенным на две половины, из которых одна освещается лучом, прошедшим через измеряемый негатив, а другая — лучом, идущим в обход негатива. При вращении головки прибора, т. е. призмы Николя, одна половина поля зрения темнеет, в то время как другая светлеет. При повороте головки на 90° поля меняются местами, т. е. то, которое темнело, начинает светлеть, и наоборот. Углы поворота призмы отсчитываются при помощи указателя, скользящего по шкале, разделенной на 360° .

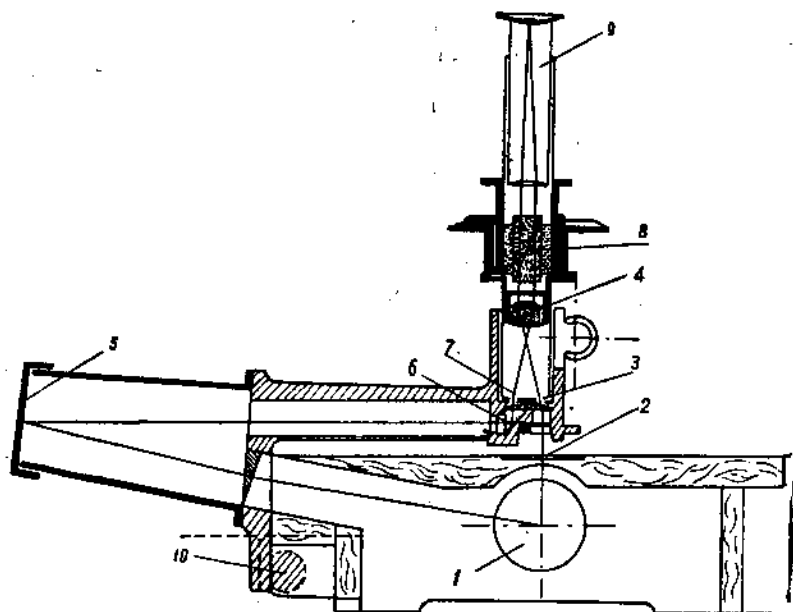


Рис. 27. Ход лучей в поляризационном денситометре Мартенса

Измерение плотности производится следующим образом: не вставляя негатив, вращают головку прибора до тех пор, пока обе половины поля зрения не будут казаться одинаково освещенными, и замечают угол поворота. Затем вставляют негатив, как было указано выше, и опять вращением головки прибора выравнивают поле зрения, замечая новый угол поворота.

Если равенство полей до вставления негатива наступило при угле поворота α_1 , а равенство полей после введения измеряемого негатива при угле α_2 , то оптическая плотность негатива

$$D = 2 (\log \operatorname{tg} \alpha_2 - \log \operatorname{tg} \alpha_1)$$

Для каждой оптической плотности может быть четыре положе-

ния призмы Николя, при которых обе половины поля зрения будут одинаково освещены и соответственно этому четыре значения для углов α_1 и α_2 по одному в каждом квадранте.

Для упрощения нахождения $\log \operatorname{tg}$ этих углов можно брать углы 1-й четверти, т. е. меньшие 90° , при более же точных работах принято производить отсчеты во всех четырех квадрантах и брать среднюю величину.

Если с помощью введения дымчатого стекла, прикрывающего отверстие 3, и передвижения лампочки отрегулировать прибор таким образом, чтобы равенство полей без негатива происходило бы при 45° , то работа с прибором значительно упрощается, так как $\operatorname{tg} 45^\circ = 1$, а $\log 1 = 0$ и, следовательно, формула оптической плотности принимает очень простой вид

$$D = 2 \log \operatorname{tg} \alpha_2$$

и является возможность пользоваться помещенной ниже таблицей 4, дающей готовые значения оптических плотностей.

Таблица 4

Определение оптических плотностей при работе с денситометром Мартенса

α	D	α	D	α	D	α	D	α	D	α	D	α	D
45	0,00	52	0,21	59	0,44	66	0,70	73	1,03	80	1,51	87	2,56
45,5	0,01	52,5	0,23	59,5	0,45	66,5	0,72	73,5	1,05	80,5	1,55	87,5	2,72
46	0,02	53	0,25	60	0,47	67	0,74	74	1,08	81	1,60	88	2,91
46,5	0,05	53,5	0,26	60,5	0,49	67,5	0,77	74,5	1,11	81,5	1,65	88,5	3,16
47	0,06	54	0,27	61	0,51	68	0,79	75	1,14	82	1,70	89	3,52
47,5	0,07	54,5	0,29	61,5	0,53	68,5	0,81	75,5	1,17	82,5	1,76	89,5	4,12
48	0,09	55	0,31	62	0,55	69	0,83	76	1,21	83	1,82	90	∞
48,5	0,11	55,5	0,32	62,5	0,56	69,5	0,85	76,5	1,24	83,5	1,89		
49	0,12	56	0,34	63	0,58	70	0,87	77	1,27	84	1,96		
49,5	0,13	56,5	0,35	63,5	0,60	70,5	0,90	77,5	1,31	84,5	2,03		
50	0,15	57	0,37	64	0,62	71	0,92	78	1,34	85	2,12		
50,5	0,17	57,5	0,38	64,5	0,64	71,5	0,95	78,5	1,38	85,5	2,21		
51	0,18	58	0,41	65	0,66	72	0,98	79	1,42	86	2,31		
51,5	0,19	58,5	0,42	65,5	0,68	72,5	1,00	79,5	1,45	86,5	2,43		

Характеристическая кривая и ее свойства

Основной задачей сенситометрии, как указано выше, является изучение зависимости между экспозициями и соответствующими им плотностями, полученными после проявления негатива. Эту зависимость, по предложению Хертера и Дриффильда, принято выражать графически в форме некоторой кривой, получившей название характеристической кривой. Для построения этой кривой употребляется график, на вертикальной оси которого в некотором масштабе наносится шкала оптических плотностей, на горизонтальной же откладываются экспозиции. В

силу особых соображений, шкала экспозиций наносится в логарифмическом масштабе, т. е. так, что при увеличении экспозиций в одно и то же число раз соответствующие им отрезки увеличиваются на одну и ту же величину. Масштаб для обеих осей выбирается таким образом, чтобы отрезок, соответствующий единице оптической плотности, равнялся бы отрезку, соответствующему единице логарифмов экспозиций. На рис. 28 изображен такой график, повторенный на рис. 29 в схематическом виде.

Зная величины экспозиций, сообщенных испытуемому светочувствительному слою с помощью того или иного сенситометра, и промерив на негативе получившиеся плотности, легко построить на таком графике характеристическую кривую испытуемого материала.

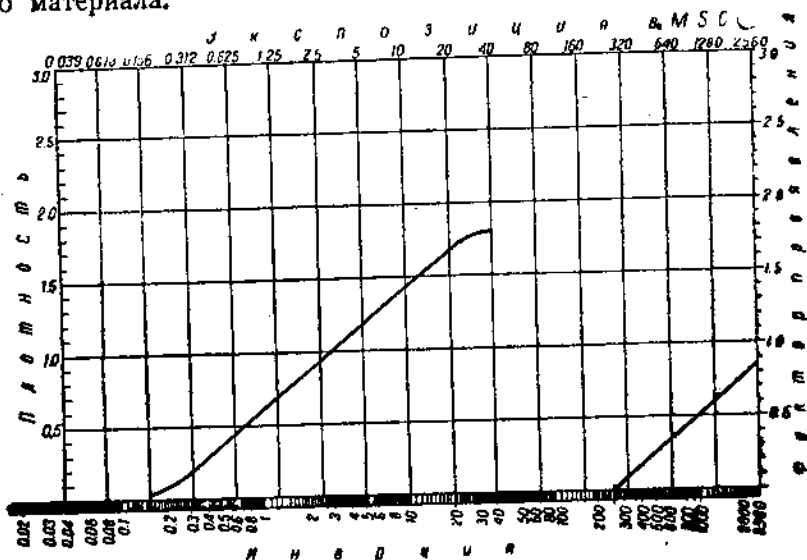


Рис. 28. График Хертера и Дриффилда

Эта кривая в общем случае будет иметь вид, показанный на рис. 30.

Рассматривая ход характеристической кривой, можно заметить следующее: от начала кривой до некоторой точки b увеличение экспозиции не сопровождается увеличением оптических плотностей негатива, которые остаются все время постоянными и равными отрезку Oa . Эта оптическая плотность, величина которой от экспозиции не зависит, представляет так называемую вуаль эмульсии и обозначается обычно как D_v . Начиная с некоторой экспозиции, величина которой соответствует точке b на кривой, оптические плотности с увеличением экспозиции начинают возрастать, причем скорость этого возрастания сначала все увеличивается до точки c , пройдя которую кривая переходит в прямую линию и, следовательно, скорость возрастания оптических плотностей становится постоянной.

Прямолинейная часть кривой продолжается до точки *d*, за которой рост оптических плотностей опять начинает отставать от роста вызвавших их экспозиций. Затем, начиная с некоторой точки *e*, дальнейшее увеличение экспозиций вызывает не возрастание, а даже уменьшение оптических плотностей. Это явление носит название соляризации.

Точку *b* принято называть порогом потемнения эмульсии. Порог потемнения имеет очень важное значение для характеристики свойств эмульсии и выражает то наименьшее количество света, которое способно при последующем проявлении вызывать первое, едва заметное потемнение.

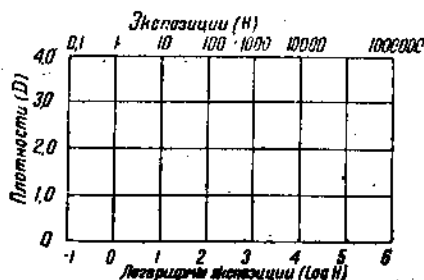


Рис. 29. Схема графика Хертера и Дриффильда

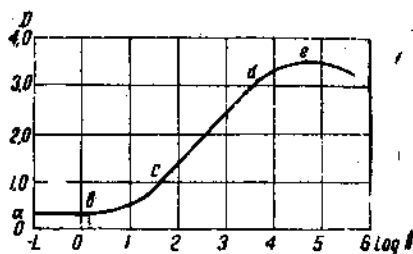


Рис. 30. Характеристическая кривая негативной эмульсии (общий случай)

Отрезок *bc*, в области которого рост потемнений отстает от роста вызвавших их экспозиций, носит название области недодержек.

Участок *cd* прямолинейной части кривой представляет собою область, в пределах которой рост плотностей пропорционален логарифмам экспозиций, т. е. увеличение экспозиций в одно и то же число раз вызывает увеличение оптической плотности негатива на одну и ту же величину. Правильная передача светотеней на фотографическом снимке возможна только в том случае, если экспозиция для отдельных, различно освещенных точек снимаемого сюжета не выходит из пределов прямолинейного участка кривой. Отношение экспозиций, соответствующих концам этого участка (или разность логарифмов этих экспозиций), носит название фотографической широты эмульсии и имеет очень большое значение для ее характеристики, так как показывает тот максимальный интервал освещенностей снимаемого сюжета, который может быть передан на снимке без искажений. Фотографическую широту принято обозначать буквой *L*.

Далее, по ходу кривой за точкой *d* начинается область недодержек. Здесь, как и в области недодержек, рост потемнений отстает от роста вызывающих их экспозиций, в точке *e* этот рост равен нулю, и за нею начинается область соляризации. Точка *e*, следовательно, указывает ту максимальную оптическую плотность (наибольшее покрытие), которую способна в данных условиях проявления дать исследуемая эмульсия.

Величина вуали зависит от многих причин и в частности, как известно, от продолжительности проявления. Для того чтобы иметь сравнимые между собою результаты, принято при построении характеристических кривых из всех значений оптических плотностей негатива вычитать имеющуюся на нем вуаль, т. е. как бы опускать кривую вниз на величину вуали. Кривая тогда приобретает вид, изображенный на рис. 31.

Строго говоря, такой способ корректирования характеристической кривой путем механического вычитания одинаковой величины вуали из всех оптических плотностей не является правильным. Более точные исследования показали, что величина вуали меняется в зависимости от оптической плотности негатива. В точке *b* эта величина является наибольшей, в точке же *e* она равна нулю. Эти исследования привели к формулам, дающим возможность вычислить величину вуали для любого значения оптической плотности негатива. Однако, в практической сенситометрии ввиду относительной сложности этих формул корректирование характеристических кривых при их помощи не производят.

Вообще вычитание вуали при построении характеристических кривых представляется принципиально неправильным, так как при практическом использовании материала вуаль на эмульсии остается и с негатива не удаляется. Однако, в случае построения кривых без вычета вуали возникает, как увидим ниже, осложнение, при оценке чувствительности материала по системе Хертера и Дриффильда.

Различные светочувствительные материалы могут по-разному реагировать на одни и те же экспозиции, и приращения оптических плотностей при одних и тех же изменениях экспозиции на различных материалах также могут быть различны; вследствие этого кривые могут располагаться более или менее круто, не изменяя общего вида.

Таким образом, по степени наклона прямолинейной части кривой к горизонтальной оси можно судить о скорости нарастания оптических плотностей с увеличением экспозиций, т. е. о коэффициенте контрастности (контрасте) эмульсии в передаче светотени (рис. 32), а углом наклона прямолинейной части кривой к оси экспозиции, или лучше тангенсом этого угла, можно и количественно измерять величину контраста. Величину контраста принято обозначать греческой буквой γ (гамма).

Если угол наклона равен 45° и тангенс его, следовательно, равен единице (рис. 32, кривая II), то соответствующий светочувствительный материал считается нормальным (при данных ус-

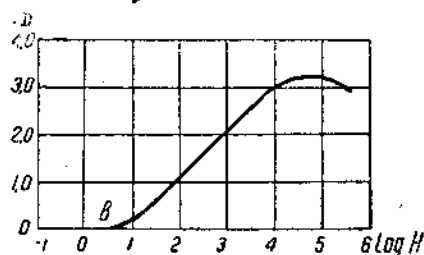


Рис. 31. Характеристическая кривая, изображенная на рис. 30, построенная с вычетом вуали

ловиях проявления); эмульсии, дающие величину контраста меньше единицы, называют мягкими, а эмульсии, обладающие контрастом больше единицы, — контрастными или жесткими.

Если проявлять разное время несколько полосок одного и того же светочувствительного материала, которому сообщен одинаковый ряд экспозиций, то последующее построение характеристических кривых обнаружит, что увеличение времени проявления вообще влечет за собой увеличение контраста, причем это увеличение с удлинением времени проявления становится все меньше и меньше, что указывает на существование некоторого предельного значения для контраста (рис. 33).

Эта величина контраста, являясь характерным свойством каждой эмульсии, носит название предела контрастности и обозначается обычно γ_{∞} .

Для нахождения значения γ_{∞} , однако, вовсе нет необходимости вести проявление очень долго.

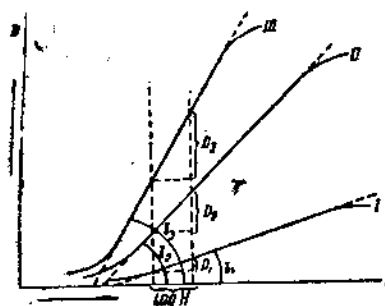


Рис. 32. Кривые эмульсии с различными контрастами

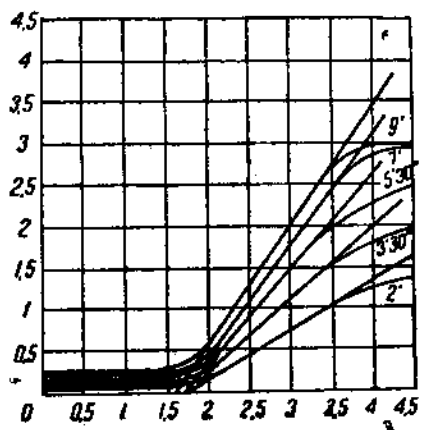


Рис. 33. Изменение контраста при различном времени проявления

Исследования процесса проявления привели к формулам, дающим возможность вычислить значение γ_{∞} , если известны значения γ лишь для двух времен проявлений. При этом одно время проявления должно быть в два раза больше, чем другое, например, 2 и 4 мин., или 4 и 8. Простейшей из формул подобного

рода является формула Ренвика $\gamma_{\infty} = \frac{\gamma_1}{2\gamma_1 - \gamma_2}$, где γ_1 и γ_2 соответствуют двумя значениям γ , полученным при разных временах проявления, находящихся в указанной зависимости.

Более удовлетворительные результаты дает формула, предложенная Шеппардом и Минизом:

$$\gamma_{\infty} = \frac{\gamma_1}{1 - e^{-n}}$$

где K — величина, носящая название постоянной скорости проявления, в свою очередь определяется из формулы:

$$K = \frac{I}{t_1} \cdot \log. \frac{\gamma_1}{\gamma_2 - \gamma_1}.$$

Для упрощения вычислений Шеппардом были составлены особые таблицы, с помощью которых значение γ_∞ по его формулам находится весьма легко и быстро.

Надо, однако, иметь в виду, что все эти методы дают лишь приближенное значение γ_∞ .

Величина γ_∞ не может быть, однако, получена при практическом использовании материала, сколько бы времени он ни проявлялся, вследствие того, что нарастающая в процессе вуаль снижает значение γ ранее, чем будет достигнута γ_∞ .

Наибольшее значение γ , которое может быть достигнуто на данной эмульсии при данных условиях проявления, принято называть максимальным коэффициентом контрастности (γ_{max}), и эта величина значительно лучше характеризует практические свойства эмульсии, чем γ_∞ .

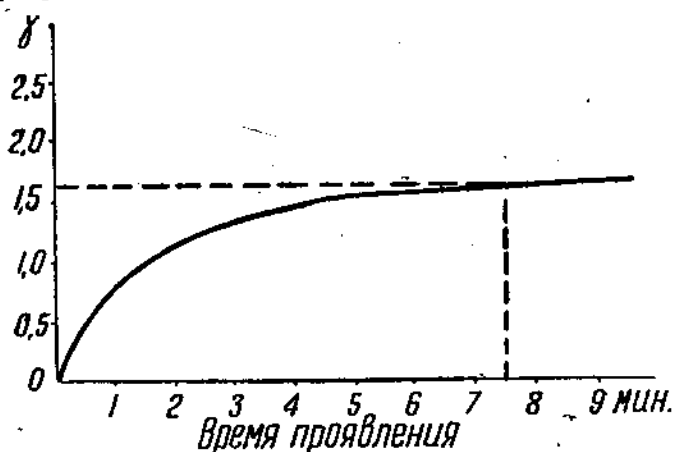


Рис. 34. Кривая изменения контраста в зависимости от времени проявления

Простейшим способом определения значения γ_{max} и в то же время практически достаточно удовлетворительным является метод построения кривой изменения величины γ в зависимости от изменения времени проявления.

Такая кривая дана на рис. 34. Из кривой ясно видно, что γ_{max} этой эмульсии при данных условиях проявления будет достигнута через 7,5 мин. после начала проявления и величина ее будет равна 1,6; та же кривая дает возможность заранее определить величину для любого времени проявления.

При рассмотрении характеристических кривых одной и той же эмульсии, полученных при различных временах проявления (рис. 33), легко заметить, что продолжения прямолинейных участков кривых пересекаются в одной, так называемой конвергентной точке. Однако, конвергентная точка лежит на горизонтальной оси графика только в том случае, если проявитель не содержит бромистого калия, что и является необходимым условием для проявителей, употребляющихся в сенситометрической практике.

Конвергентная точка в том случае, если она лежит на оси графика, была названа Хертером и Дриффилдом точкой инерции, а экспозиция, соответствующая этой точке и измеряемая в секундо-метро-свечах — фотографической инерцией эмульсии.

Инерция обычно обозначается буквой H_i .

Измерение светочувствительности фотонноматериалов

Одним из важнейших свойств светочувствительного слоя, имеющим решающее значение при всякой фотографической съемке, является, как известно, его светочувствительность. Однако, несмотря на важность этого свойства, оно до сих пор понимается по-разному. Некоторые исследователи, полагая, что мерой светочувствительности фотографического слоя может и должен служить порог потемнения (рис. 30, точка b), предложили определять чувствительность по тому количеству света, которое вызывает в слое при проявлении первые следы потемнений. По такому принципу определяется светочувствительность в системах Шайнера, Эдера, Винна и др. Однако способы численного выражения светочувствительности в этих системах различны. В системе Шайнера она определяется номером того выреза в диске сенситометра, который (вырез) при определенной стандартной экспозиции через диск приводит после проявления к первым едва заметным потемнениям. По Эдеру, чувствительность оценивается длиной (в миллиметрах) клина сенситометра, проработавшейся на негативе. Наконец, «градусы» Винна — это номер последнего отверстия экрана сенситометра, под которым получилось потемнение. Светочувствительность, определенную по порогу, принято обозначать S_p .

Хертер и Дриффилд, в отличие от других исследователей, считали, что целью съемки является получение так называемого совершенного негатива, т. е. такого, в котором оптические плотности закономерно связаны с яркостями снимаемого объекта. Как было указано, это возможно только в области экспозиций, отвечающей прямолинейному участку характеристической кривой светочувствительного материала; поэтому Хертер и Дриффилд и предложили определять чувствительность по этому участку кривой, выбрав для этого точку инерции, кото-

рая, как нам уже известно, остается постоянной при различных временах проявления (рис. 35).

Численное выражение чувствительности, по Хертеру и Дриффильду, получается, если условно принятое ими постоянное число 34 разделить на выраженную в секундо-метро-свечах экспозицию, соответствующую точке инерции¹ $S_i = \frac{34}{H_i}$. Надо иметь,

однако, в виду, что при определении чувствительности по системе Хертера и Дриффильда является необходимым при построении характеристических кривых вычитание вуали из плотностей, отвечающих отдельным экспозициям. Если построить кривую не вычитая вуали, то очевидно на графике вся она поднимается вверх на величину вуали. Тогда продолжение прямолинейной части кривой пересечет ось абсцисс уже в новой точке, расположенной левее, величина фотографической инерции уменьшится и, следовательно, чувствительность увеличится. Таким образом, получится абсурдное положение, по которому увеличение вуали (засветка) вызывает повышение чувствительности материала. Кроме того, так как для различного времени проявления величина вуали будет также различна, кривые на графике поднимутся на неодинаковую величину и конвергентной точки не будет.

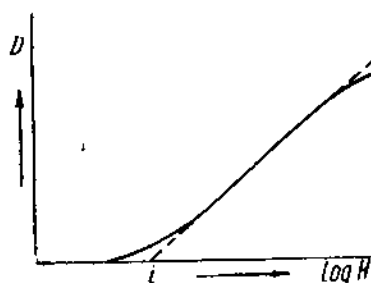


Рис. 35. Определение светочувствительности эмульсии по Хертеру и Дриффильду

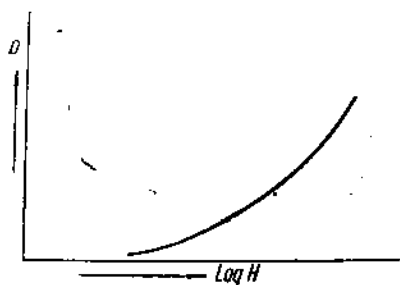


Рис. 36. Характеристическая кривая эмульсии с постоянно-возрастающим градиентом.

Легко видеть, что метод определения светочувствительности по порогу в значительной степени переоценивает действительную светочувствительность, учитывая и ту часть области недодержки, которая лежит непосредственно за точкой порога потемнения и где нарастание оптических плотностей еще настолько незначительно, что не может иметь какого-либо практического значения при построении фотографического изобра-

¹ Выбор в качестве постоянной величины числа 34 был обусловлен причинами весьма случайного характера, которых мы здесь касаться не будем. Поэтому Американское бюро стандартов приняло вместо него более удобное число 10. К сожалению эта целесообразная замена не везде получила право гражданства в частности в СССР на фабриках Фотокинохимического треста до сих пор пользуются в данном случае коэффициентом 34.

жения. Такой метод определения светочувствительности может иметь значение лишь в тех случаях, когда фотографическая съемка ставит себе целью регистрацию очень слабых яркостей снимаемого объекта, например при фотосъемках звездного неба или при циклографических киносъемках.

С другой стороны, определение светочувствительности исключительно по прямолинейному участку кривой, как это имеет место в системе Хертера и Дриффильда, очевидно, будет недооценивать практическую чувствительность материала, так как эта система не принимает во внимание область кривой, непосредственно предшествующую прямолинейному участку и в которой изменение оптических плотностей, хотя и не в точности пропорционально изменению логарифмов яркостей снимаемого объекта, но все же достаточно для того, чтобы участвовать в построении деталей в тенях изображения.

Надо также иметь в виду, что, как показали исследования Шеппарда, многие эмульсии или совершенно не имеют конвергентной точки или эта точка находится не на оси графика, а смещается вверх или чаще вниз. Это смещение происходит, главным образом, вследствие того, что в самой эмульсии обычно уже имеется некоторый избыток растворимого бромида, вводимый в нее перед поливом для улучшения сохраняемости. Во время проявления эти бромиды переходят в проявитель. Между тем конвергентная точка находится на оси графика только в том случае, когда в проявителе нет бромидов. Далее, современные эмульсии почти всегда представляют собой комбинации отдельных эмульсий с разными свойствами, из которых каждая может иметь свой характер кривой и свою величину инерции. И, наконец, в последнее время многие фабрики, производящие киноплёнку, в силу особых соображений придают или стараются придать кривым своих материалов вогнутую форму (рис. 36), не имеющую совершенно прямолинейного участка, а следовательно и точек инерции (такие кривые носят название «кривых с постоянно возрастающим градиентом плотности»). Шеппард назвал кривые, имеющие прямолинейный участок и точку инерции, ортофотическими, а кривые, отклоняющиеся от нормы, — аноморфотическими. Некоторые типы таких кривых показаны на рис. 37.

Само собой понятно, что выразить чувствительность материалов, имеющих аноморфотические кривые, по системе Хертера и Дриффильда вообще не представляется возможным.

Поэтому явилась необходимость в таком методе определения светочувствительности, который был бы свободен от перечисленных недостатков. Такие методы были предложены в Германии проф. Гольдбергом и в Америке — Джонсом.

Проф. Гольдберг, исследуя вопрос о передаче светочувствительными слоями световых деталей снимаемого объекта на основании чрезвычайно большого количества лабораторных исследований и практических съемок, пришел к выводу, что в построении негатива в тенях участвуют лишь те точки изображения,

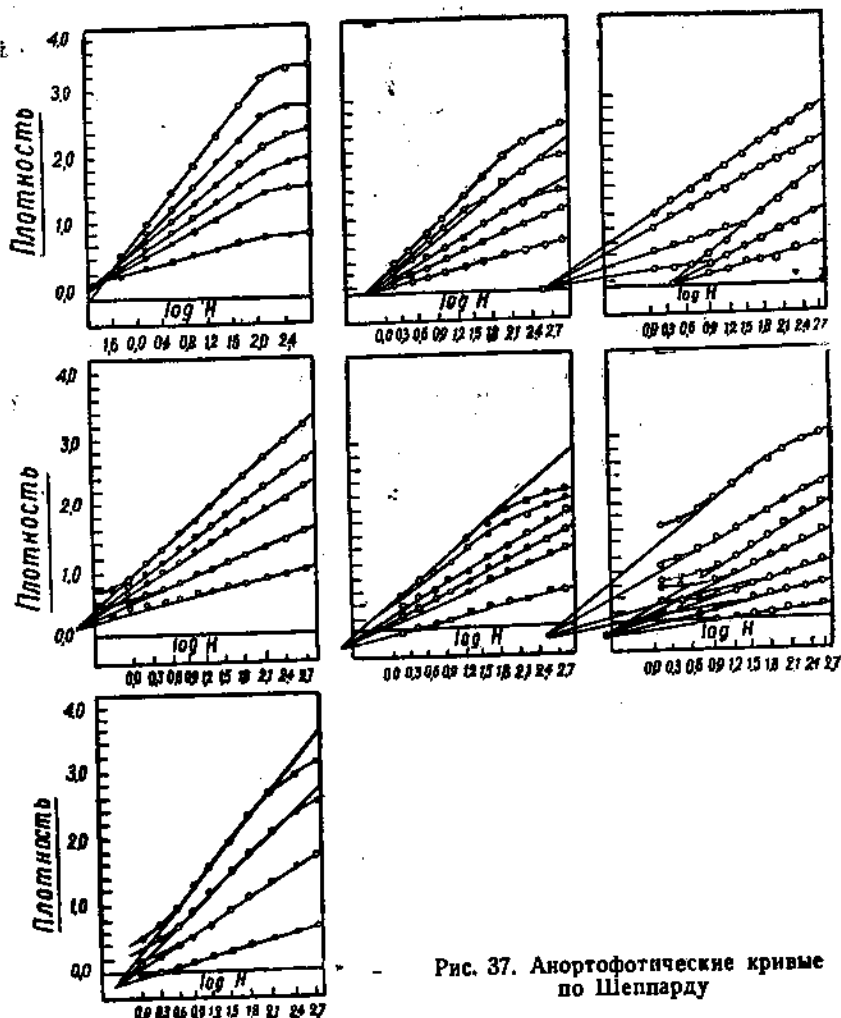


Рис. 37. Анортофотические кривые по Шеппарду

где оптическая плотность негатива превышает оптическую плотность вуали не менее чем на 0,1. Эту точку на характеристической кривой Гольдберг и избрал для определения светочувствительности, назвав ее эффективным порогом.

Численное выражение чувствительности, по Гольдбергу, определяется как обратная величина экспозиции, соответствующей точке эффективного порога и обозначается буквой S_f (рис. 38).

По такому же принципу производится определение светочувствительности в новой немецкой «Дин-системе», о которой уже упоминалось выше. Числом, определяющим светочувствительность в этой системе, является порядковый номер того поля сенситограммы (полученной в стандартных условиях с помощью Дин-сенситометра), оптическая плотность которого на 0,1 пре-

вышает вуаль испытуемого материала. Для быстрого нахождения этого поля сенситограммы Гольдбергом сконструирован весьма простого устройства денситометр-компаратор. При этом необходимо сенситограмму проявлять «до конца», т. е. до получения максимальной величины γ , для чего ряд проб испытуемого материала, одинаково экспонированных, проявляется в разное время и из полученных негативов выбирается нужный.

Джонс в результате своих работ пришел к заключению, что светочувствительность практически начинается с той экспозиции, которой отвечает точка характеристической кривой, где контраст равен 0,2, или другими словами, где касательная, проведенная к кривой, образует с горизонтальной осью графика угол с тангенсом 0,2. Эту точку Джонс назвал точкой минимально-полезного градиента плотности. Чувствительность материала по Джонсу, следовательно, определяется проекцией точки минимально-полезного градиента плотности на ось экспозиций и получается делением постоянной величины 10 на соответствующую экспозицию. Обозначается она S_g (рис. 39). Система Джонса наиболее распространена в Америке.

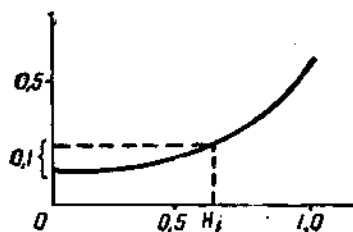


Рис. 38. Определение светочувствительности по Гольдбергу

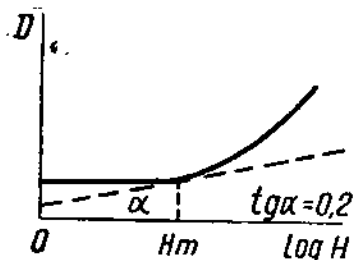


Рис. 39. Определение светочувствительности по Джонсу

Заметим, что определение чувствительности по методам Джонса и Гольдберга может производиться по кривым, построенным без вычитания вуали, что, как указывалось выше, является принципиально более целесообразным.

Из всего изложенного легко заключить, что до настоящего времени нет еще единой системы оценки светочувствительности фотоматериалов, а все существующие способы в сущности определяют различные свойства материала. Поэтому ясно, что сравнивать между собой можно только величины чувствительности, определенные по какому-либо одному принципу, например, по порогу чувствительности (Шайнер, Винн, Эдер). Сравнить же чувствительность, определенную по Хертеру и Дриффильду, с чувствительностью, определенной по Шайнеру, все равно, что сравнивать длины предметов с их объемами. Отсюда ясно, что часто встречающиеся таблицы перевода градусов одних сенситометров в другие не имеют никакого смысла.

Так, две эмульсии, кривые которых изображены на рис. 40, имеют одинаковую чувствительность по Шайнеру, и разную, по

Хертеру и Дриффильду, и наоборот, эмульсии (рис. 41), дающие одну и ту же величину инерции, будут иметь разную чувствительность, по Шайнеру. Точно установить, какой метод определения чувствительности является наилучшим, не представляется возможным, и вопрос выбора той или иной системы зависит от заданий, предъявляемых к данной съемке. Если целью съемки является регистрация очень малых яркостей, как это имеет место, например, в астрофотографии, то наиболее подходящей будет одна из систем, определяющих чувствительность по порогу, т. е. системы Шайнера, Эдера и Винна. Если в результате съемки необходимо получить совершенно отрицательный негатив, оптические плотности которого строго пропорциональны логарифмам яркостей объекта, что встречается в некоторых видах научной фотографии (например, при фотографировании спектров

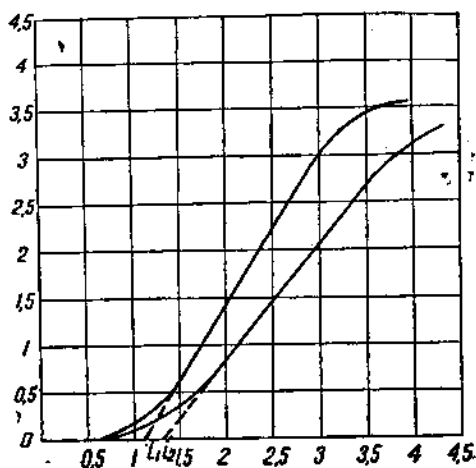


Рис. 40. Кривые двух эмульсий одинаковой светочувствительности по порогу, но разной светочувствительности по инерции

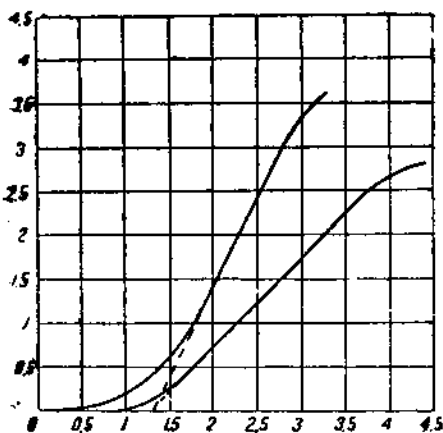


Рис. 41. Кривые двух эмульсий, имеющих разную светочувствительность по порогу, но одинаковую по инерции.

значение при практическом его использовании имеет также фотографическая широта эмульсии.

Как уже указывалось выше, под фото-широтой понимается отношение экспозиций, соответствующих концам прямолинейного участка кривой.

с последующим фотометрированием полученных спектрограмм), то правильнее всего будет руководствоваться при съемке чувствительностью, определенной по прямолинейному участку кривой, т. е. по системе Хертера и Дриффильда. Наконец, в обычных случаях фото- и киносъемки наиболее правильной окажется чувствительность, определенная по Джонсу или Гольдбергу, которые у большинства материалов приблизительно совпадают.

Наряду с величиной чувствительности негативного материала первенствующее

Если исследование характеристической кривой производится по методу Джонса, по которому полезная работа материала начинается с той точки кривой, где градиент плотности, т. е. тангенс угла, образованного касательной к кривой с осью экспозиций, равен или превышает 0,2, то и фото-широта эмульсии определяется в этих пределах. В отличие от фото-широты, определенной по прямолинейному участку, она носит название полезной фото-широты L_p и устанавливается отношением экспозиций, соответствующих верхней и нижней точкам минимально-полезного градиента плотности. Точка минимально-полезного градиента плотности может быть не только в области недодержек кривой, но и в области передержек (рис. 43).

Для того чтобы правильно понимать значение шириоты эмульсии, необходимо познакомиться с так называемой шириотой яркости объекта.

Если яркость самого темного места снимаемого сюжета принять за единицу, то яркость самого светлого его места выразится некоторым числом, показывающим, во сколько раз вторая больше первой. Это отношение и носит название шириоты яркости или интервала объекта (b). Шириота яркости объекта изменяется в очень больших пределах в зависимости от характера и условий освещения сюжета съемки, но для обычных наиболее частых случаев колеблется в пределах от 10 до 30.

Следующая таблица показывает величины шириоты яркости для различных объектов съемки.

Шириота яркости земной поверхности, видимой с самолета	3—5
„ пейзажа без переднего плана	5—10
„ „ против света	20—30
„ „ с большими контрастами светотеней	до 100
„ портрета крупным планом	30—100
„ общего плана в павильоне в зависимости от освещения	20—100
„ внутренности зданий, снимаемых против окон	до 1000

Правильную передачу светотеней оригинала при фотографическом его воспроизведении, очевидно, можно получить только в том случае, если шириота яркости объекта не больше, чем фотографическая шириота эмульсии. В противном случае крайние значения яркостей объекта попадут на участки недодержки или передержки и не смогут быть переданы достаточно точно. Наоборот, в том случае, когда шириота яркости объекта меньше, чем фотографическая шириота эмульсии, яркости сюжета могут располагаться на различных местах характеристической кривой, не выходя из пределов прямолинейного ее участка, и, таким образом, можно получать негативы, совершенно одинаковые по контрасту и проработке деталей, отличающиеся друг от друга только общей оптической плотностью.

Рис. 42 поясняет этот случай.

Фотографическая шириота эмульсии у обычных сортов негативных материалов колеблется от 40 до 100. Так как шириота яркости объекта при большинстве обычных сюжетов съемки не превышает 20—30, то, следовательно, оператор может в несколько

раз ошибиться в определении экспозиции и все-таки получить вполне годные для печати негативы. Большая фотографическая широта практически, таким образом, более важна, чем большая чувствительность.

Существуют сорта негативной пленки (Кодак, Геверт), у которых фотографическая широта достигает нескольких тысяч и, таким образом, позволяет работать в самых разнообразных условиях освещения.

На рис. 43 дана типовая характеристическая кривая негативного материала с обозначением всех ее элементов.

Ввиду того, что до настоящего времени на наших фабриках светочувствительных материалов принята в качестве стандартной системы сенситометрии система Хертера и Дриффильда, необходимо более подробно ознакомиться с ходом производства испытаний светочувствительных материалов по этой системе.

График, предложенный Хертером и Дриффильдом для нанесения характеристической кривой, показанный на рис. 28, построен следующим образом: как уже было указано, по левой вертикальной оси этого графика в некотором масштабе отложены значения оптических плотностей; на правой стороне повторена та же самая шкала, но здесь она носит название «фактора проявления», так как служит для графического определения величины контраста (γ) который, как известно, меняется от времени проявления. Пользование этой шкалой будет объяснено ниже.

На горизонтальной оси графика отложены величины экспозиций в логарифмическом масштабе, т. е. таким образом, что линейные размеры отрезков, соответствующих различным экспозициям, выраженным в секундо-метро-свечах, равняются логарифмам этих экспозиций. В силу особых соображений эти числа (экспозиции в MSC) были названы Хертером и Дриффильдом числами инерции.

Часть этой оси для ясности показана на рис. 44 в увеличенном масштабе.

Из точек на этой оси, соответствующих некоторым значениям экспозиций (1,25; 2,5; 5; 10; 20 и т. д.), восстановлены перпендикуляры, также повторяющие шкалу оптических плотностей. Экспозиции, соответствующие этим перпендикулярам, обозначены в секундо-метро-свечах наверху графика и возрастают все время вдвое, так же как и вырезы диска сенситометра. Эти перпендикуляры служат для откладывания значений оптических плотностей, полученных на негативе после проявления и измеренных одним из способов, описанных выше. Расположение перпендикуляров на графике несколько ограничивает выбор экспозиций при испытании светочувствительных материалов на сенситометре Хертера и Дриффильда. Их необходимо выбирать из числа тех, для откладывания которых имеются соответствующие оси, т. е. 20, 40, 80 и т. д. MSC; из них последняя и является обычным стандартом при испытаниях негативных материалов. Действительно, если, например, произвести при испытании экспозицию, равную 60 MSC, то соответствующую ей оптиче-

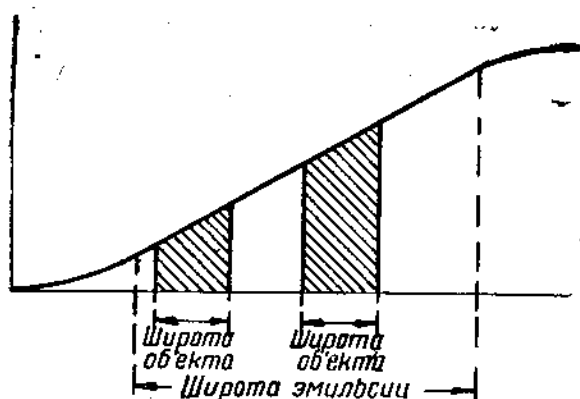


Рис 42. Ширина яркостей объекта (заштриховано) укладывается в фотографическую ширину эмульсии на различных участках прямилинейной части характеристической кривой

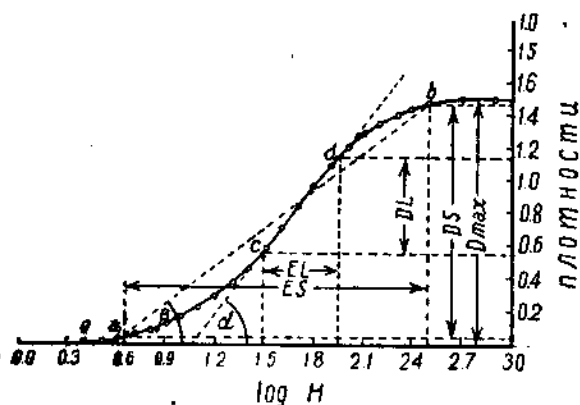


Рис 43. Элементы характеристической кривой негативной эмульсии: a —порог потемнения, a —нижняя точка минимально-полезнаго градиента, b —верхняя точка минимально-полезнаго градиента, cd —прямилинейный участок прямой, DS —интервал оптических плотностей прямилинейной части, D_{max} —максимальная оптическая плотность, EL —фотографическая ширина (L), ES —полезная фотографическая ширина (L_p), $tg \alpha$ —коэффициент контрастности (γ), $tg \beta$ —средний градиент

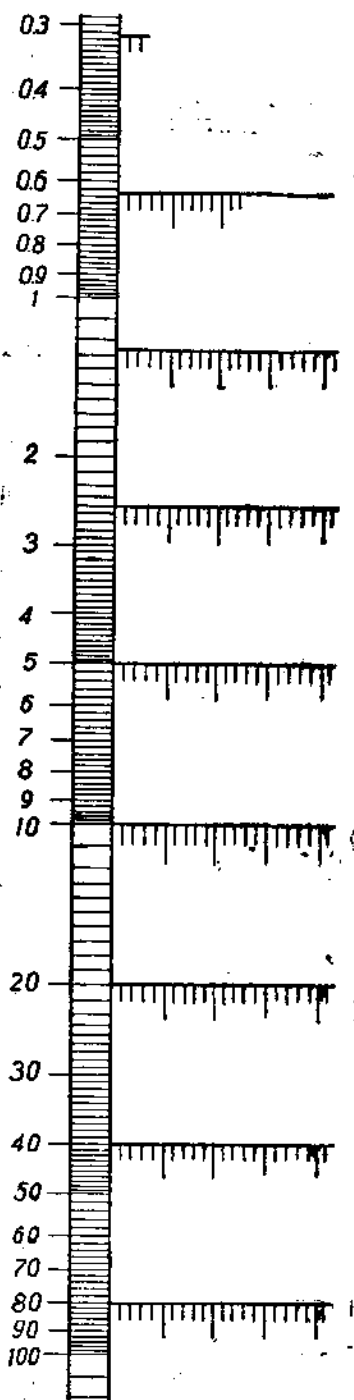


Рис 44. Часть горизонтальной оси графика X и D

скую плотность негде будет отложить, так как такой оси на графике нет.

При построении характеристической кривой на графике Хертера и Дриффильда следует иметь в виду, что время освещения, соответствующее самому темному полю негатива, определяется лишь половиной общего времени освещения, так как наибольший вырез диска сенситометра равен не 360° , а 180° .

Ввиду того, что каждая последующая экспозиция в два раза меньше предыдущей, оптические плотности, соответствующие этим экспозициям, будут располагаться как раз на соответствующих вертикальных осях графика, и после нанесения всех точек и соединения их плавной кривой мы получим характеристическую кривую испытуемой эмульсии.

Обычно все кривые, соответствующие различным временам проявления одного и того же материала, располагают на одном графике, получая, таким образом, семейство характеристических кривых. При этом перед нанесением точек на график, согласно принятому в системе Хертера и Дриффильда правилу из всех оптических плотностей данного негатива, вычитается значение имеющейся на этом негативе вуали, величина которой измеряется фотометрированием какого-либо места негатива, не подвергавшегося действию света.

Правая вертикальная ось графика (ось фактора проявления) служит для графического нахождения величины γ . Для этого на горизонтальной оси графика с правой стороны имеется вертикальная засечка (соответствующая экспозиции 256 MSC — рис. 28). Расстояние от этой засечки до оси фактора проявления равно единице в масштабе этой оси.

Если из этой точки провести прямую, параллельную прямолинейному участку характеристической кривой до пересечения этой линии с осью фактора проявления, то получится прямоугольный треугольник, и отрезок оси фактора проявления будет определять величину тангенса угла σ , т. е. контраст кривой (в данном случае $\gamma = 0,86$).

По полученной кривой определяется далее светочувствительность испытуемого материала и все прочие константы, необходимые для количественной характеристики свойств этого материала.

Сенситометрия позитивных материалов

Методика сенситометрических испытаний позитивной киноплёнки и диапозитивных пластинок в основном ничем не отличается от испытаний негативных материалов, за исключением того, что вследствие особых свойств позитивных материалов продолжительность проявления сенситограмм обычно короче.

Иначе поступают при испытании фотобумаг. Сенситограммы фотобумаг приходится фотометрировать, т. е. измерять степень их потемнения не в проходящем свете, а в отраженном. Приборы, применяющиеся для этого, освещают измеряемое место

бумаги под углом 45° к поверхности бумаги, и фотометр измеряет количество света, отраженное бумагой, в направлении, перпендикулярном к ее поверхности. При этом лучи, отраженные поверхностью бумаги зеркально, не будут попадать в фотометр (рис. 45).

В зависимости от степени глянца поверхности бумаги будет иметь место также и поверхностное рассеяние света. Часть света дойдет до поверхности подложки, причем вследствие поглощения его зернами металлического серебра эмульсии сила света уменьшится. Далее, некоторая часть света отразится поверхностью подложки в разных направлениях и лишь небольшая его часть попадет в фотометр, пройдя еще раз через тот же слой эмульсии, т. е. после вторичного поглощения зернами металлического серебра. Если так же, как и в случае фотометрирования в проходящем свете, обозначить падающий на поверхность бумаги световой поток через F_0 , а световой поток, попадающий в фотометр, через F и оптическую плотность в отраженном свете через D_r , то

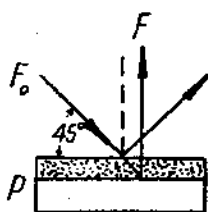


Рис. 45. Измерение оптических плотностей в проходящем и отраженном свете

Рис. 45. Измерение оптических плотностей в проходящем и отраженном свете

$$D_r = \log \frac{F_0}{F}.$$

За оптическую плотность, равную нулю, принимается плотность непроявленного, но отфиксированного отрезка испытуе-

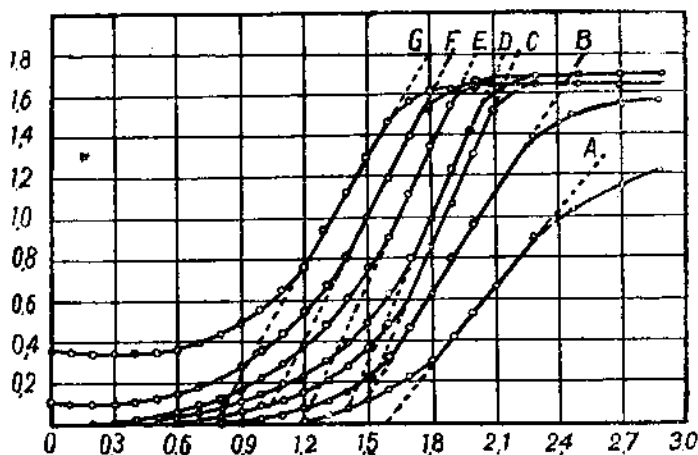


Рис. 46. Характеристические кривые позитивной эмульсии для различного времени проявления

мой бумаги. Оптическую плотность в отраженном свете принято называть «оптической плотностью отпечатка».

Очевидно D_r не будет пропорционально количеству металлического серебра на единице поверхности, как это имеет место в случае фотометрирования на просвет.

Характеристические кривые позитивных материалов строятся так же, как и кривые негативных материалов, но имеют следующие особенности. Во-первых, кривые позитивных материалов не имеют общей точки инерции (конвергентной точки). С увеличением времени проявления точки пересечения продолжений прямолинейных участков кривых с осью экспозиции перемещаются влево и вместе с этим перемещаются и пороги чувствительности. Кроме того, фотобумаги не дают соляризации. На рис. 46 даны типовые кривые позитивного материала при различных продолжительностях проявления. Благодаря неустойчивости точек инерции и порогов, чувствительность позитивных материалов определяется исключительно по методу Джонса, т. е. по точке минимально-полезного градиента плотности.

Для измерения светочувствительности фотобумаг принимается обратная величина экспозиции, выраженной в секундо-метро-свечах соответствующей точке минимально-полезного градиента плотности (0,2). Так как вид и положение кривой на графике зависят от времени проявления, то для определения чувствительности используется кривая, соответствующая такому проявлению, при котором получается устойчивая форма кривой, но еще не начинается возрастать вуаль (рис. 46, кривая E). По этой же кривой определяются и все остальные величины.

Правильно сделанный отпечаток должен использовать всю шкалу тонов негатива, т. е. дать наибольшее, возможное для данного позитивного материала, потемнение под самыми светлыми местами негатива, оставив в то же самое время совершенно белыми светя. Таким образом, если при съемке фото-широта эмульсии должна возможно больше превосходить широту яркости снимаемого объекта, то при печати фото-широта эмульсии позитива должна в точности соответствовать широте яркости объекта, которой в данном случае является разность между наибольшей и наименьшей оптическими плотностями, имеющимися на негативе. Эта разность носит название интервала оптических плотностей негатива.

Это обстоятельство, являясь существенным условием получения правильного позитива, сильно затрудняет процесс печати, так как требует исключительно точного определения времени экспозиции. Каждый фото-и киноработник знает, что если при съемке можно изменять экспозицию часто в несколько раз, и все же получать хорошие негативы (благодаря достаточной фото-широте эмульсии), то в позитивном процессе даже небольшое изменение экспозиции при печати, порядка 10—20%, уже оказывает существенное влияние на характер позитива.

Поясним сказанное примером.

Допустим, что негатив, который необходимо напечатать, имеет

значение оптических плотностей в пределах от 0,6 до 1,9 и интервал оптических плотностей его, следовательно, равен 1,3. Посмотрим, что получится, если печатать этот негатив на бумаге, которая имеет полезную фото-широту, в логарифмических единицах равную 1,6¹. При этом возможны два случая: допустим,

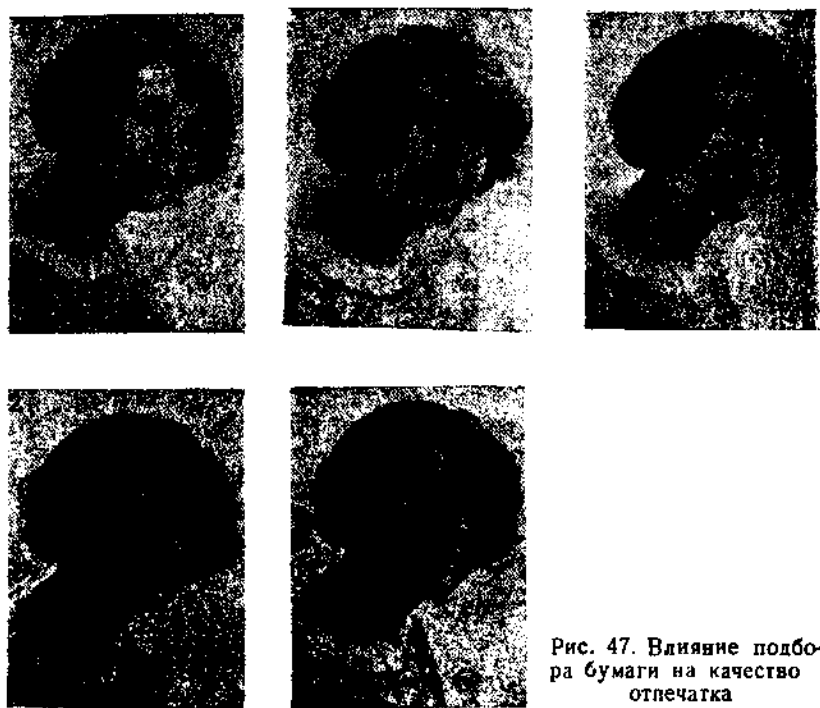


Рис. 47. Влияние подбора бумаги на качество отпечатка

что экспозиция при печати выбрана так, что самое слабое едва различимое потемнение получится под оптической плотностью негатива равной 1,9, тогда максимальное потемнение бумаги будет под тем местом негатива, оптическая плотность которого равна 0,3 ($1,9 - 1,6 = 0,3$). Между тем на нашем негативе такой оптической плотности нет, так как самое прозрачное его место имеет все же плотность 0,6.

Получится серый, вялый позитив (рис. 47—1).

Если экспозицию выбрать так, чтобы получить под оптической плотностью негатива 0,6 самое большое потемнение, которое способна дать бумага, то под оптической плотностью 1,9 получим не чисто белый, а серый тон. Белый тон получился бы под оптической плотностью 2,2 ($0,6 + 1,6 = 2,2$), которой опять-таки

¹ Значение полезной ширины в логарифмических единицах можно получить, если взять логарифм полезной ширины, определенной обычным способом, т. е. логарифм отношения экспозиций, соответствующих обеим точкам минимально-полезного градиента плотности,

на нашем негативе не имеется. В этом случае позитив будет темным с затянутыми светами (рис. 47—2).

Если этот же самый негатив печатать на бумаге с полезной фото-широтой, меньшей чем интервал оптических плотностей негатива, например, 0,7, то возможны следующие два случая: когда экспозиция выбрана так, что самое слабое потемнение бумаги получается уже под оптической плотностью негатива 1,9,—максимальное потемнение будет иметь место уже под оптической плотностью 1,2 ($1,9 - 0,7 = 1,2$), и все менее плотные места негатива (от 1,2 до 0,6) будут переданы равномерным черным тоном, т. е. деталей в тенях не будет (рис. 47—3). Если же экспонировать по теням негатива с таким расчетом, чтобы получить максимальное потемнение под оптической плотностью 0,6, то первые следы изображения на бумаге получатся под оптической плотностью 1,3 ($0,6 + 0,7 = 1,3$), а под всеми остальными плотностями негатива от 1,3, до 1,9 останется белая бумага. В этом случае очевидно будут, как говорят, «забиты света» (рис. 47—4).

И только в том случае, когда полезная фото-широта бумаги будет равна также 1,3, можно будет получить первые следы изображения под оптической плотностью 1,9 и в то же время максимальное потемнение под оптической плотностью 0,6, т. е. добиться правильного отпечатка, производящего наилучшее впечатление (рис. 47—5).

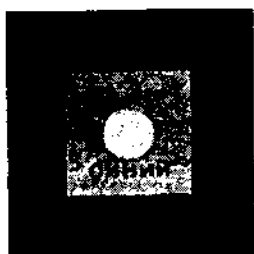
Все сказанное также полностью относится и к случаю печати позитива на диапозитивных пластинках или позитивной пленке.

Таким образом, для того чтобы получить действительно безукоризненный отпечаток, необходимо с помощью какого-либо денситометра измерить крайние значения оптических плотностей негатива, вычитанием одного из другого установить интервал оптических плотностей его и подобрать позитивный материал с соответствующим значением полезной фото-широты, определенным методом сенситометрического испытания этого материала.

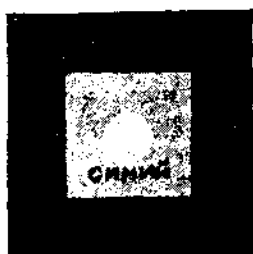
Измерение светочувствительности фотокинематериалов

Не меньшее, если не большее значение, чем светочувствительность, имеет при съемке также и цветочувствительность негативного материала. Последний должен только при помощи различия оптических плотностей передать глазу то впечатление, которое последний получает при прямом рассматривании цветного оригинала со всем разнообразием его красок и оттенков. Яркой желтый цветок на темносинем платье должен быть передан на фотографии светлым на темном фоне. Однако, в случае применения при съемке обыкновенного негативного материала, получается наоборот. Точно так же радующее глаз в натуре синее небо с белыми облаками на фотографии разочаровывает своей однотонностью.

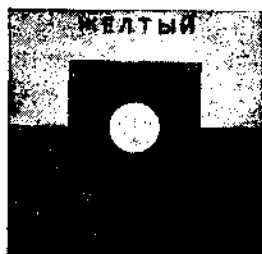
Эта «цветовая слепота» обыкновенной фотографической эмульсии, как известно, происходит оттого, что эмульсия чувствитель-



на обыкновенной пластинке



на панхrome без свето-
фильтра



на ортохrome с желтым све-
тофильтром



на панхrome с желтым свето-
фильтром

Рис. 48. Цветная таблица Гюбля, снятая на различно сенс-
билизированных эмульсиях

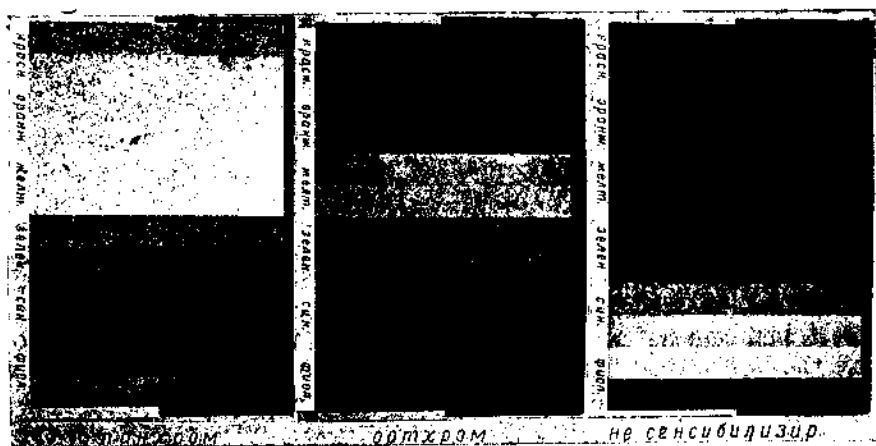


Рис. 49. Цветная таблица Афга, снятая на различно сенсibilизированных
эмульсиях

на только к сине-фиолетовой части спектра, в то время как глаз наиболее чувствителен к его средней желто-зеленой части. С помощью оптической (хроматической) сенсibilизации, как это будет подробно рассмотрено ниже, удается сообщить эмульсии чувствительность и к другим цветам спектра.

Материалы, чувствительные не только к сине-фиолетовым, но и к желто-зеленым лучам, принято называть ортохроматическими.

Панхроматические эмульсии показывают чувствительность ко всему видимому спектру, имея несколько пониженную чувствительность лишь к зеленым лучам. Панхроматические эмульсии, очувствленные особо сильно и равномерно ко всем лучам спектра, называют иногда изохроматическими¹.

Для удобства сравнения степени сенсibilизации различных материалов, а также для сознательного выбора этих материалов при различных условиях съемки, необходимо иметь возможность как-то испытывать цветочувствительность эмульсий наравне с остальными их свойствами, причем при этих испытаниях желательно также выражать степень сенсibilизации количественным образом.

Простейшим способом определения цветочувствительности материалов является фотографирование ряда различно окрашенных предметов. Сравнивая полученные результаты с оригиналами, можно судить о правильности цветопередачи. Более удобно пользоваться в подобных случаях так называемыми цветными таблицами, из которых наибольшее распространение получили таблицы Гюбля и Агфа (рис. 48 и 49).

Крупнейшим недостатком этих таблиц является полная невозможность какого-либо численного выражения получаемых при испытании результатов и, следовательно, неточность оценки. Недавно предложенная в Германии таблица Лагорио свободна до некоторой степени от этого недостатка, так как дает возможность легко построить кривую распределения чувствительности по спектру, причем для сравнения на снимке одновременно получается и кривая цветочувствительности человеческого глаза.

Таблица Лагорио сконструирована таким образом, что между отдельными цветными полосками, расположенными в порядке спектра, находятся полоски нейтрально-серого цвета, причем окраска этих серых полосок ступенчато возрастает от одного конца к другому (рис. 50). При съемке этой таблицы цветные полоски получаются на негативе в виде серых полосок, плотность которых зависит от цветочувствительности эмульсии. Так как изображения цветных полосок на негативе чередуются с изображениями серой шкалы, то на последней всегда можно найти такое место, которое по плотности равно изображению рядом лежащей цветной полоски. Таким образом, производится как бы

¹ Этой терминологии, к сожалению, не придерживается Фотокинохимический трест, нававший свою новую, недавно вышедшую киноплёнку „Изонанхром“, в то время как по цветочувствительности она является средней между ортохромом и панхромом.

фотометрирование изображений цветных полосок. Если места равных оптических плотностей всех полосок соединить плавной кривой, то эта кривая будет давать представление об избирательной цветочувствительности испытываемой эмульсии. Для большей наглядности на самой таблице нанесена кривая цветочувствительности глаза, которая копируется на снимке в виде белой линии и служит для сравнения. Таблица Лагорио является очень удобным и простым прибором для испытания цветочувствительности эмульсии, но, однако, необходимо отметить, что величины чувствительности, для различных цветов, получаемые с ее помощью, являются лишь относительными.

Кроме того, краски, употребляемые при изготовлении таблиц, несмотря на всю тщательность их приготовления (краски для оригинальной таблицы Лагорио были изготовлены в известной лаборатории В. Оствальда в Германии), все же не являются

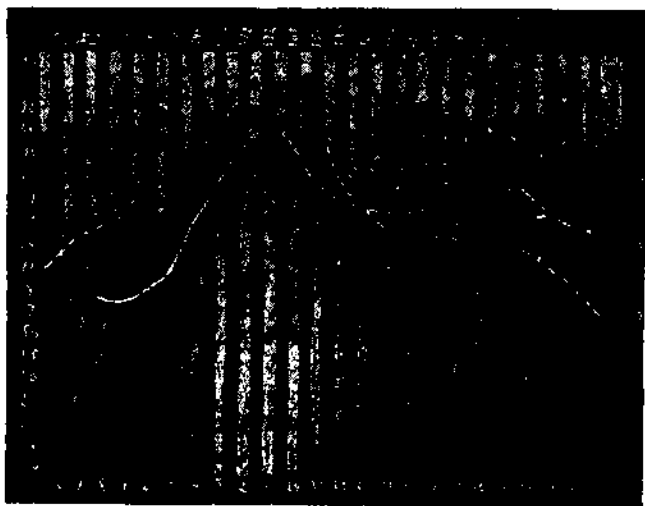


Рис. 50. Таблица Лагорио, снятая на ортохроматической эмульсии со светофильтром

спектрально чистыми, как впрочем и вообще все существующие в природе красители, и поэтому искажают результаты испытания; на эти результаты оказывает влияние также и тот свет, которым освещается таблица во время съемки.

Значительно более точный результат дает поэтому метод непосредственного фотографирования спектра.

Для фотографирования спектров может быть употреблен любой спектроскоп, у которого окуляр заменяется фотокамерой с объективом, установленным на бесконечность. Тогда лучи, выходящие из призмы спектроскопа, будут отбрасываться объективом камеры на матовое стекло и давать на нем изображение спектра. Такое соединение спектроскопа с фотокамерой принято называть спектрографом.

Более точные результаты достигаются, однако, при употреблении специально построенных спектрографов, в которых спектроскоп соединен наглухо со специально рассчитанной фотокамерой.

Ясно, что при фотографировании спектра на испытуемом светочувствительном материале в тех его местах, куда упадут лучи, к которым эмульсия более чувствительна, будет, очевидно, получаться и большая оптическая плотность, и если профотометрировать получившийся негатив (спектрограмму) в разных местах и построить кривую изменения плотностей в зависимости от изменения длины волн, то эта кривая и будет кривой цветочувствительности данной эмульсии.

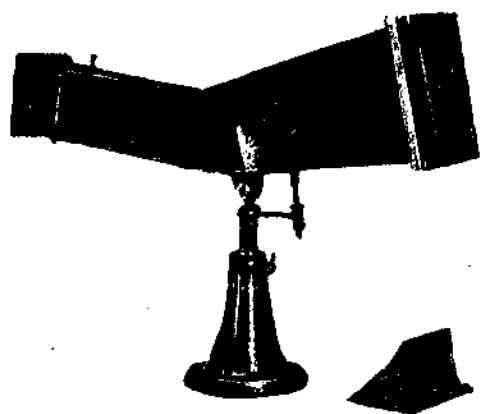


Рис. 51. Дифракционный спектрограф (производство ФОКХТа)

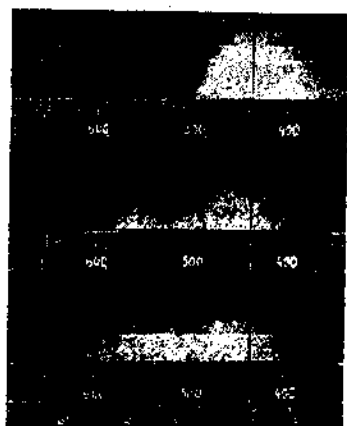


Рис. 52. Спектрограммы избирательной цветочувствительности советской киноплёнки, полученные с помощью спектрографа ФОКХТа. Сверху — позитив, посреди — позитив, снизу — изопозитив

Применяя особые методы съёмки, можно такую кривую получить непосредственно с помощью спектрографа, без фотометрирования спектрограмм. Для этой цели употребляется спектрограф, дающий спектр в виде узкой полоски. Спектр фотографируется на испытуемой эмульсии несколько раз, причем после каждой экспозиции кассета передвигается вверх или вниз на ширину одного снимка; выдержки при этом все время увеличиваются или уменьшаются в определенной прогрессии. Легко видеть, что при более коротких экспозициях на плёнке будут прорабатываться лишь те части спектра, к которым она более чувствительна, и контуры получившейся спектрограммы будут соответствовать кривой цветочувствительности эмульсии. Один из таких спектрографов, изготавливаемый Фотокинохимическим трестом, показан на

рис. 51, а спектрограммы, полученные при помощи этого спектрографа — на рис. 52.

Подобный же результат можно получить однократной достаточно долгой экспозицией, если вдоль щели спектрографа поместить нейтрально-серый клин или если самую щель сделать клиновидной. На рис. 53 показан такой спектрограф, а на рис. 54 — полученные с помощью его спектрограммы.

Следует, однако, заметить, что кривые, полученные с помощью спектрографов, в сущности представляют собой результат сложения двух кривых: кривой цветочувствительности испытуемого материала и кривой распределения энергии в спектре применявшегося при испытании источника света. Это обстоятельство необходимо помнить, давая оценку цветочувствительности материала, и по этой же причине для получения сравнимых между собой результатов следует освещать спектроскоп «стандартным источником света».

Для того чтобы получить «истинную» кривую цветочувствительности, необходимо было бы применить такой источник света, у которого количество излучаемой энергии одинаково для каждой длины волны. Такие эквивалентные спектры практически, при современном состоянии техники, не могут быть получены.



Рис. 53. Клиновидный спектрограф

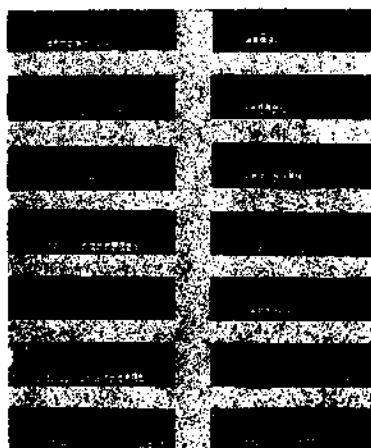


Рис. 54. Спектрограммы, полученные при помощи клиновидного спектрографа для эмульсий различной цветочувствительности

Спектрограммы, несмотря на всю свою наглядность, имеют тот существенный недостаток, что выведенная из них цветочувствительность не может быть выражена численным образом; размножать же спектрограммы и прилагать их к испытательным листам на светочувствительные материалы — весьма сложно.

Наиболее простым способом измерения цветочувствительности, дающим возможность численного ее выражения, является применение для этой цели различно окрашенных светофильтров.

Если экспонировать испытуемый материал с помощью какого-либо сенситометра, предварительно поместив перед источником света светофильтр, пропускающий из светового потока лучи только одного какого-либо цвета, то, очевидно, величина чувствительности материала получится значительно меньшей, чем при экспонировании без светофильтра. Это произойдет от того, что

светофильтр поглотит часть лучей, не давая им действовать на эмульсию (экспозиция в обоих случаях, конечно, должна быть одинаковой). Легко видеть, что чем более чувствителен материал к данному цвету, тем меньше будет разница в чувствительности, и, следовательно, эта разница может служить мерой чувствительности материала к испытываемому цвету.

Если произвести такие испытания для трех основных цветов спектра — синего, зеленого и красного, то полученные результаты дают возможность достаточно точно выразить цветочувствительность материала численным образом.

По такому принципу устроен сенситометр Эдера-Гехта, являющийся наиболее простым прибором, дающим возможность определения цветочувствительности указанным методом.

Сенситометр Эдера-Гехта, как уже упоминалось в предыдущем, представляет нейтрально-серый клин, на который наложена целлулоидовая пленка с миллиметровыми делениями, служащими для отсчетов. Число миллиметров шкалы, проработавшееся на испытываемом материале при определенной стандартной экспозиции (одна минута на расстоянии одного метра от источника света силой в одну свечу), и является чувствительностью в «градусах» Эдера-Гехта. Следовательно, в этой системе чувствительность определяется по методу порога потемнения.

Легко видеть, что для сравнения двух значений чувствительности, полученных с помощью сенситометра Эдера-Гехта, нельзя сравнивать между собой «градусы», а необходимо принять во внимание количество света, проходящее через то или иное место клина.

Для определения относительной чувствительности Эдером составлена таблица, где эта величина дана для каждого деления шкалы сенситометра, причем чувствительность, равная 10° , принята за единицу. Таблица 5 приводится ниже.

Таким образом, два материала, имеющие чувствительность, равную, например, 40° и 80° , в действительности относятся друг к другу в отношении чувствительности не как 1:2, а более чем 1:40 (относительная чувствительность для $40^\circ = 16,0$, а для $80^\circ = 645$).

Для измерения цветочувствительности между шкалой и клином сенситометра находятся четыре желатиновых полоски светофильтра (синего, зеленого, красного и желтого цветов), из которых первые три соответствуют светофильтрам, употребляющимся в трехцветной фотографии, а последний — контрастному желтому светофильтру. Для определения цветочувствительности отмечают пороги чувствительности (т. е. последнее проработавшееся число градусов) для каждого из цветов и соответствующие им числа относительной светочувствительности сравниваются между собой. При этом следует, однако, заметить, что краски, употребляющиеся при изготовлении светофильтров, все же не безукоризненны и имеют различную прозрачность, что вызывает необходимость введения к полученным значениям особых для каждого цвета поправок. Для синего цвета к полученному числу градусов

Таблица 5

Относительная светочувствительность, определенная с помощью сенситометра Эдер-Гехта.

Градусы	Относительная светочувствительность	Градусы	Относительная светочувствительность	Градусы	Относительная светочувствительность
2	0,47	42	19,3	82	776
4	0,573	44	23,2	84	934
6	0,69	46	27,9	86	1 123
8	0,83	48	33,5	88	1 351
10	1,00	50	40,3	90	1 625
12	1,203	52	47,5	92	1 955
14	1,45	54	58,3	94	2 352
16	1,74	56	70,2	96	2 829
18	2,09	58	84,4	98	3 404
20	2,52	60	101,6	100	4 094
22	3,03	62	122,2	102	4 926
24	3,65	64	147,0	104	5 926
26	4,39	66	176,8	106	7 130
28	5,28	68	212,2	108	8 580
30	6,35	70	256,0	110	10 320
32	7,64	72	308,0	112	12 411
34	9,19	74	370,5	114	14 930
36	11,05	76	445,7	116	17 961
38	13,3	78	536	118	21 607
40	16,0	80	645	120	25 993

прибавляется 12, для зеленого — 20, для желтого — 2 и для красного — 10 при обыкновенных или ортохроматических эмульсиях и 4 — при панхроматических.

Для более удобного сравнения полученных чисел между собой принимают относительную чувствительность к синим лучам за единицу и вычисляют чувствительность ко всем остальным лучам по отношению к синим; получается, например, следующая таблица 6:

Таблица 6

Цвет	Градусы сенситометра	Поправки +	Градусы сенситометра с поправкой	Относит. чувствительность	Синие=1
Белый	72	—	—	308	—
Синий	64	12	76	445	1
Зеленый	52	20	72	308	0,7
Желтый	78	2	80	645	1,45
Красный	4	10	14	1,45	0,003

Эдером же был в свое время предложен упрощенный способ измерения степени ортохроматизации материала при помощи стандартного желтого светофильтра, поглощающего целиком область собственной чувствительности бромистого серебра, т. е. сине-фиолетовую часть спектра. Ясно, что чем лучше будет сенсибилизирована эмульсия, тем меньше будет разница в значениях чувствительностей, полученных при экспонировании с фильтром и без фильтра, и их отношение, т. е. кратность светофильтра явится очень удобной мерой для оценки цветочувствительности. Таким фильтром, по Эдеру, служит 4-процентный раствор хромовокислого калия ($K_2Cr_2O_7$) с толщиной слоя в 1 см. Сходные результаты дает также разработанный у нас сухой светофильтр, носящий название НИИ ОРТО. Кривая поглощения его приводится на рис. 55.

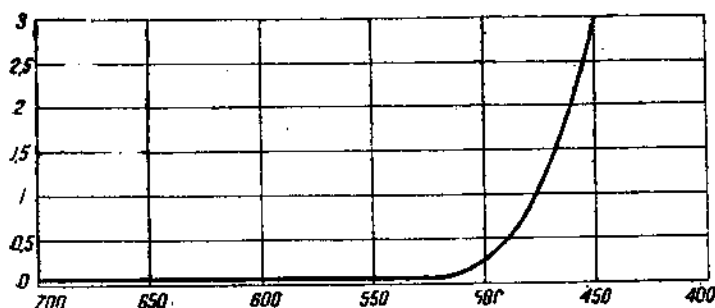


Рис. 55. Кривая поглощения светофильтра НИИ ОРТО

Описанный метод измерения цветочувствительности является наиболее простым и удобным, и в то же время результаты его лучше всего согласовываются с практическими наблюдениями. У нас, в СССР, он получает все большее и большее распространение.

Однако, при этом способе так же впрочем, как и при других, большое влияние на результаты имеет спектральный состав применяемого при испытании источника света. Наиболее правильные результаты получатся в том случае, когда источник света будет соответствовать тому, при котором происходит съемка. Так как в большинстве случаев таким светом является дневной свет, необходимо производить испытание цветочувствительности при том самом «стандартном источнике света», который принят для всех сенситометрических испытаний.

Разрешающая способность эмульсии

Фотографическое изображение, как известно, состоит из отдельных зерен металлического серебра. Поэтому, если сфотографировать резко очерченную тонкую черную линию на белом фоне, то изображение ее не будет совершенно похоже на оригинал, а будет иметь более или менее зазубренные края. В случае если

изображение линии имеет достаточно малую толщину, а зерно эмульсии достаточно велико, эти «зазубрины» могут достигнуть такой величины, что линия совершенно пропадет. Таким образом, оказывается, что фотографическая эмульсия обладает способностью передавать не все мельчайшие детали снимаемого сюжета, а лишь те, размер которых превосходит некоторую определенную для данных условий величину. С этим явлением оператору приходится часто считаться при съемке очень удаленных или мелких предметов. Так например, лишь в редких случаях на снимках можно прочесть надписи на удаленных вывесках и почти никогда не получаются трамвайные и электрические провода.

Наименьшее, выраженное в долях миллиметра, расстояние между двумя линиями, которое способно передать или, как говорят, «разрешить» эмульсия, носит название разрешающей способности этой эмульсии. Иногда разрешающую способность измеряют также предельным числом линий на миллиметр, реально передающихся эмульсией.

Величина разрешающей способности зависит не только от зернистости эмульсии, но также и от многих других причин, как например, экспозиции, проявителя и времени проявления, контраста снимаемого объекта, оптической плотности негатива и, наконец, от длины волны применяемого света при экспонировании.

Измерение разрешающей способности эмульсий производится фотографированием с большим, заранее известным, уменьшением особых так называемых тест-объектов, в качестве которых могут служить или серии параллельных линий различной толщины, разделенных равными промежутками, или ряд постепенно сходящихся линий разного вида. Некоторые из таких тест-объектов показаны на рис. 56. Эти объекты изготавливаются обычно в виде возможно более контрастных диапозитивов на молочном стекле и освещаются при фотографировании проходящим светом.

При фотографировании тест-объектов на испытуемой эмульсии с большим уменьшением оказывается, что не весь объект передается вполне отчетливо, а, начиная с некоторого места, черные и белые линии сливаются между собой. Если величина объекта известна и известно уменьшение, с которым этот объект фотографируется, то, рассматривая негатив в микроскоп, легко сообразить размеры последних линий, еще передающихся с достаточной отчетливостью. Толщина этих линий, или их число, приходящееся на 1 мм, и будет разрешающей способностью испытуемой эмульсии.

Для получения сравнимых между собой результатов следует вести проявление в нормальном парааминофеноловом проявителе и освещать тест-объект «стандартным источником света».

Далее, вследствие того, что разрешающая способность в сильной степени зависит от оптической плотности негатива, испытание повторяется несколько раз, негативы экспонируются разное время, фотометрируются, и по полученным данным строится

кривая, показывающая ход изменения разрешающей способности в зависимости от оптической плотности. По этой кривой определяется разрешающая способность, соответствующая оптической плотности, равной единице.

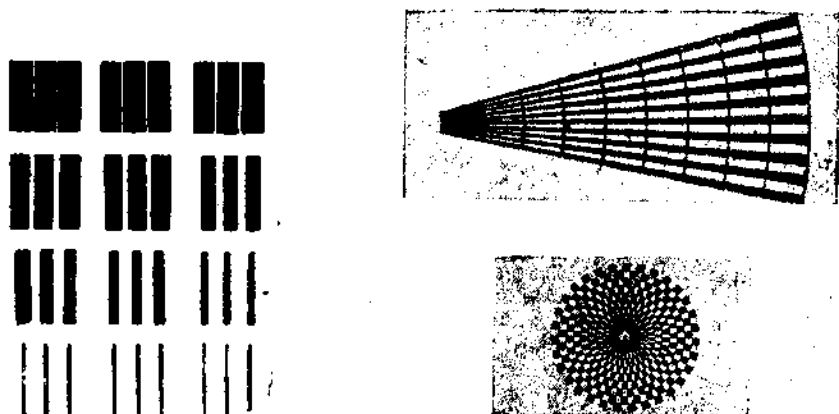


Рис. 55. Тест-объекты для измерения разрешающей способности эмульсии

Сотрудником Государственного оптического института Ф. Бурмистровым сконструирована очень точно работающая установка для определения разрешающей способности эмульсий.

Эта установка состоит из тест-объекта, осветительной системы для него, и прецизионной фотокамеры, позволяющей производить серии снимков тест-объекта с различными экспозициями на плоскости испытуемого материала.

Установки Бурмистрова изготавливаются опытной мастерской института.

Величина разрешающей способности негативных киноплёнок колеблется от 0,05 до 0,01 мм, причем с увеличением чувствительности она обычно понижается. Советская киноплёнка обладает достаточно высокой разрешающей способностью, достигающей 0,015 мм.

Разрешающая способность позитивных материалов должна быть значительно выше, чем у негативных, так как позитивная плёнка должна передать все мельчайшие детали негатива. Благодаря тому, что позитивная плёнка может быть значительно менее чувствительна, чем негативная, ее зерно удастся сделать гораздо более мелким, и разрешающая способность таких плёнок может достигать величины 0,01 мм и выше. Соответствующей обработкой негатива, применяя особые проявители и методы проявления, можно сильно повысить разрешающую способность плёнки, что имеет очень большое значение для практики при современной тенденции переходить на все меньшие и меньшие размеры снимков, а в кинематографии сильно увеличивать размеры экрана при проекции.

Проверочные вопросы

1. Какие лучи обладают большей энергией — красные или синие, и почему?
2. Какими лучами необходимо осветить вещество, для того чтобы вызвать фиолетовую флюоресценцию и красную флюоресценцию?
3. Чем отличается спектр дневного света от спектра полуваттной лампы?
4. Что происходит со световой энергией лучей, падающих на непрозрачное тело и не отражаемых им?
5. Каково практическое значение константы Шварцшильда?
6. В чем заключается сущность сенситометрического метода испытания светочувствительных слоев?
7. Какие требования предъявляются к источникам света, употребляемым в сенситометрии?
8. Что такое „стандартный источник света“ и для чего он нужен?
9. Что такое „шкала времени“ и „шкала интенсивности“?
10. Каково значение шириты экспозиций сенситометра?
11. Как производится проявление сенситограммы?
12. Что такое прозрачность, непрозрачность и плотность фотографического слоя и как последние измеряются?
13. Какие основные участки принято различать на характеристической кривой?
14. Какие существуют методы определения светочувствительности и в чем заключаются их преимущества и недостатки?
15. Можно ли сравнивать между собой величины светочувствительности, определенные по различным методам?
16. Что такое ширина яркости объекта и фото-широта эмульсии?
17. Каковы особенности сенситометрии фотобумаг?
18. Как и для чего производится подбор бумаги к печатаемому негативу?
19. Какая существует разница между цветочувствительностью глаза и обыкновенной броуносеребряной эмульсии?
20. Как можно улучшить цветочувствительность фотографической эмульсии?
21. Какие существуют методы измерения цветочувствительности фотографических эмульсий? Их преимущества и недостатки?
22. Какие поправки следует вносить при работе с сенситометром Эдера-Гехта и для чего?
23. Что такое разрешающая способность эмульсии и как она определяется?
24. От чего зависит разрешающая способность эмульсии?

Литература к главе I

- Гринзель — Курс физики, ч. III, §§ 101—110 и 158—171.
Катушев — Фотохимия в применении к фотографии, §§ 2—10.
Неблант — Общий курс фотографии, ч. II, гл. IX и X, ч. III, гл. XII.
Лобель — Сенситометрия, гл. 1—5 и 8.
Гольдберг — Образование фотографического изображения.
Сольский — Фотография и аэр. фотография, отдел II.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ТЕХНОЛОГИЯ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изготовление фотографических эмульсий

Светочувствительным веществом современных фотографических эмульсий являются соли серебра.

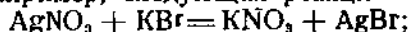
Способность некоторых солей серебра, например, азотнокислой (ляписа), темнеть под влиянием света была известна еще в глубокой древности, за что ляпис и получил название «ядского камня».

Наибольшей светочувствительностью обладают галоидные соли серебра, т. е. бромистое серебро (Ag Br), хлористое серебро (Ag Cl), и иодистое серебро (Ag I), которые поэтому преимущественно и употребляются для изготовления фотографических эмульсий.

Из галоидных солей серебра наибольшей светочувствительностью обладает бромистое, затем иодистое и, наконец, хлористое серебро; фтористое серебро (Ag Fl) не является светочувствительным.

При производстве светочувствительных слоев эти соли изготавливаются в процессе самого производства обычной реакцией обменного разложения между азотнокислым серебром и какой-либо растворимой галоидной солью.

Происходит, например, следующая реакция:



при замене бромистого калия хлористым или иодистым получится хлористое или иодистое серебро. Вместо калиевой соли можно взять также любую другую растворимую соль данного галоида, например, натриевую или аммонийную.

Галоидные соли серебра в воде нерастворимы и поэтому выпадают из раствора в виде порошкообразного осадка, что создает ряд трудностей при непосредственном использовании этих солей для изготовления светочувствительных слоев. Кроме того, эти соли при непосредственном действии на них проявителя моментально восстанавливаются в металлическое серебро. Поэтому, для того

чтобы изготовить светочувствительный слой, необходимо иметь какую-то среду, в которой могло бы располагаться галоидное серебро и которая позволила бы достаточно удобно наносить это серебро на ту или иную подложку. Такой средой почти исключительно служит желатина, предложенная для этой цели еще в 1871 г. англичанином Маддоксом. Желатина по своему химическому составу является одним из широко распространенных азотосодержащих органических коллоидальных веществ, носящих общее название *протеинов*. Протеины играют очень существенную роль в природе, входя в состав каждой живой клетки растительного и животного организмов, и, являясь коллоидами, встречаются как в растворенном состоянии — в виде *золей* в жидкостях животного организма и в протоплазме, так и в твердом — *гель* в опорных его тканях, например, в костях и хрящах.

Основным сырьем для производства желатины служит внутренний слой шкур животных, так называемая *мездра*, затем внутренность рогов крупного рогатого скота и, наконец, всевозможные кости животных.

Наилучшие сорта фотографической желатины получают из телячьей мездры.

Химическая природа желатины представляется очень сложной. Основным веществом, входящим в ее состав, является *коллаген*, из которого преимущественно и состоят органические части костей, сухожилий, связок и шкуры животных. Коллаген и обуславливает главнейшие физико-химические свойства желатины — способность ее набухать в воде, растворяться в ней при нагревании с образованием вязких растворов, способность желатинизироваться, т. е. давать студни (*гели*) при охлаждении этих растворов, причем студни при новом нагревании вновь плавятся и дают растворы. Хорошие сорта желатины могут образовывать студень уже при однопроцентном растворе.

При продолжительном нагревании раствора желатины коллаген распадается на более простые соединения с иными свойствами (*гидролиз коллагена*). Этот процесс значительно ускоряется присутствием в растворе кислоты или щелочи. В результате продолжительного нагревания растворы желатины становятся все менее и менее вязкими и, наконец, теряют способность желатинизоваться, т. е. давать при охлаждении студень.

Если реакцию получения галоидного серебра вести не в водных растворах, а в растворе желатины, то получившееся в результате реакции галоидное серебро не выпадает в осадок, а остается в растворе во взвешенном состоянии в виде мельчайших крупинок. Такую систему, в которой мельчайшие частицы галоидного серебра взвешены в растворе желатины, в технике и принято называть *фотографической эмульсией*.

Таким образом, желатина оказывает как бы защитное действие, т. е. обладает способностью защищать галоидное серебро от усиленного роста кристаллов, что приводит к выпадению осадка. Кроме того, при проявлении такой эмульсии проявитель уже не

может подействовать сразу на галоидное серебро, а проникает сквозь желатину постепенно, что дает возможность контролировать процесс проявления во времени. Но, как оказывается, желатина имеет еще и другое гораздо более важное значение. В 1925 г. американский исследователь Шеппард доказал, что желатина имеет совершенно исключительное влияние на светочувствительность изготовленной эмульсии: при замене одного сорта желатины другим колебания чувствительности эмульсии доходили до отношения 1 : 9. Исследуя различные сорта желатины, Шеппарду удалось выделить вещество, являющееся причиной светочувствительности эмульсии. Вещество это находится в желатине в количестве от одной трехсоттысячной до одной миллионной доли, и по своей химической природе относится к некоторым сернистым органическим соединениям (аллил-изотиоцианат — C_3H_5NCS).

Эмульсии, полученные описанным выше образом, хотя и могут быть уже нанесены на ту или иную подложку, но обладают крайне низкой светочувствительностью, примерно в 100 000 раз меньшей, чем светочувствительность обыкновенной бромосеребряной пластинки. Для повышения чувствительности полученную эмульсию необходимо подвергнуть дальнейшей обработке. Еще в 1878 г. англичанин Беннет показал, что если эмульсию выдержать некоторое время при повышенной температуре, то ее чувствительность значительно возрастает. Эта операция носит название «созревания» эмульсии и в настоящее время является совершенно необходимой при изготовлении всех негативных и большинства позитивных эмульсий.

В процессе созревания наряду с приобретением более высокой чувствительности эмульсия подвергается и некоторым внешним изменениям (рис. 57).

Если только что приготовленную эмульсию рассмотреть под микроскопом, то никаких частиц галоидного серебра увидеть не представится возможным. Размеры их настолько малы, что лежат за пределами видимости микроскопа. Если же посмотреть в микроскоп созревшую эмульсию, то мы увидим совершенно ясно отдельные частицы, так называемые «зерна» галоидного серебра, имеющие кристаллическое строение. Эти зерна можно не только увидеть, но и измерить; их размеры колеблются в обыкновенных негативных эмульсиях от 0,2 до 2,5 микронов, т. е. равны, примерно, размерам красных кровяных шариков. Укрупнение зерен при созревании было объяснено немецким химиком В. Оствальдом. Дело в том, что в случае выпадения из раствора нерастворимого осадка какого-либо вещества все же следы этого вещества остаются в растворе, так как абсолютно нерастворимых веществ не существует. При этом, как было показано Оствальдом, растворимость более мелких частиц оказывается значительно большей, чем растворимость более крупных частиц при той же температуре. Благодаря этому более мелкие частицы могут переходить в раствор, но так как раствор по отношению к более крупным частицам был уже пересыщенным, то в силу растворения мелких частиц он делается еще более насыщенным по

отношению к крупным. Поэтому крупные частицы продолжают расти все больше. Происходит как бы поедание более мелких частиц более крупными. То обстоятельство, что в процессе созревания эмульсии происходит одновременно повышение светочувствительности, дало повод к державшемуся долгое время утверждению, что вообще крупнозернистая эмульсия обладает большей светочувствительностью, чем мелкозернистая. В настоящее время такое утверждение потеряло свой смысл, так как оказывается, что помимо величины зерен есть много других факторов, влияющих на светочувствительность эмульсий.

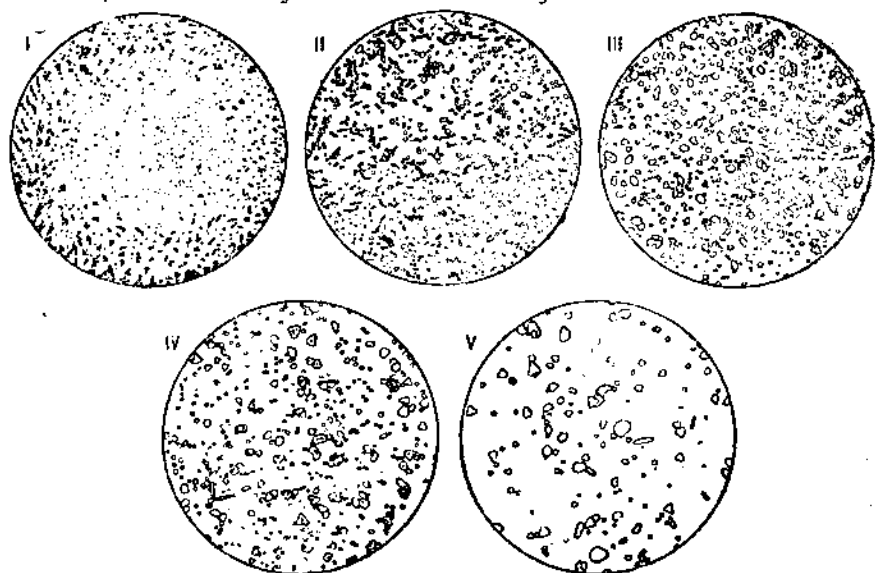


Рис. 57. Рост зерен бромистого серебра в процессе созревания эмульсии.

В конце семидесятых годов прошлого столетия Джонсон и Монкговен установили, что на скорость созревания эмульсии может оказывать сильное влияние аммиак. Оказалось, что при добавлении последнего в эмульсию процесс созревания может происходить при очень слабом или кратковременном нагревании или даже совсем без него, что весьма важно, так как сильное продолжительное нагревание лишает желатину способности студениться.

В практике получения светочувствительных эмульсий в основном применяются два метода. При одном из них созревание эмульсии, образующейся при смешении растворов азотнокислого серебра и желатины с растворимыми галоидными солями, производится, как это было только что указано, исключительно под влиянием температуры. При этом методе температура повышается иногда до $90 - 95^{\circ}\text{C}$, а продолжительность созревания при такой температуре достигает в среднем 30 мин. Такой метод приготовления эмульсии называют горячим или (менее пра-

вильно) к и с л ы м. Практическое применение этого метода довольно ограничено, так как эмульсии значительной светочувствительности таким путем получить не удастся.

Гораздо более распространенным является другой, так называемый «а м м и а ч н ы й» метод приготовления эмульсии, при котором созревание зерен галоидного серебра происходит в присутствии аммиака. При этом методе для образования эмульсии обычно берут, с одной стороны, раствор желатины, содержащий растворимые галоидные соли, а с другой — раствор так называемого «а м м и р о в а н н о г о» серебра, т. е. раствор азотнокислого серебра, переведенного аммиаком в растворимую аммиачную окись серебра. В присутствии аммиака созревание идет гораздо более эффективно и притом при более умеренной температуре. Обычно через час выдерживания эмульсии, при температуре 40—50°C, достигается уже довольно значительная светочувствительность. Заметим, что существуют несколько вариантов аммиачного метода. Получение негативных эмульсий производится почти исключительно по аммиачному методу.

На свойства эмульсии оказывают большое влияние и концентрация ее компонентов, и условия смешения реагирующих растворов, и температура при образовании и созревании эмульсии, и продолжительность созревания. Все это показывает, насколько сложным является дело приготовления высококачественной эмульсии.

В полученной тем или иным способом эмульсии, наряду с галоидным серебром и желатиной, всегда окажутся и некоторые посторонние вещества, а именно азотнокислые соли тех металлов, которые были взяты для приготовления ее в виде галоидных солей, т. е. калия, натрия или аммония, непрореагировавшие галоидные соли или азотнокислое серебро, в зависимости от того, что было взято в избытке и, наконец, при аммиачном методе — аммиак. Если названные соли не удадут, то они могут выкристаллизоваться при сушке готовых пластинок или пленки и испортить изображение, а оставшийся аммиак вызовет вуаль. Поэтому необходимо все эти посторонние вещества из эмульсии удалить, для чего последняя хорошо промывается проточной водой. В целях лучшей промывки, для того чтобы увеличить поверхность соприкосновения эмульсии с водой, эмульсию измельчают, продавливая через решетку с помощью гидравлического пресса (рис. 58), и полученные «червяки» промываются в течение 3—5 час. проточной водой в особых сосудах, один из которых изображен на рис. 59.

После промывки эмульсию опять расплавляют и дают ей еще раз созреть в течение некоторого времени, или же прямо пускают в полив, предварительно введя в нее некоторые необходимые добавки.

Прежде всего в эмульсию вводится некоторое количество растворимого бромида — бромистого калия или лития с целью, как говорят, «стабилизировать» эмульсию, сделать ее лучше сохраняющейся. При хранении готовых пластинок или пленки галоид-

ное серебро частично восстанавливается в металлическое, что приводит к вуали. Наличие в эмульсии свободных бромидов затрудняет этот процесс. Однако, значительный избыток бромидов вреден, так как понижает чувствительность эмульсии.

Далее вводится добавка, имеющая целью регулировать поверхностное натяжение эмульсии.

Каждая жидкость, как известно, имеет некоторую поверхностную энергию. Поверхностное натяжение желатины также довольно велико, и при поливе служит причиной образования различных дефектов (оттягивание эмульсии от краев стекла, полосы, неравномерность полива и т. д.). Для уменьшения поверхностного натяжения к эмульсии прибавляются вещества, обладающие способностью снижать его, например, мыло, экстракт панамской коры или ряд патентованных средств как например, германский «альборит».

У нас для этой цели применяется так называемый «контакт Петрова», представляющий собой смесь некоторых сульфонафтенных кислот.

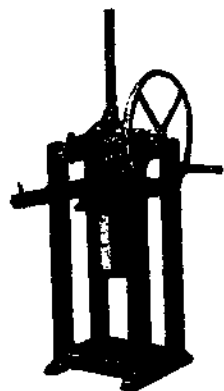


Рис. 58. Пресс для измельчения эмульсии

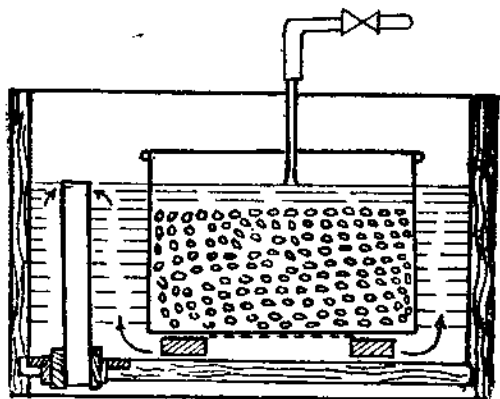


Рис. 59. Сосуд для промывки эмульсии

Основной компонент фотографической эмульсии — желатина — представляет собой прекрасную питательную среду для бактерий. Развитие бактерий в эмульсионном слое во время сушки политого материала или при хранении готовой продукции может привести к дефектам светочувствительного слоя (появление точек на изображении); поэтому, с целью консервирования эмульсии в нее вводятся перед поливом различные противогнилостные средства, как например, фенол (карболовая кислота), тимол и др.

Наконец, для того чтобы сделать эмульсионный слой более прочным для дальнейшей лабораторной обработки экспонированного материала, эмульсия задубливается прибавлением некоторого количества хромовых квасцов.

Кроме этих, обязательных для каждой эмульсии, добавок, иногда в нее вводятся еще различные добавки в зависимости от

специального назначения эмульсии, после чего процесс изготовления эмульсии может считаться законченным. Однако, с целью освобождения эмульсии от возможных механических примесей, а также от грубых образований галоидного серебра, перед поливом ее фильтруют, пропуская через несколько слоев материи или через замшу; так как эмульсия, благодаря своей густоте, не может под действием собственной тяжести пройти через фильтр, фильтрование производится в особых аппаратах, в которых эмульсия продавливается через фильтры с помощью атмосферного давления (вакуум-фильтры) или с помощью нагнетания. Один из таких аппаратов показан на рис. 60.

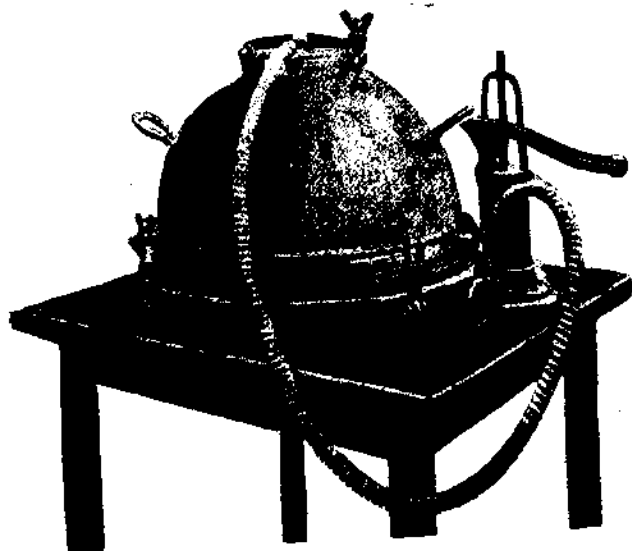


Рис. 60. Фильтр для эмульсии

Профильтрованная эмульсия идет в полив или же охлаждается, застуживается и отправляется в холодильник для хранения.

Несмотря на непрерывное, более чем полувековое исследование процессов, происходящих во время изготовления эмульсии, эти процессы все еще не могут считаться вполне выясненными, и на окончательные свойства эмульсии влияет такое множество факторов, что ни один эмульсионер не может изготовить двух эмульсий, обладающих совершенно одинаковыми свойствами. Между тем одним из основных требований, предъявляемых потребителем к светочувствительным материалам, является обязательная стандартность их свойств. Поэтому на лучших фабриках этих материалов обычно изготавливается целый ряд эмульсий, несколько различающихся друг от друга по своим свойствам, и перед поливом они комбинируются с таким расчетом, чтобы получить смесь, точно отвечающую установленному стандарту.

Виды брака фотографических эмульсий

На дефектах эмульсии следует остановиться отдельно, чтобы не повторяться при описании отдельных светочувствительных материалов.

1. Вуаль серая. Вуалью называется способность светочувствительного материала давать при проявлении большее или меньшее потемнение даже в тех местах, на которые не действовал свет. Вообще нет такой эмульсии, которая не давала бы вуали, но последняя не должна переходить известной предельной величины. Если потемнение выше нормы, то считают, что данный материал (пластинка, пленка, бумага) имеет вуалирующий эмульсионный слой.

Причина вуали связана с условиями изготовления эмульсии. Прежде всего примененная желатина могла иметь вещества, вызывающие образование центров вуалирования. Если желатина была доброкачественная, то очень жесткий режим созревания может вызвать появление центров вуали.

Может случиться так, что эмульсия при изготовлении не была завуалирована, но применением жесткого режима при созревании приведена в неустойчивое состояние и при непродолжительном хранении перешла в состояние, дающее при проявлении вуаль.

Существуют и другие, менее важные, технологические моменты, при которых возможно образование центров вуалирования.

2. Вуаль цветная. Цветной вуалью называется более или менее интенсивное окрашивание светлых мест фотографического изображения. Цвет окраски зависит от применяемого проявителя; обычно применяется метоло-гидрохиноновый проявитель с бромистым калием, дающий желтую вуаль; на производстве она носит название «канарейка». Особенно часто этот дефект является причиной брака хлоробромистых эмульсий. Эмпирическим путем было установлено, что причина появления желтой вуали кроется в свойствах желатины и при перемене последней исчезает.

Изучение природы цветной вуали с несомненностью установило, что цветная вуаль обусловлена частицами металлического серебра высокой степени дисперсности, образующимися при проявлении тем же путем, как и черное изображение, т. е. растворением сульфитом проявителя галоидного серебра, его восстановлением и отложением на центрах проявления, каковыми является скрытое изображение. Скрытая цветная вуаль представляет собой металлическое или сернистое серебро высокой степени дисперсности, получающееся в результате восстановления галоидного серебра восстановителями, присутствующими в желатине.

3. Пятна на эмульсионном слое. Этот дефект может быть по разным причинам.

а) Запыленность подложки (стекла, пленки, бумаги). Обычно в центре такого пятна присутствует пылевая частица, около которой, повторяя часто ее очертания, образуется прозрачное пят-

но. Иногда пылевая частица может быть восстановителем галоидного серебра, тогда при проявлении будет образовываться черное пятно.

б) При проявлении эмульсионный слой обнаруживает черные точки. Причина таких точек заключается в осаждении галоидного серебра в перезревших эмульсиях.

в) Мелкие прозрачные, резко очерченные точки, напоминающие булавочные уколы на производстве, называются «пик-пик». Причина их — микроскопические пузырьки воздуха, образующиеся вследствие вспенивания и взбалтывания эмульсий. Склонность к образованию пузырьков увеличивается после прибавления в эмульсию некоторых добавок — альборит, контакт Петрова.

г) После проявления наблюдаются белые пятна, не имеющие посредине пылевой частицы. Причиной этих пятен является наличие жира в желатине.

д) Белые пятна, похожие по своему типу на предыдущие, но показывающие под микроскопом наличие микроорганизмов. Причиной их являются десенсибилизирующие вещества, выделяющиеся в результате жизнедеятельности микроорганизмов, которыми заражена данная эмульсия.

При обнаружении дефектов негатива или позитива следует внимательно пересмотреть условия съемки и обработки, так как весьма часто причиной брака являются не дефекты эмульсионного слоя, а неправильное обращение с ним. Так например, причиной вуалирования может служить лабораторный фонарь, неправильно составленный проявитель, частое вынимание проявляемого материала из проявителя и т. д.

Причиной точек может быть пыль в кассете и в помещении, пузырьки воздуха, приставшие к слою во время проявления, не полностью растворенные составные части проявителя и др.

Лишь после тщательного устранения всех причин, могущих вызвать дефекты в светочувствительном слое в самой лаборатории и после специальной проверки, можно предъявлять претензии к производству.

Ортохроматизм

Человеческий глаз неодинаково чувствителен к лучам различной длины волны. Если эту чувствительность изобразить графически, отложив по горизонтальной оси длины волн, а по вертикальной — относительную видимую яркость этих волн, то полученная кривая будет иметь вид, показанный на рис. 61. Из этой кривой видно, что наибольшее действие на глаз производят лучи с длиной волны приблизительно в 555 $m\mu$, т. е. лучи желто-зеленой части спектра. В обе стороны от этих лучей оптическая яркость быстро падает, причем в сторону более коротких волн это падение выражено несколько более резко.

Рассмотрим теперь вопрос, как относится к различным лучам спектра фотографическая эмульсия.

По закону Гротгуса (см. главу I) на вещество могут действовать

химически только те лучи, которые им поглощаются. Исследование спектров поглощения галоидных солей серебра показывает, что они обладают избирательным поглощением, и, следовательно, действовать на них химически могут не все лучи спектра. Далее оказывается (рис. 62), что наиболее сильно на галоидное серебро действуют как раз те лучи, которые наименее ярки оптически, а именно, синие и фиолетовые и даже совсем невидимые ультрафиолетовые.

Так как визуальная яркость спектра не совпадает с избирательной чувствительностью обыкновенной фотографической эмульсии, то отсюда следует, что такая эмульсия не сможет воспроизвести соотношение различных цветов в соответствии с их зрительным впечатлением. Синий предмет при съемке всегда будет передаваться значительно светлее, чем яркожелтый, хотя глаз при непосредственном рассматривании этих предметов получает совершенно обратное впечатление. По этой же причине зелень при натурной съемке на обыкновенных эмульсиях получается значительно темнее, чем она кажется в натуре.

Исправить этот недостаток можно введением в эмульсию веществ, поглощающих другие лучи спектра, кроме тех, которые поглощает сама эмульсия, так как по закону Фогеля на вещество могут действовать химически также и те лучи, которые поглощаются примесями к этому веществу.

Эти примеси, очевидно, должны также обладать избирательным поглощением, и поглощать именно те лучи, к которым желательно оочувствить эмульсию, т. е. являться красителями, окрашенными в цвет, дополнительный к поглощающим лучам. Кроме того, они должны обладать способностью соединяться с галоидными

серебром эмульсии. Такие красители носят название «оптических сенсibilизаторов», а сам процесс оочувствления эмульсии к тем или иным лучам—оптической сенсibilизацией¹.

¹ В последнее время все большее распространение начинают приобретать термины «хроматические сенсibilизаторы» и «хроматическая сенсibilизация».

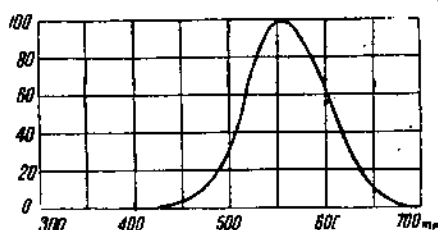


Рис. 61. Кривая цветоочувствительности человеческого глаза



Рис. 62. Сравнительная цветоочувствительность галоидных солей серебра: I—хлоридное серебро, II—бромидное серебро, III—иодидное серебро.

Далеко не все красители могут служить сенсбилизаторами; наоборот, из числа многих сотен исследованных красителей оказались пригодными для этой цели лишь очень немногие.

Для очувствления эмульсий к желтой и отчасти к зеленой зонам спектра, т. е. для приготовления так называемых ортохроматических эмульсий употребляются, главным образом, эритрозин и пинафлавол. Для сенсбилизации к оранжевым, желтым и зеленым лучам—этилрот и ортохром, к

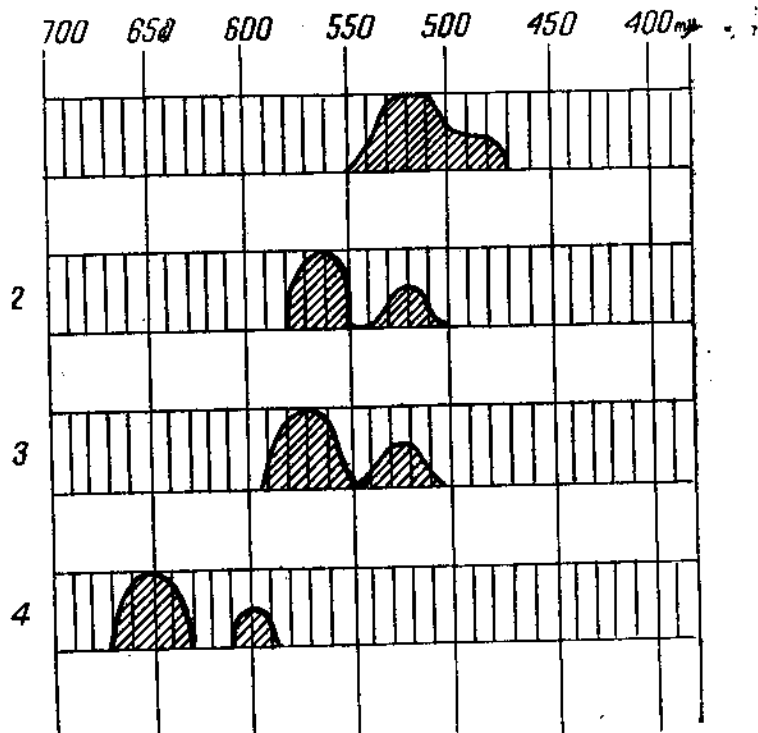


Рис. 63. Кривые поглощения красителей: 1—эритрозин, 2—ортохром, 3—пинахром, 4—дицианин.

красным, оранжевым и желтым—пинацианол и пинахром. Для сообщения эмульсии чувствительности ко всему видимому спектру, т. е. для приготовления панхроматических светочувствительных материалов, очевидно, может быть применена комбинация каких-нибудь сенсбилизаторов, дополняющих друг друга. Обыкновенно применяется комбинация пинацианола и пинафлавола. Кривые поглощения некоторых из этих красителей приведены на рис. 63 (заштрихованные части). К сожалению, до сих пор неизвестны сенсбилизаторы, достаточно хорошо очувствляющие эмульсии к зеленым лучам, и поэтому почти все орто-и панхроматические материалы имеют в этих лучах провалы в сенсбилизации.

Помимо сенсibilизаторов, расширяющих цвето-чувствительность эмульсии в видимой части спектра, сравнительно недавно был открыт ряд новых сенсibilизаторов, способных о-чувств-лять галоидное серебро к невидимым инфракрасным лучам, и в настоящее время существуют сенсibilизаторы, с помощью кото-рых можно сообщить эмульсии чувствительность к лучам спек-тра с длиной волны свыше 1 200 *мк*.

Открытие этих сенсibilизаторов очень сильно расширило об-ласть применения фотографии. Инфракрасные лучи, благодаря своей сравнительно большой длине волны, легко проходят через такие среды, в которых лучи с более короткой волной под-вергаются значительному рассеиванию (закон Рэлея). С примени-ем материалов, о-чувствленных к этим лучам, стало возможным фотографировать сквозь значительную воздушную дымку; так удалось, например, сфотографировать с самолета горный ланд-шафт на расстоянии свыше 400 *км*.

Кроме того, так как инфракрасные лучи невидимы, стало воз-можно фотографировать в темноте, «освещая» предмет этими невидимыми лучами.

Для киноработников представляет особый интерес то обсто-ятельство, что, применяя негативный материал, чувствительный к инфракрасным лучам, и поглощая темнокрасным светофильтром все остальные лучи, можно получить совершенно исключитель-ный эффект лунного освещения при съемке днем.

Сенсibilизацию свето-чувствительных материалов можно про-изводить двояким способом: во-первых, можно ввести сенсibil-изатор непосредственно в эмульсию во время ее пригото-вления и, во-вторых, готовую сухую пластинку можно «выкупать» в растворе сенсibilизатора.

В последнем случае эффект сенсibilизации получается иногда несколько более высоким, но зато полученный материал значи-тельно хуже сохраняется. Кроме того, расход сенсibilизаторов при втором способе несколько выше. Вообще же для целей сен-сibilизации достаточно ничтожного количества красителя: при введении последнего в эмульсию, одного грамма достаточно для о-чувствления 10 000 пластинок размером 13 × 18 *см*.

Еще в восьмидесятых годах прошлого столетия Фогелем бы-ло указано, что чувствительность фотографических эмульсий мо-жно сильно поднять, обрабатывая их аммиачным раствором хло-ристого серебра. Такая обработка носит название «гиперсенсibil-изации» и чрезвычайно сильно повышает общую чувствитель-ность эмульсии (у некоторых сортов до 20 раз). Гиперсенсibil-изация, сильно распространившаяся в последнее время, в соеди-нении с панхроматизацией позволяет изготовлять такие негатив-ные материалы, на которых можно снимать без подсветки ноч-ные сцены на улице, театральные постановки и т. д. Недостат-ком этих материалов является, однако, их очень непродолжи-тельная сохранность.

Наряду с веществами, повышающими чувствительность эмуль-сии, существуют вещества, способные понижать эту чувствитель-

ность. Такие вещества были открыты в 1920 г. Люппо-Крамером и названы им «десенсибилизаторами». Наибольшей десенсибилизирующей способностью обладают красители: феносафранин, пинакриптол желтый, пинакриптол зеленый и пинакриптол. Если экспонированную панхроматическую пластинку обработать в течение 1 мин. в растворе десенсибилизатора 1 : 5 000, то она теряет чувствительность настолько, что является возможность проявлять ее при яркокрасном освещении, причем не получается ни малейшей вуали и изображение совершенно не страдает. Ортохроматическую пластинку после десенсибилизации соответственно можно проявлять при желтом свете, а диапозитивную даже при слабом дневном.

Пинакриптол зеленый можно даже вводить непосредственно в проявитель и пользоваться ярким светом через 1—2 мин. после начала проявления (пинакриптол желтый разлагается сульфитом и поэтому может употребляться только в качестве предварительной ванны).

Легко видеть, какие огромные удобства при лабораторной обработке фотоматериалов может принести такой метод работы. Природа этого явления до сих пор окончательно не выяснена, хотя сам Люппо-Крамер полагает, что потеря чувствительности происходит вследствие окисления десенсибилизатором галоидного серебра. Эта точка зрения впрочем оспаривается другими исследователями.

Изготовлением десенсибилизаторов до последнего времени для всего мира занималась только одна фабрика «Агфа» в Германии, строго охранявшая секреты своего производства. Однако, недавно нашими научно-исследовательскими лабораториями найдены способы изготовления этих препаратов, и в скором времени у нас будут выпущены в продажу десенсибилизаторы советского производства.

В заключение необходимо остановиться еще на одном явлении, которое может иметь очень большое значение в некоторых случаях.

Это так называемая «фоторегрессия» — она состоит в том, что у некоторых сортов светочувствительных материалов, в особенности у фотобумаг, замечается сильное ослабление и даже исчезновение скрытого изображения при хранении их после экспозиции; при этом, чем выше температура и влажность, тем процесс фоторегрессии идет быстрее. Среди киноматериалов это явление в наибольшей степени замечается у пленок «Цейс-Икон» и «Феррания», в особенности у последней. При неподходящих условиях хранения скрытое изображение на этой пленке может почти совершенно исчезнуть в течение недели. Пленка, на которой исчезло скрытое изображение, снова приобретает свои прежние свойства и может быть вновь использована для съемки. Причина фоторегрессии до сих пор окончательно не установлена, но, повидимому, она зависит от способа изготовления эмульсий и от их состава.

Изготовление фотографических пластинок

Носителем светочувствительного слоя фотопластинки является ровное, гладкое, без пузырей и свилей, стекло, которое перед нанесением на него этого слоя должно быть соответствующим образом подготовлено. Эта подготовка прежде всего заключается в тщательной очистке поверхности стекла от всяких механических загрязнений, а затем в нанесении на чистое стекло особого промежуточного подслоя, имеющего целью прикрепление эмульсионного слоя к стеклу. Очистка и мойка стекла производятся с помощью специальной машины. С моечной машины пластинка передается на другую машину, назначение которой — нанесение на пластинку подслоя. Материалом для такого подслоя служит обыкновенно слабый раствор сильно задубленной желатины, и машина, наносящая его на стекло, большей частью комбинируется с моечной машиной, образуя один агрегат (рис. 64). На такой машине стекло, по выходе его из мойки, проходит на

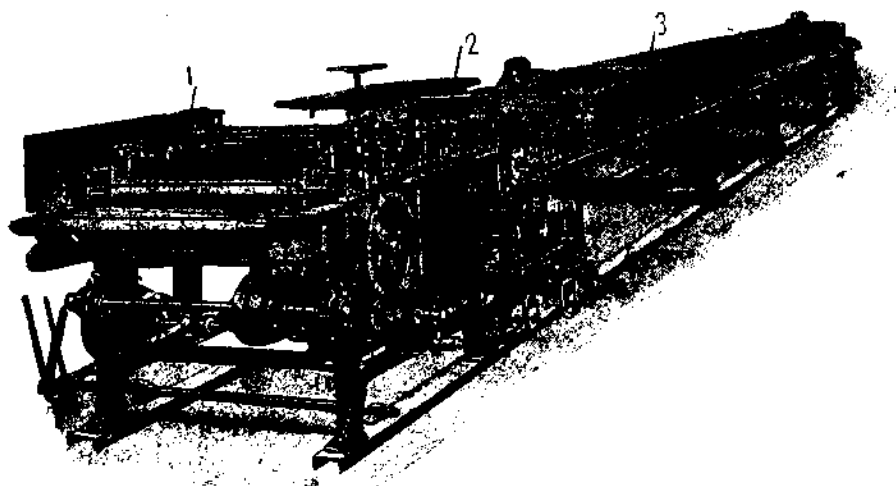


Рис. 64. Моечно-подслойный агрегат для фотопластинок: 1—круглые щетки, 2—место для каскада, 3—сушильный ковер

валиках под приспособлением, наносящим на него подслоя, и поступает в закрытый канал, где быстро высушивается струей воздуха, нагретого до $70-75^{\circ}\text{C}$. Воздух входит в один конец канала и выходит в другой, причем направление его противоположно движению пластинок. С другого конца машины выходят, таким образом, облитые подслоем и высушенные пластинки, готовые к поливу на них эмульсии.

В процессе нанесения подслоя, как, впрочем, и во многих процессах, связанных с изготовлением светочувствительных материалов, огромную роль играет чистота воздуха, служащего для сушки полных материалов, так как каждая пылинка, попавшая на эмульсионный слой, служит причиной образования на нем

пятна. Поэтому воздух, служащий для сушки, тщательно очищается с помощью особых фильтров.

Очищенный воздух подогревается до нужной температуры и нагнетается во все помещения фабрики с таким расчетом, чтобы давление его в рабочих помещениях было несколько выше, чем, например, в коридорах, и таким образом при открывании дверей «грязный» воздух из коридора не мог бы попасть в рабочее помещение. Полив пластинок эмульсией производится на поливных машинах (рис. 65). Стекло, движущееся с помощью роликового конвейера, точно установленного в горизонтальном положении, проходит под наклонной со ступеньками металлической горкой, называемой «каскадом»; на каскад из подогреваемого бака непрерывно тонкой струей льется эмульсия. Назначение каскада — уничтожить пузырьки воздуха, имеющиеся в эмульсии и могущие дать брак при поливе. С каскада эмульсия

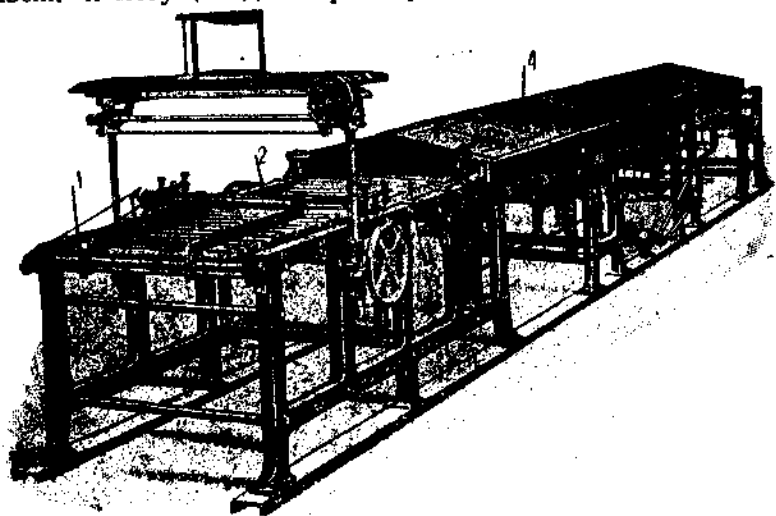


Рис. 65. Поливная машина для фотопластинок: 1—направляющие валики для стекла, 2—место для каскада, 3—обмывающие валики, 4—холодный ковер.

стекает на батистовый «фартук», скользящий по пластинкам и наносящий на них слой эмульсии. Далее пластинки попадают на мокрые эбонитовые валики, которые смывают с обратной стороны пластинок случайно попавшую туда эмульсию и передают их на бесконечное полотно, которое охлаждается, проходя на обратном своем пути через ванну с ледяной водой. На этом полотне пластинки остывают и эмульсия студенеет. Для защиты от пыли полотно покрыто жестяным кожухом. После охлаждающего полотна в конце машины устроено войлочное полотно для впитывания приставших к обратной стороне пластинок капель воды. С помощью выжимающих валиков этот войлок всегда поддерживается сухим. С поливочной машины пластинки снимаются.

вручную и устанавливаются на деревянные станки, устроенные так, чтобы эмульсионный слой не мог быть поврежден. На этих станках пластинки доставляются в помещение для сушки.

Ширина поливочной машины равняется приблизительно одному метру, длина — около 8 м. Скорость прохождения пластинок по машине — 4 м в минуту и производительность ее на быстром ходу доходит до 140 кв. м политых пластинок в час. Существует несколько типов сушилок для высушивания политых эмульсией пластинок. Наиболее распространенными являются так называемые камерные и тоннельные сушилки. В сушилках первого типа сушильный зал («камера») загружается вагонетками, наполненными станками с политыми пластинками, после чего включается вентиляционная система с подачей теплого, достаточно сухого и чистого воздуха. Сушилки второго типа представляют собой длинные коридоры, где вагонетки с пластинками продвигаются навстречу току теплого, достаточно сухого и чистого воздуха и высыхают по мере продвижения к концу сушильного помещения.

За последнее время предложены также вращающиеся сушилки.

В этих сушилках станки с пластинками помещаются на многоэтажные стойки диаметром до двух метров, которые особым приводом медленно вращаются и обеспечивают этим равномерную сушку.

Легко видеть, что сушка политых пластинок требует тщательной подготовки воздуха, применяемого в сушилках, в отношении его температуры, степени сухости, чистоты. Надо заметить, что вообще сушка политых пластинок является весьма ответственным моментом в их производстве.

Для того чтобы обслужить все возможные случаи съемки, нельзя ограничиться каким-либо одним сортом светочувствительного материала, как бы универсален он ни был, а необходимо в каждом отдельном случае применять материал с особыми, наиболее подходящими для этого случая свойствами. Поэтому фабрики фотопластинок выпускают обычно большое количество различных сортов, изготовление которых отличается некоторыми особенностями.

Следующие специальные сорта фотопластинок являются наиболее распространенными.

Диапозитивные пластинки. К диапозитивным пластинкам предъявляются прежде всего требования большого контраста и плотности, мелкого зерна и минимальной вуали. Светочувствительность их обыкновенно не высока.

Эти свойства диапозитивных пластинок определяют условия изготовления эмульсии. При изготовлении их обычно применяется или чистое бромистое серебро или бромоводородное, бромохлористое или, наконец, бромохлоридное серебро. Метод изготовления — обычно кислый. Эмульсификация должна быть быстрая. При применении аммиачного метода созревание ведется в условиях умеренного температурного режима (37—38° С).

Орто- и панхроматические эмульсии получаются, как

было подробно рассмотрено выше, прибавлением в эмульсию оптических сенсibilизаторов. Эффект сенсibilизации может быть достигнут от введения сенсibilизатора в эмульсию во всех стадиях ее приготовления; проще всего его вводить в готовую эмульсию перед поливом. Существует, однако, мнение, что присутствие в эмульсии некоторых сенсibilизаторов, например, эритрозина, позволяет вести процесс созревания дольше и получать эмульсии с более высокой чувствительностью без опасения увеличения в то же время вуали. Поэтому многие фабрики слегка сенсibilизируют эмульсии даже тех пластинок, которые вы пускаются в продажу под названием «обыкновенных». Для приготовления ортохроматических пластинок обычно употребляется в качестве сенсibilизатора эритрозин, для панхроматических — пинахром. Для того, чтобы иметь возможность снимать без светофильтра, слой ортохроматических пластинок часто окрашивается в желтый цвет. Красители, употребляемые для этого, не должны оказывать вредного влияния на эмульсию, и в качестве таковых употребляются фильтргельб и тартрацин. Фирма «Агфа» выпустила специально для этой цели готовую комбинацию (под названием «пинортол») сенсibilизатора с фильтровым красителем.

Репродукционные пластинки изготавливаются двух типов: для полутонных и для штриховых репродукций (фото-механические). Первые имеют контраст около 1,0, вторые очень большой — свыше 2,0. И те и другие обладают низкой чувствительностью, мелким зерном и часто орто-и панхроматизируются для того, чтобы дать возможность снимать цветные объекты.

Рентгеновские пластинки должны прежде всего обладать возможно большей чувствительностью к рентгеновским лучам и давать максимально возможный контраст и покрытие, так как рентгеновский снимок есть в сущности снимок тени предмета, даваемый этими лучами.

Для этой цели рентгеновские пленки часто поливаются эмульсией с двух сторон.

Кроме того некоторые фабрики вводят в эмульсию рентгеновских пластинок вещества, способные под действием рентгеновских лучей флюоресцировать такими лучами спектра, к которым эмульсия наиболее чувствительна (фиолетовые и ультрафиолетовые лучи).

Противореолевые пластинки. Реолены на негативах образуются, как известно, главным образом потому, что лучи света, пройдя через эмульсионный слой и стекло пластинки, отражаются от задней поверхности стекла и попадают обратно в эмульсионный слой под некоторым углом к первоначальному своему пути. Поэтому, для борьбы с реолом необходимо изолировать эмульсионный слой от пластинки каким-либо светонепроницаемым или неактивным слоем. Это достигается применением особого подслоя или окрашенного каким-нибудь анилиновым красителем красного цвета, вымывающимся при промывке негатива, или содержащего окрашенные вещества, обесцвечивающие-

ся в процессе проявления или фиксирования. Красящее вещество подслоя во всяком случае не должно оказывать вредных побочных влияний на галоидное серебро смежного светочувствительного слоя. Очень часто в производстве противоореольных фотопластинок применяются желатиновые подслои, окрашенные тонко взвешенной перекисью марганца (бурого цвета); такие подслои обесцвечиваются в процессе фиксирования (в кислом фиксаже).

Иногда для этой же цели задняя сторона пластинки покрывается каким-либо неактивным лаком; однако, этот способ производственного значения, разумеется, не имеет.

Кино- и фотопленка, имея незначительную толщину подложки, почти свободна от ореолов, происходящих вследствие отражения света от задней стороны ее, и в ней имеют место лишь ореолы, обязанные своим возникновением рассеиванию света в самой эмульсии, так называемые «диффузные ореолы».

Фототеодолитные пластинки изготавливаются специально для фотогеодезических работ, т. е. съемок удаленных ландшафтов с помощью особых приборов — фототеодолитов.

Пластинки эти представляют собой очень контрастный материал с мелким зерном и небольшой чувствительностью, т. е. схожи с диапозитивными, но в отличие от последних хорошо ортохроматизируются и снабжаются противоореольным подслоем. В последнее время входят в употребление панхроматические и инфрафототеодолитные пластинки.

Пластинки для воздушной фотографии изготавливаются как орто- и панхроматические, так и чувствительные к инфракрасным лучам. Пластинки для воздушной фотографии должны обладать возможно более высокой чувствительностью, очень большим контрастом и высокой разрешающей способностью, и эти требования, подчас противоречащие друг другу, делают изготовление подобных пластинок наиболее трудной задачей.

Тропические пластинки предназначаются для работы в условиях жаркого климата и значительной влажности. Эти пластинки могут быть изготовлены для любых видов съемки и отличаются от обычных лишь тем, что слой их сильно задублен и поэтому позволяет вести обработку при температуре растворов, доходящей до 35—40° С и даже выше.

В СССР фотопластинки изготавливаются на нескольких фабриках, из которых крупнейшими являются фабрики Фотокинохимического треста № 1 и № 2 в Москве и № 7 в Киеве. Кроме того, в Москве существует довольно крупная фабрика «ЭФТЭ», также производящая фотопластинки и бумагу.

Пластинки, изготавливаемые фабриками ФОКХТа, имеют свойства, указанные в таблице 7 (см. стр. 93).

Характеристика пластинок фабрики ЭФТЭ видна из таблицы 8 (см. стр. 94).

Кроме фабрик Фотокинохимического треста и ЭФТЭ, производством небольших партий фотопластинок для специальных целей занимается Научно-исследовательский кинофотоинститут,

Таблица 7

Фотографические свойства пластинок, изготавливаемых ФОКХТом

С О Р Т	Чувствительность по X. и Д.	Контраст при 8-мин. проявлении	Вуаль при $\gamma = 1$ не более	Ширина
1. „Любительские“ ¹ (пластинки для любительской фотографии)				
Контрастные	100 $\pm$ 25%	1,8 $\pm$ 10%	0,1	1:32
Нормальные	100 $\pm$ 25%	1,8 $\pm$ 10%	0,1	1:32
2. „Фотокор“ ² (пластинки быстрые для момент. съемки)				
Контрастные	200—25%	1,4—10%	0,15	1:32
Нормальные	200—25%	1,1—10%	0,15	1:32
3. „Фомос-рапид“ ² (пластинки для спортрепортажа и съемки в ателье)				
	400—20%	не ниже 0,8	0,25	1:4
4. Рентгеновские				
	50—25%	не ниже 2 при 8 мин. не более 0,15		
5. Репродукционные				
а) Полутонные	25—10%	1,6—104	0,1	—
б) Штриховые	25—10%	не ниже 2	0,1	—
6. Диапозитивные	2	2	0,1	—
7. Фототеодолитные	—	—	—	—
8. Аэрофотографические (по особым техническим условиям)	—	—	—	—

располагающий для этой цели опытной полужаводской установкой и имеющий ряд крупных достижений в этой области. Так, институт изготавливает ортохроматические пластинки с чувствительностью до 4 000° по X. и Д., панхроматические пластинки с почти равномерной чувствительностью ко всему видимому спектру, пластинки с очень большой фотографической шириной, достигающей до 1 000 и др. Производство этих сортов в настоящее время внедряется институтом на фабриках треста.

¹ Изготавливаются: а) ортохроматические; б) ортопротивоореольные; в) тропические; г) несеис билизированные (обыкновенные).

² Изготавливаются: а) ортохроматические; б) ортопротивоореольные; в) панхроматические; г) тропические.

Таблица 8

Фотографические свойства пластинок фабрики ЭФТЭ

С о р т	Чувствительность по Х. и Д.	Контраст при 8-мин. проявлении	Вуаль при 8-мин. проявлении	Ширина
Ортохроматические	100—250	1,4	0,3—0,4	150—200
Орторепродукционные . .	10	3,0—3,5	0,1	6—8
Диапозитивные	5	3,0—3,5	0,1	4—6
Для микросъемки	60—70	1,8—2,0	0,1—0,2	25

Виды брака фотографических пластинок

1. Неправильная форма фотопластинок объясняется плохой резкой и отбраковкой стекла (неровные стороны, косые углы). Хотя резка стекла на форматы производится на заводах-поставщиках стекла, вся вина за выпуск пластинок неправильно-го формата ложится на фотофабрику, которая недостаточно внимательно производит браковку. Фотофабрики иногда поливают двойной и четверной формат; в этом случае фабрика сама производит резку.

2. Пузыри в стекле, мошка. Плохая браковка стекла фабрикой.

3. Проявленное изображение имеет большие маслянистые пятна, часто направленные по диагонали. Причиной брака является грязное (жирное) стекло; источником этой грязи может быть или самое стекло, или загрязненные щетки моечной машины. Диагональное направление пятен объясняется тем, что стекло пускают в моечную машину по диагонали.

4. Эмульсионный слой плохо держится на стекле. Этот дефект может происходить по следующим причинам:

а) эмульсия ошибочно полита на неподслоенную сторону стекла,

б) стекло плохо (неравномерно) подслоено,

в) передублин эмульсионный слой,

г) быстрая сушка пластинок,

д) если эмульсионный слой сходит с противоположного подслоя, это значит, что задублинность подслоя и эмульсии неправильно подобраны.

5. На просвет непроявленные пластинки показывают различную прозрачность. Это происходит от неравномерного полива. Если эта неравномерность выражена закономерно, например, к одной стороне толще, тогда причиной неравномерного полива является неправильная установка валиков поливной машины или фартука. Если неравномерность раз-

лично по всей ширине пластинки, то она может быть объяснена неровностью стекла: последнее может быть волнистым и вполне понятно, что при этом будут образовываться лысины и более толстым слоем налитые впадины.

Кроме того причиной неравномерного полива может быть неравномерная подача эмульсии на каскад и быстрое застудение эмульсии на пластинках. Неравномерность полива может отразиться на практической работе лишь в том случае, если эта неравномерность резко выражена.

6. Неполитые пластинки (обычно края) — результат невнимательности подмазчика эмульсии на подливной машинке. Чаще всего это наблюдается при быстром ходе машины. К этому же типу брака следует отнести крупные воздушные пузырьки.

7. Механические повреждения эмульсионного слоя. Следует различать следующие виды повреждений:

а) штабики — повреждение пластинок вследствие опрокидывания в станочке для сушки; при этом эмульсия прилипает к палочке, на которую опирается следующая пластинка. Опрокидывание происходит вследствие близкого расстояния между палочками, неустойчивости вагонеток, перевозящих сырые пластинки, или неровности пола;

б) следы пальцев, включение грязи в эмульсию — следствие неаккуратной работы;

в) царапины — следствие неаккуратной работы.

8. Неоднородность пластинок. Пластинки одного и того же полива показывают различные фотографические свойства. Это может происходить по следующим причинам:

а) пластинки перепутаны при сортировке;

б) отдельные горшки одной и той же эмульсии в различное время подготавливались к поливу;

в) неравномерный полив;

г) неодинаковый режим сушки в различных участках сушилки.

9. Краевая вуаль. При проявлении пластинки по краям последней наблюдается более или менее широкая черная кайма. Причиной появления этой вуали является неустойчивость эмульсии.

Для устранения этого дефекта эмульсию делают более гнроскопичной путем прибавления соответствующих солей; тогда сушка протекает равномернее и этого дефекта не наблюдается.

Краевая вуаль может образоваться также в результате плохой упаковки пластинок или плохого качества упаковочного материала.

Изготовление фотографической бумаги

Бумага, служащая подложкой для изготовления собственно фотобумаги, представляет собой тонкий слой растительных волокон, переплетенных между собой наподобие войлока. До XIX в. бумага выделялась из хлопчатого или льняного тряпья, с сере-

дины же XIX в. для выделки бумаги стала употребляться древесина. В настоящее время древесная целлюлоза является основным сырьем для производства бумаги, из тряпья же выделяются только самые лучшие сорта ее, употребляющиеся для художественных целей, для изготовления денежных знаков и некоторых сортов фотобумаги.

Бумажная подложка, служащая для изготовления фотобумаги, должна обладать рядом особых свойств. Прежде всего бумага не должна содержать веществ, вредно влияющих на эмульсию, как, например, гипосульфита, следы которого могут остаться в бумаге после процесса обесхлоривания. Далее, на бумаге не должно быть частиц железа или меди, могущих попасть на нее во время прохождения в машине, так как присутствие железа и меди будет вызывать пятна на эмульсии. Точно так же бумага не должна содержать каких-либо веществ, восстанавливающих галогенное серебро, т. е. вызывающих вуаль.

В отношении физических свойств бумага не должна размокать во время промывки и лабораторной обработки, не должна деформироваться при высыхании и, наконец, должна быть достаточно прочной, чтобы в мокром виде выдерживать прохождение по машинам, служащим для полива и сушки светочувствительного слоя.

Ввиду всего этого производством сырой фотоподложки занимаются обычно особые бумажные фабрики, снабженные специально приспособленными машинами и работающие по особым (за границей обычно засекреченным) методам и рецептам.

Для производства бумаг с видимым изображением, содержащих избыток азотнокислого серебра, употребляется масса, изготовленная только из тряпичных волокон. Толстая, картонного типа, бумага под бромосеребряные эмульсии изготавливается чаще всего из сульфитной целлюлозы, а тонкая бумага под те же эмульсии, а также предназначенная для полива хлоробромосеребряными эмульсиями, представляет собой смесь тряпичной и сульфитной целлюлозы.

И та и другая бумага подвергаются еще одной обработке, задачей которой является воспрепятствовать проникновению светочувствительной эмульсии в бумажные волокна, сообщить лучшую связь эмульсии с бумагой, а также придать ей желаемую поверхность (матовую, глянцевую и т. д.).

Эта задача достигается нанесением на бумагу особого подслоя, состоящего в основном из сернокислого бария, почему операция нанесения этого подслоя и получила название баритирования бумаги.

Баритажная масса состоит из сильно задубленного хромовыми квасцами или формалином желатинового раствора, к которому примешивается сернокислый барий в виде белого тончайшего порошка, осажденного серной кислотой из раствора хлористого бария и тщательно промытого. Далее в баритажную массу вводится ряд добавлений, преследующих различные цели. Так, для сообщения матовой поверхности баритируемой бумаге служит

крахмал, для придания большей гибкости баритажному слою служит глицерин, для консервирования — фенол и лимонная кислота и, наконец, для предохранения от слишком сильного образования пены при нанесении массы на бумагу — молоко. Кроме того, для получения цветных бумаг в массу прибавляются соответствующие анилиновые краски.

Все эти составные части баритовой массы хорошо перемешиваются и протираются в особых мешалках, после чего масса наносится на бумагу с помощью грунтовальной (баритажной) машины, показанной на рис. 66.

Бумага, подаваемая с рулона через направляющие валы, проходит мимо обогреваемого корыта с баритажной массой, которая с помощью особого приспособления намазывается на бумагу.

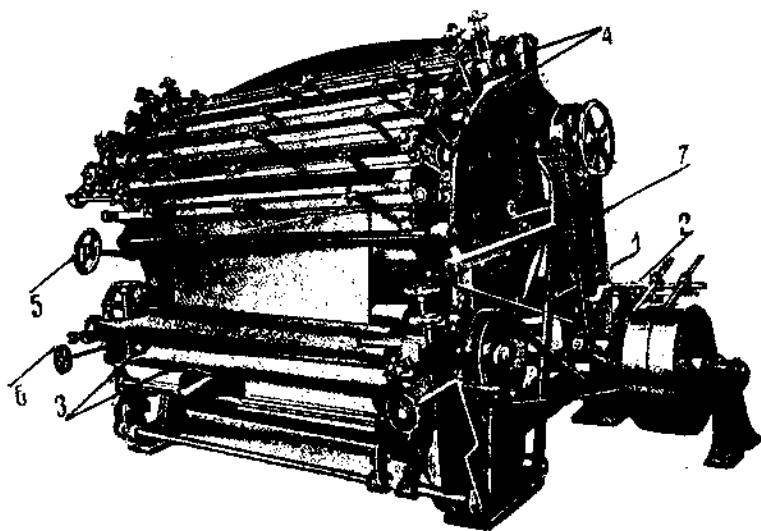


Рис. 65. Грунтовальная машина: 1—ось для бумажного рулона, 2—тормоз оси 1, 3—ванночка для баритовой массы, 4—щетki для растушевки баритовой массы, 5—регулятор натяжения бумаги, 6—каскадные валики, 7—цилиндр

После нанесения массы бумага протягивается на поверхности большого цинкового барабана, обтянутого резиной, над которым укреплен ряд подвижных щеток. Щетки эти двигаются назад и вперед по поверхности лежащей на барабане бумаги, параллельно его оси, и сильно втирают и разравнивают баритовую массу по бумаге. Бумага протягивается через машину с помощью «пневматического стола» и подается для сушки на подвесной аппарат. Здесь бумажная лента подхватывается деревянными палками, движущимися с помощью бесконечных цепей, и повисает, образуя большое количество фестонов.

Бесконечные цепи транспортируют бумагу через весь зал длиной до 70 м, причем за это время бумага успевает совершенно

высохнуть и в конце машины сматывается в рулон. В отношении чистоты воздуха в сушильном помещении принимаются те же меры предосторожности, что и при поливе пластинок. Баритовка в зависимости от сорта бумаги повторяется несколько раз (обычно 3), причем после каждого раза бумага направляется в каландры (рис. 67), в которых она огибает несколько бумажных и полированных валов, давящих на нее с силой до 20 т и придающих ей гладкую поверхность. Для лучшего разглажива-

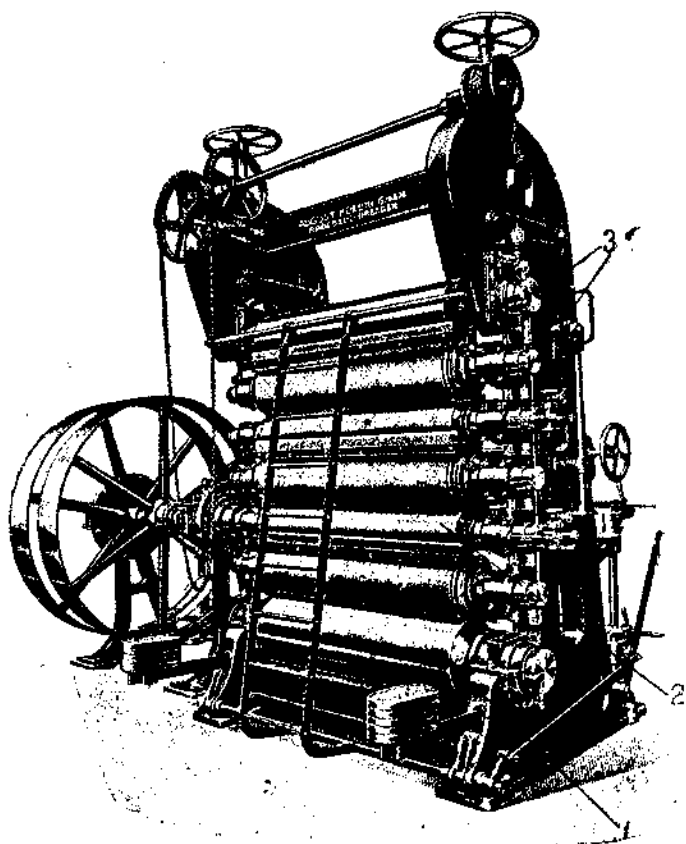


Рис. 67. Каландр: 1—бумажный вал 2—металлические валы, 3—регулятор давления валов

ния бумаги, некоторые металлические полированные валы иногда подогреваются.

После каландрирования бумага наматывается в рулоны. Баритирование бумаги производится обыкновенно в специальных цехах бумажных фабрик. Отсюда баритированная бумага в виде рулонов поступает на фотобумажные фабрики.

Техника приготовления ходовых сортов светочувствительных

эмульсий (для бумаги с проявлением и аристотипных) на фотобумажных фабриках по существу не отличается от того, что мы имеем на фотопластиночных фабриках. Особенностью фотобумажных фабрик по сравнению с фотопластиночными является полив светочувствительной эмульсии на бумагу и сушка политой бумаги.

Машина для полива желатиновых эмульсий на бумагу в общих чертах имеет следующее устройство (рис. 68).

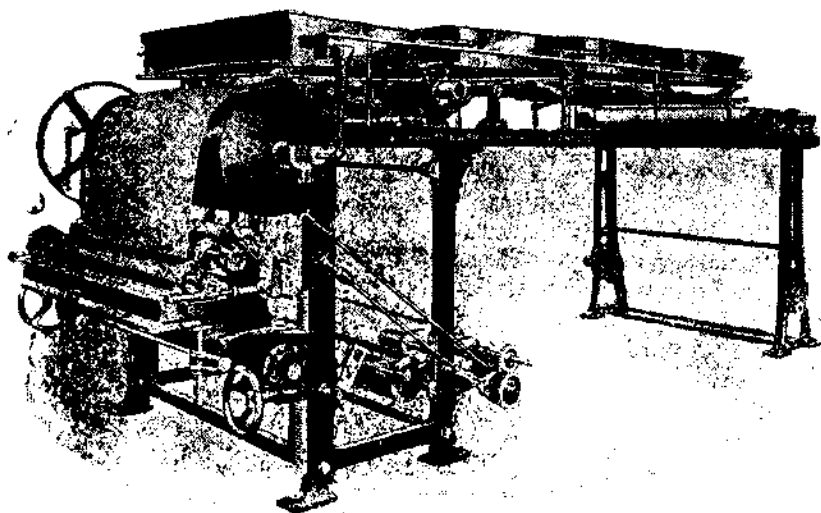


Рис. 68. Поливная машина для фотобумаги

Эмульсия, находящаяся в корыте, обогреваемом горячей водой, передается на бумажную ленту при помощи валика: валик нижней своей частью погружен в эмульсию, а верхней касается проходящей мимо него бумаги. Пройдя поливное приспособление, бумажная лента поднимается вверх и огибает полый внутри барабан большого диаметра. Барабан, по которому проходит политая бумага, изнутри охлаждается, и поэтому эмульсия во время нахождения бумаги на барабане студенеет. Для лучшего охлаждения, вслед за барабаном бумага проходит под рядом ящиков с охлаждающей смесью и подается на точно такой же подвесной аппарат, как и у баритажной машины, где и высушивается уже описанным способом.

Машины для изготовления целлоидинных бумаг, эмульсия которых состоит из коллодия с хлористым серебром, отличаются тем, что не имеют холодного барабана и охлаждающих ящиков, а политая бумага перед тем как попасть на подвесной аппарат проходит через закрытый канал длиной 3,5—4,5 м, в котором подсушивается горячим воздухом, уносящим с собой главную массу растворителей коллодия — спирта и эфира.

Высушенная и смотанная в рулоны бумага передается на резальные машины, которые автоматически режут бумагу вдоль и поперек на нужные форматы, после чего она контролируется, складывается попарно слой к слою и упаковывается.

Различают три основных типа фотобумаг: бромосеребряные бумаги, хлоросеребряные бумаги и хлоробромосеребряные.

Светочувствительным веществом бромосеребряных бумаг, как показывает их название, является бромистое серебро, и эмульсия их по своим свойствам почти ничем не отличается от эмульсии диапозитивных пластинок. Бромистые бумаги при печати дают скрытое изображение, требующее последующего проявления.

Хлоросеребряные бумаги предназначены для получения при печати видимого изображения, не требующего проявления. Они значительно менее чувствительны, чем бромистые, и при печати на солнечном свете требуют экспозиций, выражающихся в минутах. При искусственном освещении печать на этих бумагах невозможна. В зависимости от вещества, являющегося носителем галоидного серебра, хлоросеребряные бумаги разделяются на аристотипные, если этим веществом является желатина, целлоидинные, где галоидное серебро взвешено в коллодии, и альбуминные, где носителем серебра служит белок. Хлоросеребряные бумаги называют также дневными.

Хлоробромосеребряные бумаги, называемые также «газлайт», занимают среднее место между двумя предыдущими типами. Они так же как и бромистые дают скрытое изображение, требующее проявления, но чувствительность их так низка, что допускает обработку без темной комнаты, при слабом ламповом или вечернем свете. Печать может происходить при искусственном свете, причем экспозиции в среднем продолжаются около минуты на расстоянии 1 м от лампочки в 50 свечей.

Хлоробромосеребряные бумаги являются наиболее контрастными из всех фотобумаг.

В СССР производством фотобумаг занимаются Фотокинохимический трест, Ленинградская фабрика которого «Возрождение» является крупнейшей в Европе фабрикой фотобумаги. Кроме того, фотобумага изготавливается на Киевской фабрике ФОКХТа №7, ф-кой ЭФТЭ и некоторыми мелкими фабриками промкооперации. Фотобумага, изготавливаемая фабриками ФОКХТа, обладает свойствами, приведенными в таблице 9.

Виды брака фотографической бумаги

1. Бумага сильно размокает и ползет. Резко выражена структура бумаги. В обоих случаях вина поставщика бумаги-подложки.

2. Эмульсионный слой пузырится. Причиной этого является плохое качество баритового подслоя.

Таблица 9

Фотографические свойства фотобумаги, изготовляемой ФОКХтом

Наименование сорта	Светочув- ствитель- ность ¹	Предельный контраст		Плотность при 2-мин. проявлении	В у а л ь
		Для глянцевой бумаги	Для матовой и полумат- товой		
Бромосере- бряные фотобумаги			от—до		
1. Нормальная . . .	от 0,09	1,3 —1,75	1,0—1,4	Матовые бумаги не ниже 1,0	Не выше 0,05 для 2-мин. проявления
2. Контрастная . . .	" 0,036	1,75—2,5	1,4		
3. Особо-контраст- ная	" 0,014	2,5 и выше	—		
4. Бархатистая . . .	" 0,09	1,0 —1,40	—	Полуматов. бумаги не ниже 1,35	
5. Портретная . . .	" 0,13		0,9—1,2		
6. Портретная "Шамуа"	" 0,13		0,9—1,3		
7. Контрастная бы- страя	" 0,09	1,75—2		Глянцевые бумаги не ниже 1,5	
8. Газлайт № 1 . . .	" 0,001	5			
" № 2	" "	4			
" № 3	" "	3			
Хлоробромистая . .	0,0021	1,2—1,5	1,0—1,4		
Аристотипная . . .					
Технические бумаги					
1. Фотостатная . .	0,16	1,5 и выше			Не выше 0,1 для 2 мин. проявления
2. Осциллографная	1,0	1 и выше			
3. Электрокардиогр.	0,5	"			

3. Проявленное изображение имеет белые или черные точки. Причиной белых точек является наличие бронзовых вкраплений в бумагу. Медь является десенсибилизатором, поэтому около бронзовой точки изображения не получается. Если в бумаге находятся железные вкрапления, то они восстанавливают галогенное серебро до металлического, дающего черные точки.

Само собой понятно, что все те виды точек, которые были упомянуты при описании эмульсии, могут встречаться и в бумажных эмульсиях. Особенно часто в бумагах встречаются белые пятна жирового происхождения.

¹ Светочувствительность определяется обратной величиной экспозиции в секундо-метро-свечах, вызывающих на бумаге порог почернения при времени проявления в 2 мин.

4. Белые точки с резко очерченными краями — пузырьки воздуха.

5. Полутени имеют неравномерное почернение — рябь. Причина — неравномерность задубливания баритового слоя.

6. Бумага не дает черных изображений. Дефект получается от того, что эмульсионный слой содержит малое количество галлоидного серебра. Недостаток серебра может быть следствием недостаточной толщины эмульсионного слоя или применения эмульсии, бедной серебром.

7. Царапины, заломы, неправильная резка. Наличие этих дефектов объясняется неаккуратной работой поливного и резального отделений, а также плохой браковкой.

8. Тонкие черные полосы на проявленной бумаге, идущие параллельно в одном направлении, так называемая «фрикционная вуаль», образуемая вследствие трения сухого эмульсионного слоя о валики сматывающей и резальной машин.

9. Неодинаковая по фотографическим свойствам бумага за одним номером. Обычно листы чередуются — лист одного качества, лист другого качества. Этот дефект объясняется тем, что режутся одновременно два рулона бумаги; при плохом подборе последних будет наблюдаться разница в фотографических свойствах.

10. На проявленном изображении видна структура бумаги. Причина — тонкий слой эмульсии.

11. Бумага сильно скручивается. Происходит это вследствие пересушки и недостаточного увлажнения, а также вследствие плохого качества подложки.

Изготовление кинофотопленки

В производстве кинопленки, как и в производстве фотобумаги, различаются также две основных стадии: производство основы, или так называемой «подложки» пленки, и производство светочувствительной пленки путем нанесения на основу светочувствительной эмульсии.

Основа для пленки изготавливается большей частью из целлулоида.

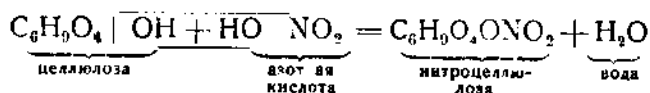
Целлулоид, изобретенный в 1869 г. в Америке братьями Хиаат вначале как материал для изготовления бильярдных шаров, был впервые применен для производства фотопленки лишь двадцать лет спустя фирмой «Истмен-Кодак».

Основным сырьем для изготовления целлулоида служит хлопок, представляющий собой почти чистую натуральную целлюлозу, которая легко может быть очищена от всех загрязнений. Хлопок, поступающий на производство спрессованным в большие тюки, прежде всего подвергается при помощи особых машин механической очистке от пыли, минеральных составных частей и т. п., причем одновременно происходит разрыхление спрессованных волокон.

Далее следует химическое обезжиривание хлопка путем варки его в обогреваемых паром котлах в слабых растворах щелочей при давлении в 2—3 атмосферы. После обезжиривания следует основательная промывка водой и затем отбелка хлорной известью или хлорватистонатриевой солью в особых машинах называемых голландерами. При этом волокна хлопка несколько размельчаются. Для разложения остатков хлорной извести масса слегка подкисляется, после чего вновь следует основательная промывка. Излишек воды отжимается в центрофугах, представляющих собой котлы, в которых со скоростью до 3—4 тыс. оборотов в минуту вращается вокруг своей вертикальной оси сетчатый барабан с находящейся в нем массой. Вода, содержащаяся в массе, отбрасывается под влиянием центробежной силы к стенкам котла, и масса таким образом, осушается, после чего окончательно высушивается в вакуум-сушилках до содержания влажности не свыше 1—2%.

Очищенная таким образом целлюлоза подвергается нитрованию — операции, имеющей самое важное значение в процессе изготовления целлюлоида и состоящей в том, что целлюлоза обрабатывается смесью азотной и серной кислот.

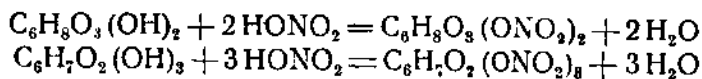
При этом происходит, например, следующая химическая реакция:



Азотная кислота реагирует с целлюлозой, образуя сложный азотнокислый эфир целлюлозы, который и называется обычно нитроцеллюлозой.

Серная кислота в данном случае вводится для связывания образующейся при реакции воды, но надо иметь в виду, что наряду с этим серная кислота оказывает и некоторые иные более сложные влияния, которые, однако, имеют второстепенное значение по сравнению с основной реакцией нитрования.

Полученный эфир называется моонитратом, так как в нем только один гидроксил целлюлозы (OH) замещен остатком (ONO₂). Но известны эфиры целлюлозы, содержащие несколько таких остатков. Есть основание считать, что в самой целлюлозе имеется по крайней мере три гидроксила; поэтому можно ожидать образования при нитровании также ди- и тринитратов.



Однако, в действительности невозможно провести нитрование целлюлозы таким образом, чтобы получились эти индивидуальные эфиры. Всегда образуются одновременно различные эфиры: если получают тринитрат, то вместе с ним образуется моно- и динитрат.

Поэтому, продукты нитрования целлюлозы характеризуются обыкновенно процентным содержанием в них азота; ясно, что более глубокому нитрованию будет соответствовать большее содержание азота в нитроцеллюлозе и наоборот.

Продукт нитрования целлюлозы с содержанием азота от 11,3 до 12,5% носит в технике название коллоксилина; если же в нитроцеллюлозе азота содержится более 12,5%, то она называется пироксилином.

Внешне эти нитраты целлюлозы не отличаются от исходной целлюлозы: в них сохраняется и волокнистое строение целлюлозы, и почти неизменным остается ее белый цвет.

Однако, оба эти продукта очень сильно отличаются друг от друга по своим свойствам. В то время как коллоксилин легко растворяется в смеси спирта с эфиром (такой раствор называется коллодием), пироксилин этим свойством не обладает. Пироксилин представляет собой сильно взрывчатое вещество и, как таковое, применяется и непосредственно, и как материал для изготовления бездымных порохов.

Для изготовления целлулоида применяется исключительно коллоксилин.

Благодаря легкой воспламеняемости и горючести нитроцеллюлозы и в частности взрывчатости пироксилина, процесс нитрации является очень опасным и производится с принятием всех мер предосторожности на специально оборудованных заводах взрывчатых веществ. Обычно фабрики киноплёнки сами коллоксилина не изготавливают, предпочитая получать его готовым с соответствующих заводов.

На фабрике киноплёнки полученный коллоксилин прежде всего растворяется в смеси спирта с эфиром. Но непосредственно из раствора коллоксилина или коллодия получить пластичную массу не удастся. Отлитая из коллодия плёнка по испарении растворителей оказывается ломкой и хрупкой, совершенно непригодной для изготовления фото- и киноплёнок. Для того чтобы сообщить коллоксилину пластичность и гибкость, к раствору его добавляются пластификаторы, сообщающие массе пластические свойства.

Наилучшим, непревзойденным до сих пор пластификатором для нитроцеллюлозы является камфара. Композиция из нитроцеллюлозы и 20—26% камфары и известна под названием целлулоида.

Растворение коллоксилина и добавление к нему камфары (также в спиртовом растворе) происходит в особых аппаратах — машинах, представляющих собой большие вертикально или горизонтально поставленные цилиндры, в которых масса все время перемещивается особыми мешалками и обогревается паром. После добавления различных веществ, имеющих целью улучшить механические свойства целлулоида, — сообщить ему гибкость, уменьшить способность его электризоваться и т. д., — однородная тягучая масса тщательно фильтруется под давлением через матерчатые фильтры и отстаивается несколько дней для уда-

ления пузырьков воздуха, после чего поступает на машину для изготовления из нее пленки.

Несмотря на всю свою пригодность для изготовления кинопленки, целлулоид обладает также и крупнейшим недостатком. Недостатком его является крайне легкая воспламеняемость и очень быстрое горение, принимающее форму взрыва, если пленка находится в замкнутом пространстве, например в коробке. Для воспламенения пленки в проекционном аппарате достаточно если она остановится в рамке на 3—4 сек.

Горящий целлулоид очень трудно поддается тушению. Он способен гореть и без доступа воздуха, вода и большинство огнетушителей его не могут потушить, и единственным средством для этого является песок и специальные сухие огнетушители, действующие порошком.

Эти обстоятельства заставили уже давно предпринять поиски какого-либо вещества, способного заменить целлулоид при изготовлении кинопленки. В свое время с этой целью предлагалось много различных веществ, вплоть до металла; в последнем случае изображения на тонких металлических лентах должны были проектироваться, разумеется, в отраженном свете.

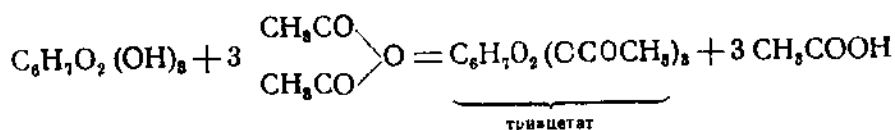
Из всех этих веществ наибольшее распространение получила ацетил-целлюлоза, из которой в настоящее время за границей изготавливается вся пленка, предназначенная для школьного и домашнего кино, а у нас вся узкая 16 мм пленка.

Ацетил-целлюлозная, или иначе ацетатная пленка, в отличие от целлюлозной, загорается с трудом, давая бледное коптящее пламя, похожее на пламя горячей резины, и легко тушится.

Вследствие этого ацетатную пленку по сравнению с целлулоидной иногда называют «негорючей»; легко видеть, что это название следует понимать лишь условно.

По своему химическому составу ацетил-целлюлоза представляет собой уксусно-кислый эфир целлюлозы и получается обработкой очищенной целлюлозы смесью уксусного ангидрида с ледяной уксусной кислотой при небольшой примеси серной кислоты или хлористого цинка; последние примеси сильно ускоряют реакцию ацетилирования целлюлозы. Реакция сопровождается сильным выделением тепла и поэтому реагирующая смесь охлаждается льдом.

В отличие от реакции нитрования целлюлозы, когда в результате реакции получаются смеси различных нитроэфиров (моно-, ди- и тринитраты), ацетилирование целлюлозы приводит обыкновенно к триацетату.



Но такой продукт является химически неудобным в силу своего отношения к растворителям: он растворим в хлороформе и не

растворим в более удобных и употребительных растворителях, например, ацетоне. Поэтому, полученный триацетат подвергают диацетилированию (для чего существуют особые методы) с целью получения диацетата. Этот последний хорошо растворим в ацетоне.

Реакция образования триацетата продолжается несколько часов и в результате получается прозрачная желатинообразная масса, хорошо растворимая в некоторых органических растворителях, но нерастворимая в воде. Этим ее свойством и пользуются для получения ацетилцеллюлозы в чистом виде: если массу, получившуюся после реакции ацетилирования, внести в бак с водой, то ацетилцеллюлоза выпадает в виде осадка, который собирается, промывается и, после отжима воды центрифугированием, сушится в вакууме подобно коллоксилину.

Подобно нитроцеллюлозе, ацетилцеллюлоза также не может в чистом виде дать достаточно прочную пленку и нуждается в пластификаторах, наиболее подходящими из которых являются камфара и в особенности трифенилфосфат.

После растворения ацетилцеллюлозы в ацетоне и прибавления пластификаторов получившаяся густая жидкость фильтруется под давлением и для изготовления из нее пленки поступает на машины, имеющие то же самое устройство, что и машины, служащие для изготовления пленки из целлулоида.

Первоначально для изготовления пленки применялись толстые зеркальные стекла, установленные в строго горизонтальном положении одно около другого, образуя стол длиной до 50 м. Вдоль этого стола над стеклами двигался сосуд с раствором целлулоида, через щель в котором раствор вытекал на стекла, покрывая их при движении сосуда тонким ровным слоем. Этот способ был вскоре оставлен, так как, во-первых, на целлулоиде оставались следы от стыков стекол, а, во-вторых, потребитель требовал пленки большей длины.

Фабрика «Истмен-Кодак» поэтому быстро перешла к изготовлению пленки на барабанах (триммелях).

Работа на этих машинах происходила таким образом, что обогреваемый барабан медленно вращался вокруг своей оси со скоростью 1—2 оборота в час, в то время как раствор целлулоида вытекал на него через щель в сосуде, расположенном над барабаном во всю ширину последнего.

Барабан заключен в кожух, через который непрерывно просасывается теплый сухой воздух, чем достигается быстрое испарение растворителей. После одного оборота барабана слой целлулоида уже настолько подсыхает, что становится возможным снять его с барабана и направить по ряду валов для дальнейшей просушки. Недостатком этих машин являлось то обстоятельство, что габарит барабанов (диаметр барабана равен 5,35 м) сильно затруднял их изготовление и транспортировку по железным дорогам. Поэтому, в скором времени барабаны были заменены кольцевыми машинами, собранными из отдельных сегментов, что по-

зволяло еще больше увеличить диаметр кольца, а тем самым и производительность машины.

Такая конструкция имела также крупный недостаток — наличие швов между отдельными сегментами, и поэтому техника производства пленки получила свое дальнейшее усовершенствование в ленточной машине, выпущенной немецкой фирмой Ке-биг и получившей всеобщее распространение.



Рис. 69. Схема ленточной машины для изготовления пленки (основы).

Машина эта состоит из тонкой бесконечной медной ленты (рис. 69) шириной в 74 см и длиной в 14 м, надетой на два барабана диаметром в 1 м, один из которых имеет движение для регулировки натяжения ленты, а другой вращается от мотора и приводит в движение всю машину. Над одним из барабанов расположено поливное приспособление (фильера), устройство которого понятно из рис. 70.

Медная лента заключена в кожух, через который просасывается теплый воздух; пройдя через него, пленка совершенно высыхает и в готовом виде наматывается в рулон, расположенный под поливочным приспособлением (рис. 71).

Хотя ленточные машины не имеют ничего общего с машинами барабанного типа, они все же в фабричной практике сохранили старое неправильное название и известны под именем троммелей. Производительность одной машины в час от 20 до 100 м целлулоидной ленты шириной в 70 см.

Для получения зеркально-гладкой поверхности пленки медная лента покрывается перед работой особым специально приготовленным слоем, носящим название «преперацион», на который, собственно, и производится полив. Слой этот во время работы постепенно приходит в негодность и поэтому периодически (через каждые 1—3 месяца) возобновляется.

При изготовлении пленки расходуется очень большое количество ценных растворителей — спирта и эфира, которые к тому же для получения достаточно прочной пленки должны быть по возможности безводными. Так как пленка во время сушки проходит по закрытым каналам, является полная возможность улавливания этих растворителей и использования их вновь, тем более, что выпуск их в атмосферу помимо прямого убытка влечет за собой большую пожарную опасность.

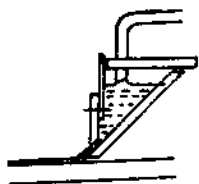


Рис. 70. Схема поливного приспособления (фильеры) ленточной машины

Обратное получение растворителей производится в рекуперационных установках, в которых или используются свойства некоторых веществ (чаще всего крезоло) поглощать эти растворители или же конденсация растворителей производится методом охлаждения воздуха, содержащего их пары. Хорошо работающая рекуперационная установка позволяет получить обратно до 90% растворителей.

Изготовленная таким образом основа пленки подвергается далее с поверхности специальной обработке, имеющей целью обеспечить плотное соединение эмульсионного слоя с основой. Эта подготовка поверхности основы производится двумя методами. По одному способу поверхность целлулоидной пленки обрабатывается растворами едких щелочей (омывается). Щелочи деитрируют нитроцеллюлозу с поверхности, вследствие чего она становится менее водостойчивой, слегка набухает в воде и лучше сцепляется с эмульсией.

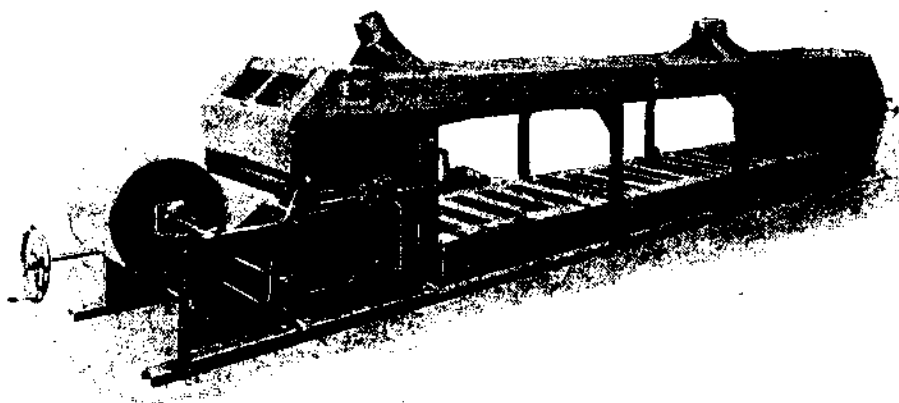


Рис. 71. Ленточная машина для изготовления пленки (основы)

По другому способу на целлулоидную или ацетатную пленку наносится подслои, состоящий из раствора желатины в уксусной кислоте с примесью ацетона и спирта. В данном случае поверхность пленки также слегка набухает и кроме того желатина обеспечивает сцепление с ней желатинной эмульсии. Надо заметить, что подслои этого вида имеет тот недостаток, что, обладая кислой реакцией, вредно действует на эмульсию, снижая ее светочувствительность и уменьшает способность готовой пленки к сохранности.

Подслои наносится на пленку с помощью машин, изображенных на рис. 72. Политая подслоем пленка проходит через кольцеобразный канал, длиной около 10 м, где высушивается, сматывается по выходе из него в рулон и переносится на машины для полива эмульсией.

Одновременно с нанесением на одну сторону пленки подслоя производится покрытие другой стороны пленки особым лаком для того, чтобы получить более ровную поверхность. Если требуется изготовить пленку на окрашенной подложке, то к лаку добавляются спиртовые растворы красителей соответствующих цветов.

Машины, служащие для полива пленки эмульсией (рис. 73), в общем похожи на те, какие употребляются для нанесения эмульсии на бумагу, но по сравнению с последними имеют некоторые конструктивные особенности в силу того обстоятельства, что пленка, в противоположность бумаге, склонна сильно коробиться и скручиваться при прохождении через машину. Так как следствием этого могут быть неравномерности в толщине эмульсионного слоя, необходимо пленку во время полива очень сильно натягивать и принимать все меры к возможно более быстрому застуденению эмульсии.

Сушка политой пленки производится на подвесных аппаратах, по своему устройству ничем не отличающихся от применяемых в бумажном производстве.

Политая и высушенная пленка разрезается вдоль на узкие полосы соответственно принятым стандартам с помощью прецизионных резальных машин, работающих круглыми ножами (рис. 74), причем из одного полотнища пленки получается 19 полос кинопленки нормальной ширины (35 мм), или соответствующее количество полос фотопленки разных размеров. После тщательного контроля разрезанная пленка поступает на перфорационные машины, перфорируется и упаковывается кусками различной длины в металлические коробки, которые тщательно заклеиваются прорезиненной лентой для достижения полной герметичности.

Хранение кинофотопленки должно производиться в прохладном сухом месте. Высокая температура при хранении вызывает частичное испарение оставшихся в целлулоиде растворителей и пластификаторов и делает пленку ломкой, а хранение в условиях

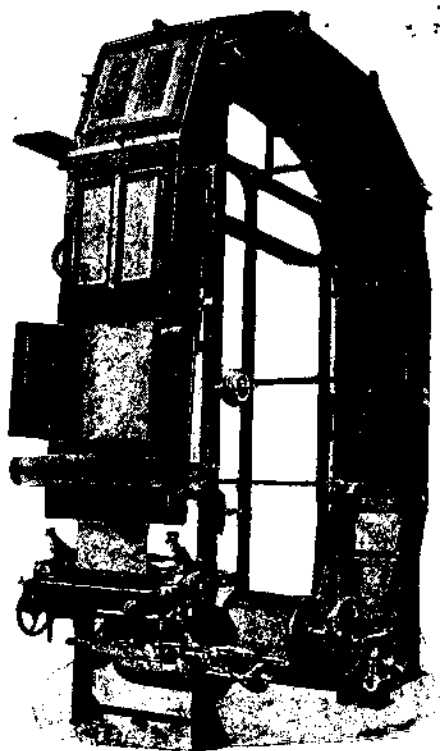


Рис. 72. Машина для нанесения подслоя на пленку

повышенной влажности влечет за собой склеивание отдельных витков ролика между собой и вуалирование эмульсии.

В настоящее время существуют несколько общепринятых стандартов для размеров кинопленки. Главнейшие из них: магна, нормальная, узкая 16 мм и, наконец, Пате-бэби. Размеры их даны в натуральную величину на рис. 75.

Пленка магна является наиболее широкой из всех существующих и употребляется некоторыми кинопредприятиями Америки

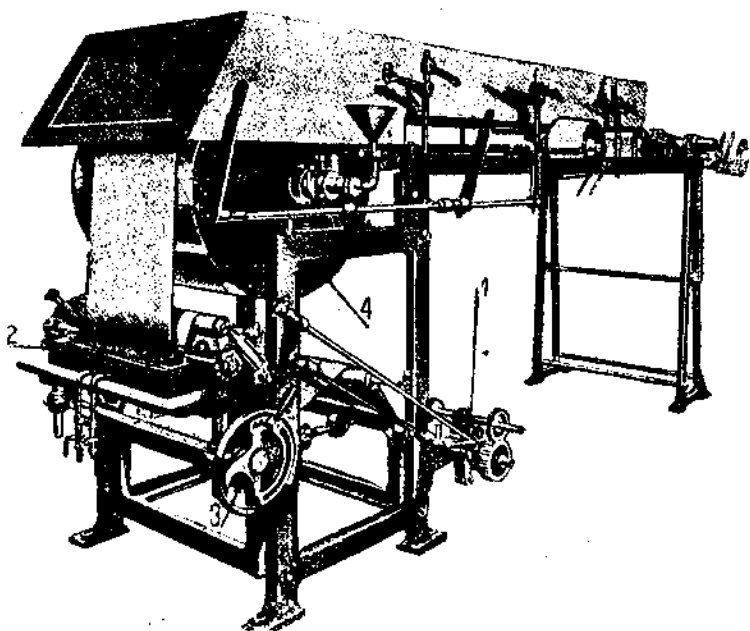


Рис. 73. Эмульсионно-поливная машина для пленки (фирмы Кибби): 1—разматывающая ось, 2—ванночка для эмульсий, 3—механизм для опускания и поднимания ванночки, 4—барабан с холодной водой для студения эмульсии, сверху—холодильный кожух

для получения кадра с очень большой длиной по сравнению с шириной (для супер-экрана). Пленка нормальная, имеющая ширину 35 мм и размеры кадра 18×24 мм, является общепринятым стандартом для всего мира. Пленка 16 мм находит себе широкое применение за границей для школьной и любительской кинематографии, изготавливается в СССР для школьно-учебного фильма и имеет большие перспективы для дальнейшего распространения у нас в Союзе. Наконец, пленка Пате-бэби является за границей излюбленным размером для «детского кино». Оба последних размера изготавливаются исключительно из негорючей (ацетатной) пленки.

Фотопленка выпускается тех же размеров, что и фотопластинки, однако же не больше чем 13×18 см. Фотопленки больших размеров обычно не применяются, так как не могут быть доста-

точно ровно натянуты в кассетах. Исключение составляют рентгенопленки, для которых это обстоятельство не имеет значения.

Готовая кинопленка подвергается ряду испытаний, имеющих целью установить ее физические и фотографические свойства.

Прежде всего определяется ее прочность при сопротивлении разрыву. Это испытание производится с помощью прибора Шопера (рис. 76) построенного на принципе общеизвестных весов для писем. Отрезок пленки, зажатый в аппарате, тянется за один

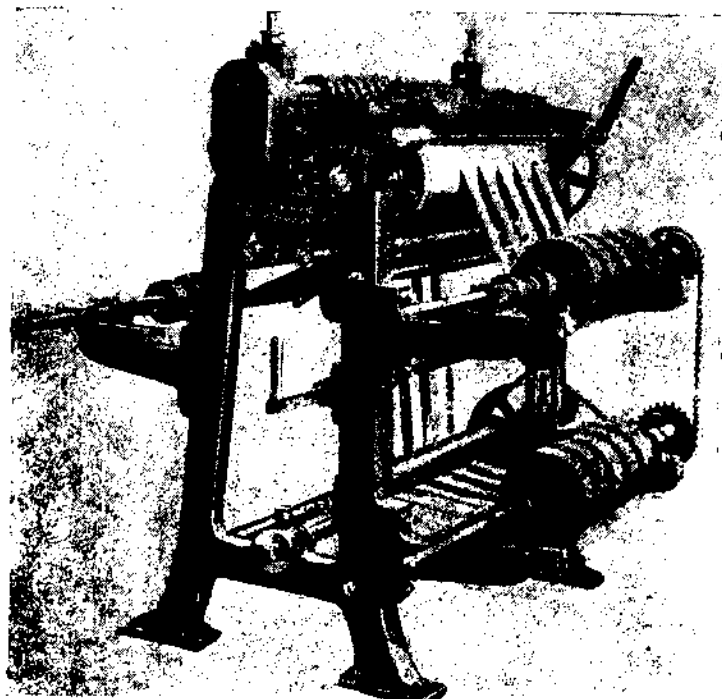


Рис. 74. Резальная машина для пленки

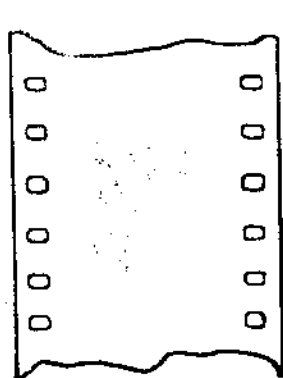
конец с помощью все увеличивающегося груза до момента разрыва, причем особое приспособление регистрирует в это время то удлинение, которое испытывает пленка. По полученным данным строятся кривые упругости и по ним судят о механических свойствах пленки.

На рис. 77 представлены эти кривые для целлулоидной и ацетатной пленок. Из них видно, что вначале с увеличением нагрузки удлинение возрастает медленно и равномерно, это область упругих деформаций, в пределах которой пленка, освобожденная от нагрузки, вновь принимает прежнюю длину. Однако, после некоторой предельной (различной для каждого материала) нагрузки кривая резко поднимается вверх, что указывает на быстрое возрастание удлинений с увеличением нагрузки, и, наконец, при некотором определенном грузе пленка рвется. Вто-

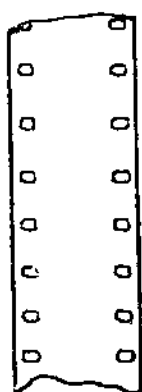
рая часть кривой представляет собой область остаточных деформаций; пленка, подвергнутая такому растяжению (вплоть до получения остаточной деформации), уже не сокращается до прежней длины с прекращением нагрузки.

Чем больше область упругих и чем меньше область остаточных деформаций, тем лучше материал.

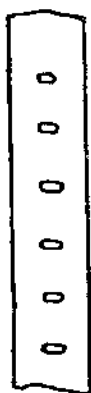
Как видно из рис. 77, ацетатная пленка оказывается значительно менее прочной, чем целлулоидная.



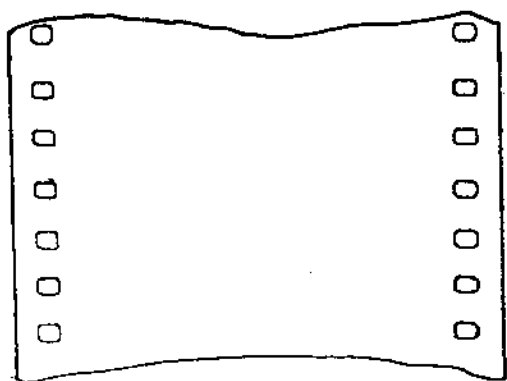
Нормальная 35мм



Узкая 16мм



Патебэби 9,5мм



Магма 70 мм

Рис. 75. Стандарты пленок (в натуральную величину)

Затем производится испытание пленки на сопротивление излому, т. е. определяется число изгибов пленки на одном и том же месте до полного разрыва ее. Это испытание также производится с помощью особого прибора — фальцера Шоппера.

Далее пленка подвергается испытанию на прочность перфорации; оно заключается в том, что кусок пленки, в два метра

д-тиной, склеивается кольцом и пропускается через проекционный аппарат до тех пор, пока износ перфорации не приостановит этот процесс. Хорошая целлулоидная пленка должна выдержать до 2000 проходов через аппарат. Ацетатная пленка изнашивается при этом, примерно, в три раза быстрее.

Особо определяется также усадка пленки после обработки ее проявляющими и другими растворами; усадка не должна быть более 1,5%, так как на эту величину делается поправка при перфорировании. При большей усадке перфорация пленки будет сильно страдать во время проекции.

Наконец, пленка испытывается на воспламеняемость, для чего кусок пленки закладывается в проекционный аппарат и наблюдается время, через которое пленка вспыхнет после начала освещения ее лампой аппарата.

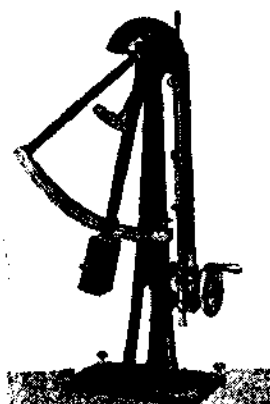


Рис. 76. Прибор Шоппера для определения прочности пленки на разрыв

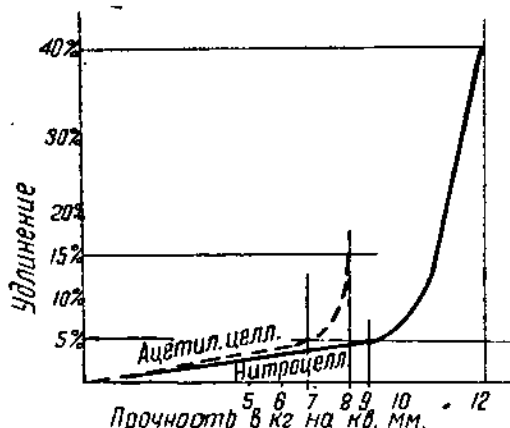


Рис. 77. Кривые растяжения целлулоидной и ацетатной пленок

И в заключение производится испытание фотографических свойств эмульсии (на наших фабриках по системе Хертера и Дриффилда).

В СССР кино- и фотопленка изготавливаются на фабриках Фотокинохимического треста (ФОКХТ), которые в настоящее время вполне освоили производство и выпускают широкий ассортимент сортов негативной и позитивной пленки, достаточный для того, чтобы обслужить все возможные случаи съемки.

Кроме обычной целлулоидной пленки выпускается также негорючая ацетилцеллюлозная пленка.

Выпущена также на рынок роликовая пленка для пленочных фотоаппаратов и подготовляются к выпуску фильмаки.

Полная характеристика свойств и особенностей всех сортов советской кинопленки и все вопросы, связанные с применением их для различных случаев съемки, рассмотрены в главе IV.

Виды брака киноплёнки

Все виды брака киноплёнки можно свести к следующим группам: брак целлулоидной основы, брак эмульсионный, брак вследствие неаккуратной обработки.

1. Мутная, а также более или менее окрашенная в желтый цвет основа. Причиной является низкое качество коллоксилина или неправильная обработка. Обычно плёнка имеет эти недостатки в приемлемых границах.

2. Царапины и грязь на основе — неаккуратная обработка плёнки.

3. Волнистость (гофренность) плёнки, отражающаяся на равномерности полива эмульсией, происходит от изношенности или от недостаточного натяжения медной ленты трюмеля, чаще от недостаточной досушки основы, а также вытягивания при досушке. Причиной гофренности может быть и неправильная намотка на катушку.

4. Эмульсионный брак — всякого рода вуали, точки и пр. были описаны при перечислении видов брака эмульсии (см. стр. 82).

5. Вуаль вследствие электрических разрядов. Специфический брак плёнки, происходящий вследствие того, что сильно высушенная основа электризуется, получается разряд в виде искры, которая оставляет отпечаток на эмульсии. Обычно разряды оставляют след в виде ветвистых черных изломанных линий, напоминающих фотографии молнии. Фабрики борются с этим явлением путем увлажнения помещения, где обрабатывается плёнка, а также покрытием обратной стороны плёнки соответствующим лаком.

6. Продольные тонкие темные полосы, образующиеся после проявления — фрикционная вуаль, аналогичная фотобумажной.

7. Заломы и трещины на плёнке. Пересушенная плёнка при всякого рода обработках легко дает эти дефекты.

8. Неравномерный полив происходит от неровности подложки (см. п. 3). Кроме того, причиной может быть неправильность полива — несоответствующая вязкость эмульсии, неотрегулированность и дрожание машины и пр. При проявлении неравномерность полива скажется в том, что плотность изображения будет колебаться.

9. Царапины, захваты пальцев, масляные пятна — неаккуратная работа.

10. Отставание эмульсионного слоя происходит от неправильно проведенного процесса подслаивания плёнки. Прочность эмульсионного слоя на непроявленной плёнке можно определить, делая косой разрыв, при котором получается заусеница вследствие отставания эмульсии; заусеница не должна быть очень велика.

11. Заусеницы и кривая резка. Причиной этого является плохая заправка резальной машины в тупые ножи.

12. Сбитая перфорация, неправильный шаг перфорации, заусеницы. Расстояние между зубьями барабана перфорационной машины равняется 4,75 мм. Ошибка может быть не более 1 мм для позитива и 2 мм для негатива на 100 отверстий, т. е. на 475 мм. Дефекты объясняются плохой заправкой перфоратора, и заусеницы—тупым пуансоном.

Сохраняемость светочувствительных материалов

Светочувствительные материалы по сравнению с другими фото-материалами отличаются тем, что их свойства со временем меняются. Свойства их с большей или меньшей скоростью изменяются вследствие происходящих весьма сложных физико-химических превращений. Последние приводят к изменению первоначальных свойств эмульсионного слоя. Эти превращения условно называются старением. Эмульсионный слой, совершенно не меняющийся со временем, изготовить невозможно, можно лишь уменьшить скорость старения и довести ее до практически приемлемых пределов. Вполне допустимо, если светочувствительный слой меняет свои свойства в течение года на 10—15%. Несмотря на то, что при хранении меняются все фотографические свойства эмульсии, практически смотрят обычно лишь на величину вуали и, если последняя не велика и светочувствительный слой можно использовать, считают, что эмульсия сохранилась удовлетворительно.

Внешне старение может проявляться различно. Наиболее заметной стадией старения является образование вуали. Последняя более или менее равномерно распространяется по эмульсионному слою. Нарастание вуали может начаться немедленно после изготовления пленки, или через очень короткий срок при хранении, распространяясь с большей или меньшей скоростью. Иногда начало вуалеобразования замечается только через очень продолжительный период времени, но зато протекает быстро. Для пластинок очень характерна вуаль, начинающаяся с краев (краевая вуаль) и постепенно распространяющаяся внутрь. Для пленки и бумаги это нехарактерно, так как у них кромки срезаются.

В отношении светочувствительности можно наблюдать совершенно противоположные явления. Светочувствительность или возрастает до известного периода, или остается продолжительное время стабильной, или быстро начинает уменьшаться.

Изменения контраста связаны с изменением чувствительности.

Обычно слои с малой светочувствительностью сохраняются лучше, чем высокочувствительные. Панхроматические и инфрахроматические материалы сохраняются хуже ортохроматических. Гиперсенситализированные годны в течение нескольких дней или в лучшем случае десятков дней.

Однако, в последнее время вследствие соответствующего подбора желатины и применения специальных веществ, предохраняющих эмульсионный слой от старения, так называемых стаби-

лизаторов, устойчивость эмульсионных слоев значительно возросла.

Причина старения может обуславливаться следующими факторами:

- а) влиянием подложки;
- б) старением, зависящим от природы самой эмульсии;
- в) старением, зависящим от условий хранения.

Первая причина скрывается, главным образом, в основе пленки, так как стекло является совершенно нейтральной подложкой, бумага, если она хорошо баритована, заметно не влияет на эмульсионный слой, за исключением аристотипной бумаги, где наличие свободного азотнокислого серебра вызывает пожелтение плохой бумажной подложки. Влияние самой основы на эмульсию чрезвычайно сложно. Во-первых, главная составная часть основы — нитроклетчатка — может разлагаться с выделением окислов азота, иногда вызывающих пожелтение пленки. Кроме того, другие вещества, входящие в пленку, — камфара, остатки растворителей и пр. — испаряются из пленки; вследствие этого уменьшается пластичность и увеличивается хрупкость пленки. Окислы азота и другие летучие вещества могут проникать в эмульсионный слой и изменять его фотографические свойства. Согласно литературным данным влияние подложки может быть почти полностью устранено при надлежащем подборе сырья, технологического процесса, хранения и испытания основы. Другой чрезвычайно сильный факт, в гораздо большей степени влияющий на фотографические свойства эмульсий, — это подслои. По целому ряду соображений в настоящее время применяют для пленки подслои, содержащий уксусную или салициловую кислоту. И та, и другая кислота проникают в эмульсионный слой и вызывают изменение фотографических свойств последнего. Уксусная кислота влияет в большей степени, салициловая — в меньшей. Чтобы парализовать действие подслоя, наносят промежуточный эмульсионный слой или вводят некоторые вещества в эмульсию, нейтрализующие кислоты.

Старение, зависящее от природы самой эмульсии, имеет чрезвычайно сложный комплекс причин. Прежде всего чрезвычайно важную роль играет качество желатины. Если последняя содержала большое количество восстановителей, то сохранность эмульсии будет невелика даже при условии получения с самого начала безукоризненной в смысле вуали эмульсии.

Очень большое значение имеет технологический процесс получения эмульсий. Если режим был чрезвычайно жестким и эмульсионные зерна достигли предельного созревания, то сохранность такой эмульсии будет невелика. Наоборот, чем дальше отстоит эмульсия от предела созревания, тем дольше ее сохраняемость; при хранении чувствительность может увеличиваться. Кроме того, весьма существенное значение имеют некоторые добавки, называемые стабилизаторами, прибавляемые в эмульсию с целью увеличения сохраняемости. Целый ряд других технологических моментов мы опускаем; укажем лишь, что состояние эмульсион-

ных зерен перед поступлением эмульсии на склад имеет весьма существенное значение.

Условия хранения и применения светочувствительных материалов являются также важным фактором, влияющим на качество продукции. Температура складочного помещения не должна быть высокой, так как будет происходить усиленное старение. Низкая температура хранения может вызвать отсыревание вследствие оседания росы. Поэтому помещение, где хранятся светочувствительные материалы, должно быть прохладно — температура в пределах 12—20°. Вполне понятно, что влажность должна быть умеренная и соответствовать влажности обычного жилого помещения, т. е. около 65%.

Вредные газы (окись углерода, сероводород, сернистый газ), а также пахучие вещества не должны проникать в помещение.

Сосновые полки, ящики и другая тара должны быть сделаны из выдержанного дерева, так как смолы являются восстановителями.

Внешние влияния на эмульсию значительно усиливаются в том случае, если упаковка не вполне хорошая. Прежде всего упаковочный материал, например, бумага, может содержать вредные для эмульсии вещества. Кроме того, при недостаточно герметической упаковке облегчается соприкосновение эмульсии с вредными газами.

Таким образом, для получения хорошо сохраняющегося светочувствительного материала необходимо иметь:

- а) подложку, не действующую на эмульсию;
- б) надлежащим путем и из соответствующей желатины полученную эмульсию;
- в) высококачественную тару и хорошую упаковку;
- г) хорошие условия хранения.

Проверочные вопросы

1. Какова роль желатины в светочувствительных эмульсиях?
2. Укажите основные моменты в процессе изготовления галогенно-серебряно-желатиновых эмульсий.
3. Для чего и как производится промывка эмульсий?
4. Всегда ли производство светочувствительных эмульсий по одному и тому же рецепту приводит к эмульсиям одинаковых свойств?
5. Почему обыкновенная эмульсия не в состоянии точно передать соотношение цветов снимаемого объекта?
6. Почему ортохроматическая пластинка обладает чувствительностью к желтым лучам спектра, а диапозитивная ею не обладает?
7. В чем состоит явление сенситизации и явление десенситизации?
8. Как производится подготовка стекла к поливу на него эмульсии?
9. Как производится полив эмульсии на пластинки?
10. Какова роль воздуха в процессе изготовления пластинок и какие требования к нему предъявляются?
11. Какие существуют специальные сорта фотопластинок и в чем состоят особенности их производства?
12. Из каких материалов и как изготавливается подложка для фотобумаги?
13. Каким требованиям должен удовлетворять бумажный материал для производства фотобумаг?
14. Зачем и как баритируется бумага перед поливом на нее эмульсии?

15. Что такое нитроцеллюлоза и ацетилцеллюлоза?
16. Что такое пластификаторы и какова их роль в процессе изготовления пленки?
17. Какие растворители употребляются в процессе изготовления пленки из целлюлозы и ацетилцеллюлозы?
18. Как производится подготовка поверхности пленки к поливу на нее эмульсии?
19. Какие существуют стандартные размеры кинопленки?
20. Каким испытаниям подвергается кинопленка для определения ее механических свойств?
21. Назовите основные виды брака кинопленки?
22. Что такое старение эмульсии и отчего оно происходит?

Литература к главе II

У о л я — Фотографические эмульсии.

Неблит — Общий курс фотографии, ч. I, гл. VI, VII и VIII.

М и х а й л о в и Ш к у л и н — Химия и технология светочувствительных материалов, ч. II и III.

К о з л о в — Производство фотокиноплёнок.

М и х а й л о в — Производство фотопластинок.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ СВЕТОФИЛЬТРЫ

Теория и расчет светофильтров

Несмотря на все успехи, которые сделала за последние годы техника сенсibilизации светочувствительных эмульсий, все же их естественная цветочувствительность, т. е. чувствительность к сине-фиолетовой части спектра, продолжает оставаться слишком большой по сравнению с чувствительностью к остальным его частям, что служит причиной искаженной цветопередачи. Для того чтобы исправить цветопередачу, необходимо как-то задержать некоторые лучи, чтобы дать за время экспозиции возможность подействовать на эмульсию и другим лучам. Для этой цели употребляются светофильтры. Светофильтром вообще называется среда, обладающая избирательным поглощением света, т. е. поглощающая различные лучи спектра не в одинаковой степени. Эта среда может быть твердой, жидкой или, наконец, газообразной. Наибольшим распространением пользуются твердые светофильтры, представляющие собой желатиновые пленки, окрашенные различными красителями или заключенные между двумя защитными стеклами, или же, наконец, пластинки из окрашенного в массу стекла. Реже, главным образом, при научных работах, употребляются жидкие светофильтры, т. е. растворы красителей, налитые в стеклянные кюветы и образующие слои различной толщины, и, наконец, в исключительных случаях — окрашенные пары или газы в таких же кюветах.

Светофильтры в фотографии и кинематографии употребляются и в ряде других случаев, например, для цветных съемок, для выделения какой-либо узкой области спектра или, наоборот, для поглощения лучей какой-либо определенной длины волны.

Светофильтры, затемняющие одни области спектра в большей степени, а другие в меньшей степени и этим выравнивающие действие отдельных лучей на эмульсию, носят общее название компенсационных. К таким фильтрам принадлежат, например, обычные желтые фотографические светофильтры.

Селективными светофильтрами называются такие, которые пропускают какую-либо одну область спектра полностью, поглощая в то же время полностью остальные. К таким светофильтрам относятся фильтры, применяемые в цветной фотографии (синий, зеленый и красный), и лабораторные светофильтры для освещения темной комнаты. Наконец, светофильтры, назначение которых пропускать лучи только одной какой-либо длины волны, или, вернее, какую-либо очень узкую область спектра, принято называть монохроматическими.

Такие светофильтры, употребляются, главным образом, для научных целей, например, для выделения света, соответствующего какой-либо одной спектральной линии.

Для изготовления светофильтров служат обычно красители органического происхождения, принадлежащие к группе анилиновых. По своей химической природе они могут быть и кислотными и основными.

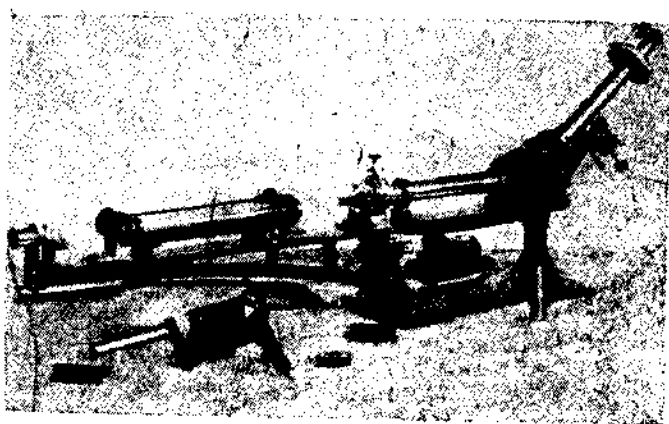


Рис 78. Спектрофотометр Кенига-Мартенса

Так как поглощение света каким-либо красителем неодинаково для волн различной длины, то, очевидно, при измерении величины этого поглощения необходимо освещать светофильтр не белым светом, как это делается при фотометрировании сенситограмм, а всеми лучами спектра поочередно. Для этого служат приборы, носящие название спектрофотометров и представляющие собой соединение спектроскопа с денситометром. Один из таких приборов показан на рис. 78. Освещая испытуемый раствор краски в кювете или готовый светофильтр с помощью этого прибора лучами с различной длиной волны и производя каждый раз фотометрирование, можно по полученным данным построить кривую, показывающую ход изменения плотности светофильтра в зависимости от длины волны (рис. 55). Такая кривая, носящая название кривой абсорбции (поглощения), служит лучшей характеристикой светофильтра или краси-

теля как в качественном, так и в количественном отношении. На рис. 79—81 даны такие кривые для некоторых красителей, наиболее употребительных при изготовлении фильтров.

Для удобства обозначения рецептов светофильтров Гюбль предложил выражать концентрацию красителей числом граммов (Н) сухого красителя, приходящихся на квадратный метр поверхности готового светофильтра. Эта величина и носит название плотности светофильтра и обозначается — K . (Не смешивать с оптической плотностью D .) Таким образом, например, рецепт «Тартрацин 3Н» означает светофильтр, в котором на каждый квадратный метр приходится три единицы Гюбля, т. е. 3 г сухого тартрацина.

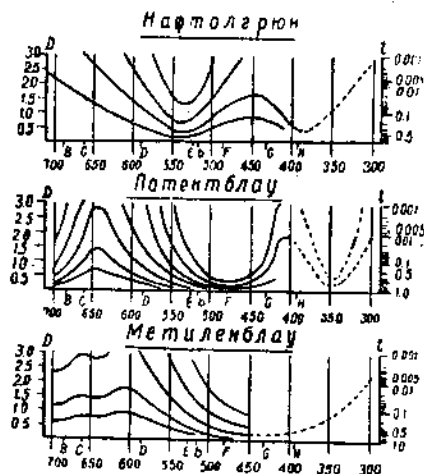


Рис. 79. Кривые поглощения различных красителей, употребляемых при изготовлении светофильтров

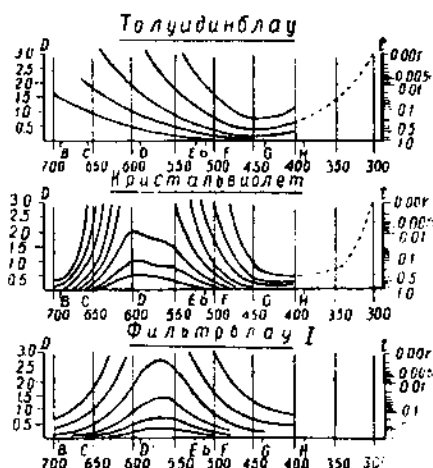


Рис. 80. Кривые поглощения различных красителей, употребляемых при изготовлении светофильтров

Кривые на рис. 79—81 даны для различных величин плотностей в единицах Гюбля.

Рассматривая, например, кривые абсорбции патентблай (рис. 79), легко видеть, что поглощение красителем света, сравнительно небольшое для красных лучей, сильно возрастает при переходе к более коротким волнам. Для волн с длиной в 650 $m\mu$ оно достигает максимума, после чего быстро падает, становясь наименьшим для волн от 450 до 500 $m\mu$, и далее опять повышается, образуя около 400 $m\mu$, второй максимум, после которого в ультрафиолетовой области краситель опять становится прозрачным для узкой полосы спектра с длиной волны около 350 $m\mu$.

Имея кривую для раствора красителя какой-либо известной концентрации, легко построить кривые для любой концентрации этого красителя. Допустим, что нижняя кривая на рис. 82 представляет собой кривую поглощения некоторого красителя для $K=2H$. Для того чтобы получить кривую поглощения этого же

красителя для $K=4H$, необходимо только увеличить вдвое все ординаты кривой. Верхняя кривая на том же рисунке показывает такую новую кривую.

Если необходимо определить, какая кривая получится при смешивании двух красителей a и b (рис. 83), достаточно также сложить все их ординаты, чтобы получить искомую кривую c (на рис. 83 она обозначена пунктиром).

Пользуясь кривыми абсорбции отдельных красителей, можно легко рассчитать, каким должен быть рецепт светофильтра для любой заданной цели.

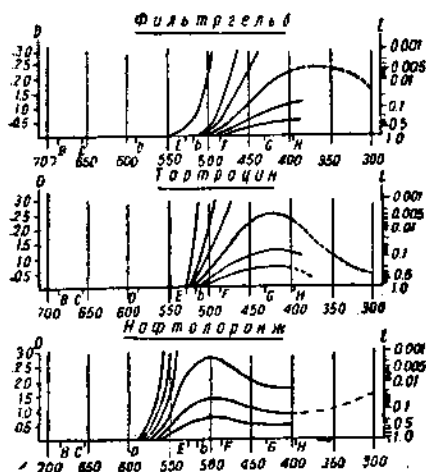


Рис. 81. Кривые поглощения различных красителей, употребляемых при изготовлении светофильтров

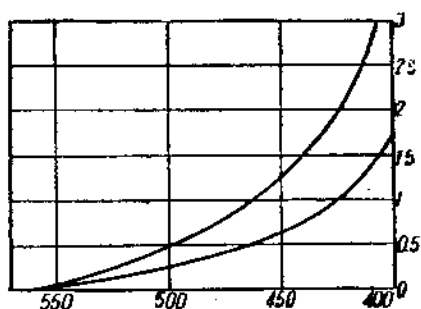


Рис. 82. Кривые поглощения для различных концентраций одного и того же красителя. Нижняя кривая соответствует $K=2H$, верхняя $K=4H$

Допустим, например, что требуется изготовить светофильтр, пропускающий только синюю часть спектра, т. е. лучи с длиной волны около 450 м.м. Такой светофильтр проще всего можно получить, если скомбинировать кристалл-виолет $K=1H$ с патент-блау $K=1.6H$ (рис. 84). Однако, он не совсем будет отвечать поставленному заданию, так как оба эти красителя пропускают крайние красные лучи и часть ультрафиолетовых. Для того чтобы поглотить красные лучи, можно в светофильтр ввести небольшое количество толуидинблау, поглощающей эти лучи, например, в концентрации $K=0.8H$, а чтобы избавиться от мешающего действия ультрафиолетовых лучей, можно применить эскулин. Таким же образом рассчитываются светофильтры для любой цели или по любой заданной кривой поглощения.

Изготовление и испытание светофильтров

Изготовить светофильтр проще всего можно следующим образом: неэкспонированная и непроявленная фотопластинка обрабатывается обыкновенным фиксажем, который растворяет бром-

стое серебро эмульсии. Полученную пластинку с находящимся на ней тонким слоем желатины купают некоторое время в растворе красителя, споласкивают и сушат. Краситель окрашивает желатиновый слой пластинки, в результате чего получается прозрачный светофильтр соответствующей окраски.

При всей своей простоте такой способ изготовления светофильтров обладает рядом существенных недостатков. Прежде всего он не дает возможности контролировать процесс окраски и, следовательно, изготовить светофильтр определенной, заданной плотности.

Во-вторых, стекла, употребляемые для изготовления фотопластинок, по своему качеству не являются достаточно пригодными для светофильтров, и, наконец, в-третьих, при таком способе невозможно комбинировать красители. Поэтому, обычно светофильтры изготавливаются следующим более совершенным способом.

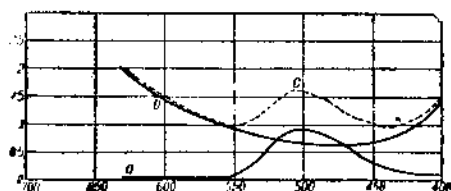


Рис. 83. Сложение кривых поглощения красителей

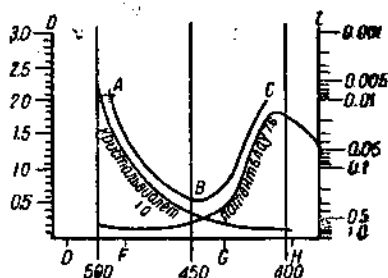


Рис. 84. Расчет светофильтра

Плоскопараллельные стеклянные пластинки из бесцветного оптического стекла, установленные строго горизонтально с помощью уровня, обливаются подогретым раствором желатины, смешанным с необходимым количеством раствора красителя. Желатиновый раствор разравнивается по всей поверхности стеклянной пластинки с помощью стеклянной же палочки и после застудения желатины пластинки переносятся в сушильный шкаф, где и высушиваются возможно скорее. При сушке необходимо принимать все меры против осаждения пыли на поверхность политых пластинок.

Для того чтобы защитить желатиновый слой от повреждений, пластинки склеиваются попарно слой к слою; при этом каждое стекло должно быть полито лишь половинным количеством красящего раствора.

Если необходимо ввести в состав светофильтра несколько красителей и эти красители по своей химической природе не могут быть смешаны между собой (например, кислые и основные), то одна из пластинок поливается одними красителями, а другая — другими.

Склейка политых стеклянных пластинок производится с помощью канадского бальзама.

Канадский бальзам, представляющий собою особый вид растительной смолы, употребляется для склейки в виде раствора в каком-либо органическом растворителе, чаще всего в ксилоле.

На подлежащие склейке стекла наносят по капле раствор бальзама, после чего стекла складывают попарно и оставляют сохнуть, помещая на них некоторый груз. Сушка склеенных таким образом светофильтров продолжается несколько недель. Предложенный автором способ сокращает этот срок до 20—30 мин. По этому способу стекла сильно нагреваются (до 150—200°), и склейка производится сухим или очень густым канадским бальзамом, расплавляющимся при нанесении его на стекла и крепко склеивающим их при остывании. Процесс склейки при этом происходит, следовательно, не за счет испарения растворителей, как обычно, а за счет остывания расплавленного бальзама и поэтому заканчивается значительно скорее.

Как уже отмечалось, желатина имеет довольно большое поверхностное натяжение. У некоторых сортов желатины это натяжение настолько значительно, что желатиновая пленка, сокращаясь при высыхании, изгибает стекло, на которое она была полита.

Пара таких стекол при склеивании образует нечто вроде двояковыпуклой линзы, что, конечно, влияет на качество изображения. В целях борьбы с этим явлением стеклам, служащим для изготовления светофильтров, приходится придавать довольно значительную толщину (от 2 до 15 мм, смотря по величине светофильтра), что в свою очередь сильно увеличивает вес светофильтра, усложняет конструкцию оправ для них и излишне нагружает камеру.

Для устранения этих неудобств за границей повсеместно принят другой способ изготовления светофильтров, входящий в настоящее время в употребление и в СССР. Способ этот заключается в том, что желатина, политая на стекло, после высыхания снимается со стекла, служащего, таким образом, только временной подложкой для нее, и полученная желатиновая пленка, так называемая *фолия*, заклеивается между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками, которые в этом случае могут иметь значительно меньшую толщину. Иногда такие фолии употребляются в качестве светофильтров отдельно, для чего их зажимают в особые металлические рамочки, но такой способ не может быть рекомендован вследствие того, что поверхность фолии очень нежна, не допускает чистки и боится сырости.

Все описанные виды светофильтров имеют тот общий недостаток, что, состоя из отдельных слоев различных веществ (желатина, канадский бальзам, стекло), они не представляют собой вполне оптически однородной среды и поэтому иногда довольно сильно снижают качество изображения, даваемого объективом. Идеальными в этом отношении являются лишь светофильтры, окрашенные в массе, т. е. представляющие собой

тонкие плоскопараллельные пластинки, изготовленные из стекла, имеющего нужную окраску. Такое стекло, являясь вполне оптически однородной средой, нисколько не влияет на качество изображения, вопрос же оптической плотности окраски решается очень просто — приданием пластинкам различной толщины.

Оптическое стекло, окрашенное в массу, изготавливается фирмой «Шотт и К^о» в Германии. В последнее время производятся опыты с изготовлением такого стекла на одном из оптических заводов СССР, где этот вопрос, повидимому, будет разрешен в скором времени.

Готовые светофильтры подвергаются ряду испытаний, имеющих целью выяснить их оптические и фотографические свойства.

Прежде всего с помощью спектрофотометра составляется кривая абсорбции светофильтра. Хороший светофильтр должен поглощать только те лучи, для поглощения которых он рассчитан. Между тем, стекло, желатина и канадский бальзам также имеют некоторую оптическую плотность. Эта оптическая плотность налагается равномерно на всю кривую и уменьшает общую прозрачность светофильтра, не помогая его работе. Чем меньше эта «вредная» оптическая плотность, тем лучше светофильтр по качеству, и у хороших светофильтров величина ее не превышает 0,1 вместе с потерями на отражение света от поверхностей стекол.

Кривая поглощения светофильтра не должна изменяться от времени. Это обстоятельство может иметь место, если краски, из которых изготовлен светофильтр, не вполне светопостоянны, т. е. могут выцветать. Для испытания светофильтра на светопрочность его подвергают в течение некоторого времени действию сильного света ртутно-кварцевой лампы, особо богатой ультрафиолетовыми лучами. При этом половина светофильтра прикрывается черной бумагой. Если после освещения в продолжение нескольких часов не будет заметно никакой разницы между освещенной и неосвещенной частями светофильтра, то последний может считаться достаточно светопрочным.

Далее определяется степень плоскопараллельности светофильтра. Эта величина с помощью особо чувствительных оптических приборов — интерферометров — может быть измерена с точностью до 0,00001 мм. Наконец, что особо важно при употреблении светофильтра для фотографических целей, производится определение кратности светофильтра.

В процессе фото- или киносъемки со светофильтром, последний, очевидно, будет поглощать часть лучей, идущих от снимаемого объекта, и для того, чтобы получить на светочувствительном слое такой же фотохимический эффект, что и при съемке без светофильтра, необходимо будет увеличить экспозицию.

Величина, показывающая, во сколько раз необходимо увеличить экспозицию при съемке со светофильтром, носит название кратности светофильтра, или фактора фильтра, и обозначается буквой *F*.

Кратность не представляет собой какой-либо определенной

для данного светофильтра величины, а меняется в зависимости от многих факторов, из которых главнейшими являются: цветовосприимчивость негативного материала, спектральный состав применяемого при съемке источника света, окраска снимаемого объекта и, наконец, самый метод определения кратности. Для определения кратности может быть применен любой сенситометр; при помощи сенситометра изготавливаются две сенситограммы в условиях одинаковой экспозиции и одинакового проявления. Разница между ними заключается в том, что при экспонировании одной из них источник света прикрывается испытуемым светофильтром. По полученным негативам строятся на одном и том же графике две кривые и определяется величина светочувствительности по каждой кривой. Отношение этих величин и бу-

дет искомой кратностью светофильтра. Способ этот при всей своей точности обладает одним крупным недостатком: как известно, светофильтр не только увеличивает экспозицию, но и меняет характер негатива, а следовательно, и форму характеристической кривой, влияя, главным образом, на величину контраста. Поэтому, величина кратности будет различна в зависимости от того, по какому методу будет определяться светочувствительность: по порогу, инерции или градиенту плотности (рис. 85).

Таблица 10 показывает, как изменяется кратность известных желтых светофильтров «Рэттен» в зависимости от метода ее определения.

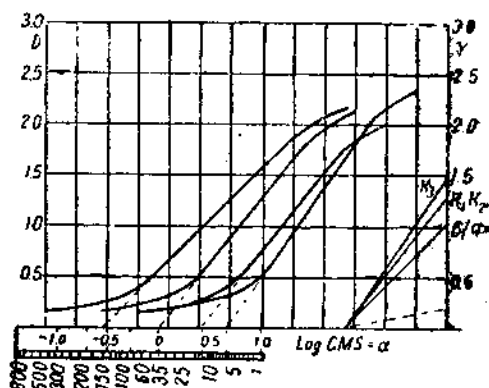


Рис. 85. Влияние светофильтра на характеристическую кривую

Таблица 10

Изменения кратности светофильтра по отношению к дневному свету и ортохроматической вчущлсии

Светофильтр	Кратность, определенная по мет. дв.		
	порога потемнения	минимального полезного градиента плотности	инерции
К-1	2,3	2,5	3,5
К-2	4,9	6,7	9,2
К-3	6,8	10,6	16

Таким образом, только от изменения метода оценки светочувствительности кратность одного и того же светофильтра может изменяться более чем в два раза.

Для правильного практического использования светофильтра крайне важно знать величину кратности именно в тех условиях, в каких производится съемка. Для этого предложен следующий способ, не требующий никаких приборов и работающий с точностью, вполне достаточной для практики.

Лист матовой фотографической бумаги, не проявленной, но отфиксированной, освещается тем светом, при котором предполагается производить съемку. Освещение, конечно, должно быть вполне равномерным. Аппарат, заряженный той пластинкой, на которой желательно испытать кратность светофильтра, наводится на освещенную бумагу. На фокус наводить не следует, наоборот, необходимо объектив сбить с фокуса, чтобы на пластинке не вышла структура бумаги и чтобы кадр представлял собой ровно освещенную поверхность. Половина пластинки (вдоль) прикрывается черной бумагой и на оставшейся открытой половине производится съемка листа бумаги. Экспозиция после нескольких проб подбирается таким образом, чтобы оптическая плотность снятой пластинки после проявления приближалась бы к оптической плотности сильной вуали ($D = 0,3 - 0,5$). После съемки прикрывается черной бумагой уже снятая половина пластинки, кассета опять вставляется в аппарат, задвижка ее выдвигается всего на 1 см, на объектив надевается испытуемый светофильтр и производится съемка с той же экспозицией, что и при съемке без светофильтра. После этого задвижка кассеты выдвигается еще на 1 см и производится еще одна такая же экспозиция. Тогда первая полоска пластинки будет экспонирована два раза и к ней прибавится новая, экспонированная один раз. Этот прием повторяется несколько раз (до 10), смотря по оптической плотности светофильтра, причем после каждой экспозиции задвижка кассеты выдвигается на 1 см.

После проявления половина негатива будет представлять собой равномерно засвеченную поверхность, снятую без светофильтра, другая же примыкающая к ней половина образует постепенно уплотняющуюся ступенчатую серую шкалу, снятую со светофильтром. Среди этих ступенек подбирается такая ступенька, оптическая плотность которой равна оптической плотности половины негатива, снятой без светофильтра. Допустим, что это будет пятая ступенька. Это значит, что для получения со светофильтром такой же оптической плотности, что и без светофильтра, необходимо было экспонировать 5 раз, т. е. в 5 раз больше, чем без фильтра; следовательно, испытуемый светофильтр при данных условиях — пятикратный. Если подходящей по оптической плотности ступеньки на негативе не находится и искомая оптическая плотность лежит, например, где-то между 5-й и 6-й ступеньками, то кратность светофильтра можно считать равной $5\frac{1}{2}$.

Можно также измерить кратность светофильтра с помощью

киноаппарата. Для этого описанный способ изменен автором следующим образом: киноаппарат также наводится на освещенный лист бумаги и переключается на мультипликационную съемку (за один оборот ручки снимается один кадр). Установив нужную экспозицию соответствующим раскрытием обтюратора и диафрагмы, не надевая на объектив светофильтра, поворачивают 4—5 раз ручку аппарата, т. е. снимают 4—5 кадров и делают пробивку. Затем на объектив надевается испытуемый светофильтр, и ручка поворачивается 10 раз. После этого объектив закрывается крышкой или просто рукой и делается 9 оборотов ручкой обратно. Затем объектив опять открывается (фильтр остается на объективе) и делается 9 оборотов ручкой вперед. После этого при закрытом объективе делаются опять обратно 8 оборотов, затем при открытом объективе опять 8 вперед, при закрытом 7 назад и т. д.

Таким образом, 1-й кадр экспонируется 1 раз, 2-й кадр—2 раза, 3-й кадр—3 раза и наконец 10-й кадр—10 раз.

После проявления (в течение нормального времени для данной пленки и проявителя) получается 10 кадров с постепенно увеличивающейся плотностью, снятые со светофильтра и отделенные от них пробивкой 4—5 кадров одинаковой оптической плотности, снятые без светофильтра. Последние кадры отрезаются и среди кадров с постепенно увеличивающимися оптическими плотностями подбирается такой, оптическая плотность которого одинакова с оптической плотностью кадров, снятых без светофильтра. Порядковый номер этого кадра и будет искомой кратностью светофильтра.

Вместо последовательной съемки кадров с фильтром и без фильтра можно снимать параллельно, ставя «кашэ», закрывающее одну половину кадра. Тогда все 10 кадров, вернее 10 половинок кадра, снимаются без фильтра, затем пленка возвращается назад, при помощи «кашэ» закрывается проэкспонированная половина кадра, и на открытых половинах тех же 10 кадров производится съемка с фильтром по способу, указанному выше. Тогда на каждом кадре одна половина будет снята без фильтра, а другая с фильтром, и нахождение кадров с равными оптическими плотностями будет значительно облегчено. Способ этот, повторяем, не дает абсолютной точности, но для практических целей вполне приемлем.

Употребление светофильтров

Как указывалось выше, светофильтры при съемке употребляются в тех случаях, когда необходимо задержать лучи того или иного цвета, отраженные от снимаемого объекта, для того чтобы дать возможность остальным лучам сильнее подействовать на эмульсию.

Наиболее часто при обычных случаях съемки находят себе применение желтые светофильтры, служащие для того, чтобы, задерживая в большей или меньшей степени лучи сине-фиолето-

зой части спектра, добиться более правильной передачи остальных цветов, к которым эмульсия, несмотря на сенсibilизацию, все же продолжает оставаться менее чувствительной. Желтые светофильтры изготавливаются многими фабриками; у нас в настоящее время наиболее употребительными являются светофильтры: Лифа, Агфа, Рэттен, Монпильяр, Фохтлендер и, наконец, ни в чем им не уступающие светофильтры, выпускаемые Мосстекло-

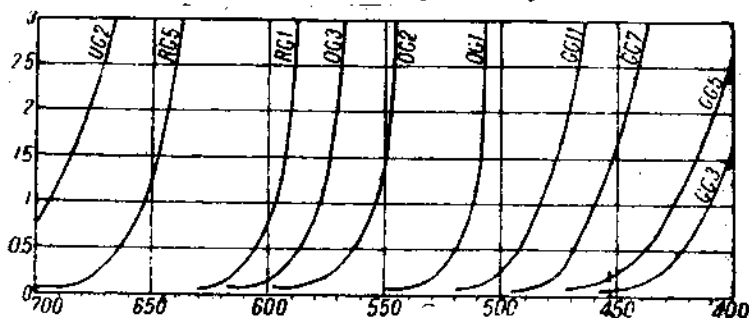


Рис. 86. Кривые поглощения окрашенных в массу стекол «Шотт».

керамсоюзом под маркой «СКС». Кривые поглощения этих светофильтров приведены на рис. 86—93. Как показывают эти кривые, каждая фабрика нумерует свои светофильтры по-своему, и, например, светофильтр № 4 Лифа несколько не похож на светофильтр № 4 Агфа. Это обстоятельство необходимо помнить

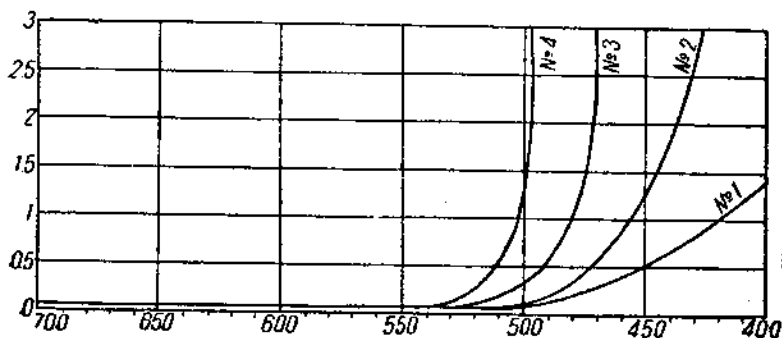


Рис. 87. Кривые поглощения желтых светофильтров «Лифа».

при сравнении светофильтров разных фабрик, и единственно правильным будет только сравнение их по кривым поглощения.

Выбор того или иного светофильтра для съемки определяется, главным образом, сюжетом съемки (вернее его цветностью) и степенью ортохроматизации эмульсии. Если эмульсия слабо ортохроматизирована, т. е. чувствительна, главным образом, к синефиолетовой части спектра, то, очевидно, что для проработки желто-зеленых лучей необходимо будет применить довольно сильно окрашенный желтый светофильтр. Однако, такой свето-

фильтр, поглощая в значительной степени сине-фиолетовые лучи, будет иметь такую большую кратность (напомним, что слабо ортохроматизированная эмульсия чувствительна, главным образом, именно к этим лучам), что употребление его практи-

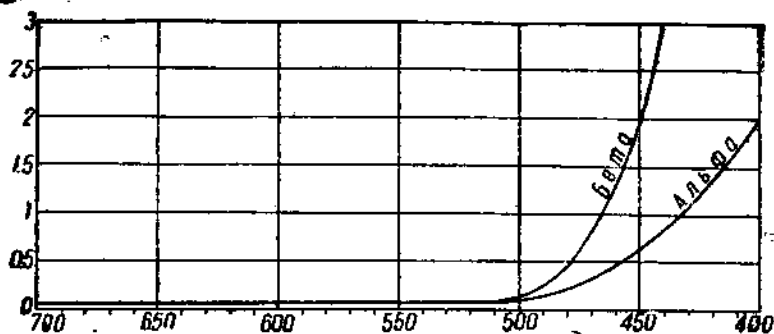


Рис. 88. Кривые поглощения желтых светофильтров „Сохтлендер“

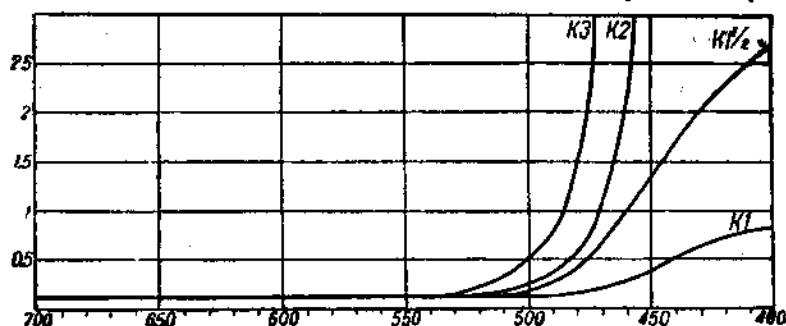


Рис. 89. Кривые поглощения желтых светофильтров „Рэген“

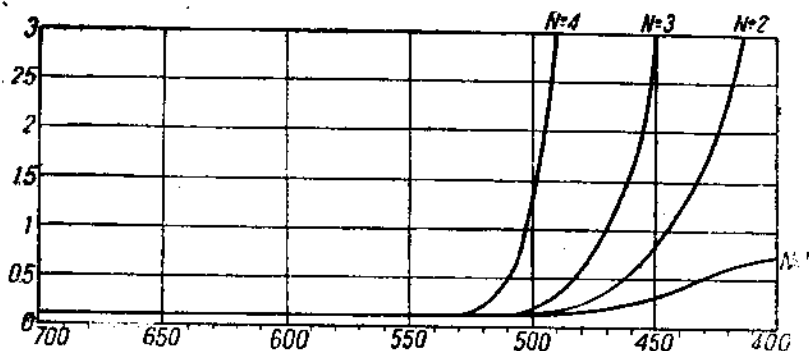


Рис. 90. Кривые поглощения желтых светофильтров „СКС“

чески окажется невозможным. Более слабые светофильтры хотя и будут иметь меньшую величину кратности, но не принесут никакой пользы.

Некоторым выходом из положения при ландшафтной съемке на слабо ортохроматизированном негативном материале будет применение так называемых оттененных светофильтров, окраска которых клинообразно меняется в направлении длины светофильтра, переходя постепенно от бесцветно белой к темножелтой или же меняется более резко в середине.

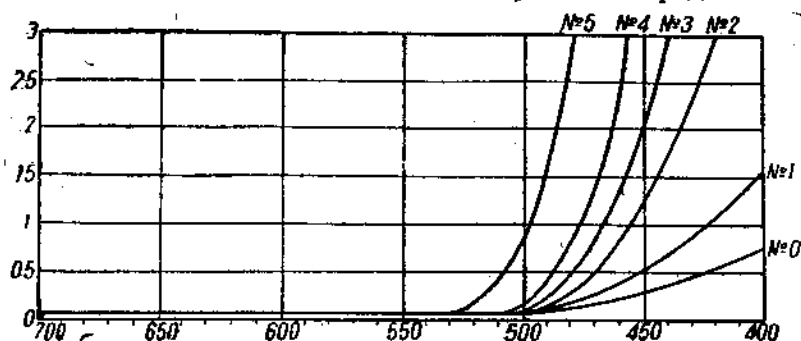


Рис. 91. Кривые поглощения желтых светофильтров „Агфа“

Такие светофильтры, не увеличивая экспозиции, т. е. не имея никакой кратности, позволяют получить хорошо проработанный передний план и в то же время непередержанные даль и небо. Конечно, никакого улучшения цветопередачи (кроме неба) они не дают.

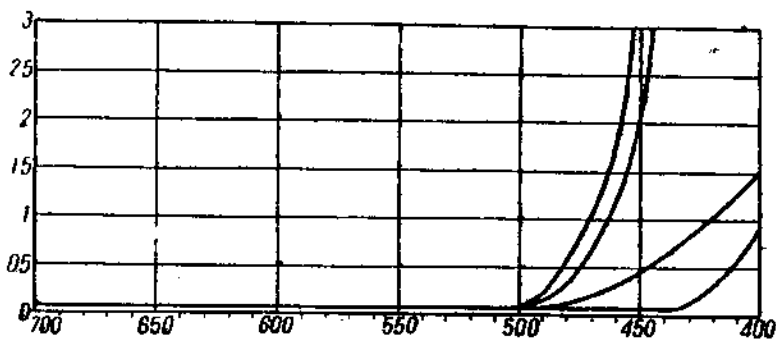


Рис. 92. Кривые поглощения желтых светофильтров „Мюльпильяр“

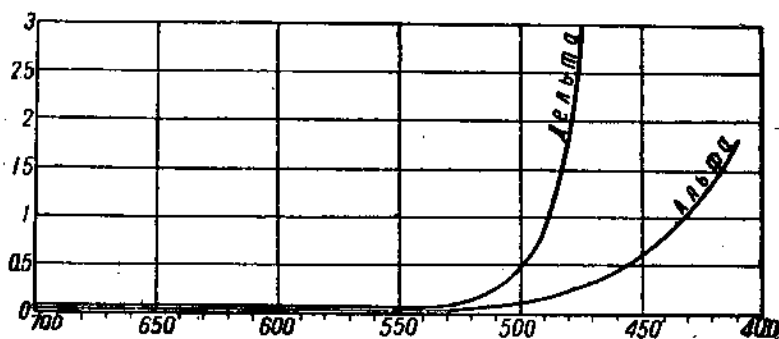
На хорошо ортохроматизированном материале достаточно правильная цветопередача получается со светофильтрами средней плотности, имеющими при этом вполне допустимую кратность. Вообще при работе на ортохроматических материалах съемка всегда должна производиться со светофильтром, чтобы полностью использовать преимущества этих материалов.

При употреблении очень плотных желтых светофильтров легко получить переисправление цветопередачи. Так например, желтый цвет будет передан белым, а синий—очень темным, го-

раздо темнее, чем он кажется в натуре. Облака при такой съемке будут иметь вид «подушек» на темном небе, воздушная перспектива при съемке дали исчезнет и она будет казаться как бы надвинувшейся. Все изображение будет слишком контрастным, неприятным для глаза.

Если съемка производится при полуваттном освещении, следует употреблять лишь самые слабые светофильтры вследствие того, что полуваттный свет, значительно более богатый желтыми лучами и бедный синими, чем дневной, сам уже производит исправление цветопередачи, и достаточно самого слабого желтого светофильтра, чтобы цветопередача стала вполне правильной (конечно, за исключением красного цвета, к которому ортохроматическая эмульсия, как известно, не чувствительна). Кратность таких светофильтров при этих условиях очень мала—порядка $1\frac{1}{2}$ —2.

Панхроматические негативные материалы достаточно хорошо передают все цвета даже без светофильтра при условии освеще-



Фиг. 93. Кривые поглощения желтых светофильтров „Ильфорт“

щения объектов полуваттным светом. В случае съемки при дневном или дуговом свете для получения вполне правильной цветопередачи достаточно применить самые слабые фильтры, кратность которых при этом будет также не выше $1\frac{1}{2}$ —2.

Панхроматические материалы дают возможность употреблять при съемке, кроме желтых светофильтров, также и светофильтры других цветов. Для целей обычных киносъемок чаще других употребляются зеленые и красные светофильтры. Первые употребляются сравнительно редко и служат для того, чтобы в случае необходимости выделить зеленый цвет, если он снимается вместе с красным. Без зеленого светофильтра оба эти цвета будут переданы одинаковыми оптическими плотностями. Кратность зеленого светофильтра при дневном свете на панхроматическом негативном материале равняется приблизительно 7—10.

Красные светофильтры употребляются при обычных съемках также довольно редко, главным образом, в тех случаях, когда необходимо особенно выделять красный цвет. В этом случае их

кратность колеблется от 10 до 40 в зависимости от оптической плотности светофильтра.

Чаще всего красные светофильтры применяются в тех случаях, когда при съемке днем необходимо получить эффект вечернего или ночного освещения. Кратность их при этом раза в три меньше. Наиболее хорошо такой эффект получается при употреблении негативных материалов, чувствительных к инфракрасным лучам.

Наконец, красные светофильтры являются необходимыми при съемках очень удаленных объектов или при аэросъемках в неблагоприятных условиях освещения. Такие съемки, конечно, производятся также исключительно на материалах чувствительных к инфракрасным лучам. Существующее мнение, что при таких съемках необходимы черные светофильтры, пропускающие только инфракрасные лучи, является ошибочным. Вполне достаточно применять в таких случаях сравнительно светлые красные светофильтры не темнее Рэттен № 25 (рис. 94).

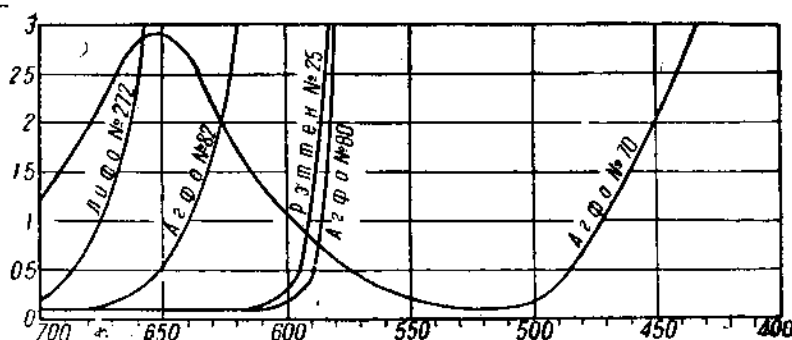


Рис. 94. Кривые поглощения некоторых красных и зеленых светофильтров

Объясняется это тем, что материалы, чувствительные к инфракрасным лучам, показывают чувствительность кроме них еще только к сине-фиолетовым. Ко всей средней части спектра эти эмульсии почти нечувствительны, а следовательно, и нет никакой необходимости поглощать эти лучи светофильтром.

Кривые поглощения некоторых красных и зеленых светофильтров даны на рис. 94.

При цветных съемках в натуральных цветах употребляются в случае двухцветного метода красный и зеленый светофильтры, а в случае трехцветного — синий, зеленый и красный. Светофильтры при этом рассчитываются таким образом, чтобы они разделяли спектр соответственно на две или три части и при этом имели бы приблизительно равную прозрачность.

Кроме перечисленных наиболее применяемых светофильтров, существует еще большое количество других, употребляющихся, главным образом, при различных научно-исследовательских работах и других специальных видах съемки.

Таковы, например, так называемые монохроматические светофильтры, служащие для выделения узких спектральных зон и находящие себе применение, главным образом, при микро-, фото- и киносемках. Далее существуют светофильтры, дающие возможность привести спектр любого источника света к дневному и, наоборот, дневной свет привести к любому другому.

К этому же классу относятся также очень распространенные в кинематографии так называемые монохромы¹, представляющие собой светофильтры, кривая поглощения которых так рассчитана, что, при рассматривании через них снимаемого сюжета, последний виден в тех тонах, в каких он получится на снимке.

Монохромы изготавливаются для различных сортов негативных материалов и для различных источников света.

Несколько особое место занимают нейтрально-серые светофильтры. Эти светофильтры поглощают равномерно все лучи спектра и, следовательно, только удлиняют экспозицию, не изменяя цветопередачи. Употребляются они в тех случаях, когда необходимо уменьшить экспозицию и в то же время нежелательно диафрагмировать объектив ввиду изменений в характере работы объектива, которые при этом получаются. Нейтрально-серые светофильтры изготавливаются различных оптических плотностей, увеличивающие экспозицию в 2, 4, 8 и 16 раз.

Наконец, за границей существуют так называемые корригирующие светофильтры, рассчитанные для пластинок и пленки всех сортов и фирм таким образом, что для каждого из них имеется светофильтр, дающий возможность получить вполне правильную цветопередачу.

В отдельную группу следует выделить так называемые лабораторные светофильтры, служащие для получения безопасного лабораторного освещения.

Соответственно цветочувствительности эмульсий эти светофильтры имеют различную окраску.

Оранжевые светофильтры употребляются при лабораторной обработке бромистых бумаг, диапозитивных пластинок и десенсибилизированных пластинок и пленок высшей чувствительности (не ортохроматических). Для этих же целей может служить также и светозеленый светофильтр.

Красные светофильтры применяются для обыкновенных пластинок и пленок, слабо или совсем не ортохроматизированных, а также и для десенсибилизированных панхроматических и инфракрасных.

Темнокрасный светофильтр служит для обработки ортохроматических негативных материалов, не десенсибилизированных, и, наконец, темнозеленый светофильтр применяется для недесенсибилизированных панхроматических пластинок и пленок. Материалы, очувствленные к инфракрасным лучам, должны обрабатываться или при специальном

¹ Это название в сущности неверно. Задачей монохрома является частичное ослабление одних лучей сравнительно с другими, и, следовательно, это обычный компенсационный светофильтр.

зеленом освещении или после десенсибилизации при красном. Обычные зеленые лабораторные светофильтры, применяющиеся при лабораторной обработке панхроматических эмульсий, для этой цели непригодны, так как, поглощая красные лучи, они обычно являются прозрачными для инфракрасных.

Светофильтры, служащие для съемки, должны пользоваться таким же заботливым уходом, как и объективы. Вследствие того, что оптическое стекло, из которого они изготовлены, очень мягко и легко принимает царапины, светофильтры следует протирать исключительно мягкой стиральной льняной тряпочкой, строго наблюдая за тем, чтобы при этом на ткань не попадали частицы песка и т. п.

Склеенные светофильтры, в особенности такие, в которых между двух стекол заклеена сравнительно толстая желатиновая фольга, если они не заключены в оправу, должны быть обязательно окантованы или их торцевые грани покрыты водонепроницаемым лаком, например, асфальтовым. В противном случае желатина будет поглощать влагу из воздуха, что приведет к расклеиванию светофильтра. Если расклеивание уже началось, что можно узнать по появлению на свето фильтре пятен неправильной формы, кажущихся блестящими при рассматривании в отраженном свете, необходимо немедленно отдать светофильтр в переклейку, так как последняя хорошо удается только в том случае, если процесс расклеивания не зашел слишком далеко. Светофильтры не следует без надобности подвергать продолжительному действию прямого солнечного света и хранить их лучше всего в тех же коробках или футлярах, в которых они обычно продаются.

Проверочные вопросы

1. Для чего употребляются светофильтры в фотографии?
2. Как получается кривая поглощения светофильтра?
3. Что называется оптической плотностью светофильтра и в каких единицах она выражается?
4. Какие красители применяются при изготовлении светофильтров?
5. Как получаются результирующие кривые из кривых поглощения отдельных красителей?
6. Какие существуют методы изготовления светофильтров? Преимущества и недостатки метода.
7. Что называется кратностью светофильтра и какими методами она определяется?
8. Является ли кратность данного светофильтра величиной постоянной для всех случаев съемки, или нет?
9. Для чего употребляются при съемке светофильтры?
10. Почему нельзя употреблять светофильтры на несенсибилизированных материалах?
11. При каком освещении кратность желтого светофильтра будет наименьшей и наибольшей: при дневном, дуговом или полуваттном?

Литература к главе III

Гюбль — Ортохроматическая фотография и светофильтры, главы V — VIII.
Неблит — Общий курс фотографии, ч. 1, гл. VII.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

УПОТРЕБЛЕНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ассортимент сортов светочувствительных материалов, выпускаемых фабриками в настоящее время, настолько обширен, что охватывает все возможные случаи съемки. Поэтому, во избежание повторений, в этой главе рассматриваются только свойства и употребление различных сортов киноплёнок. В случае же работы на каких-либо фотопластинках следует, пользуясь помещенными в III главе сведениями о сенситометрических характеристиках различных сортов пластинок, выбрать соответствующий сорт киноплёнки и целиком руководствоваться в работе всеми сведениями, указанными в описании свойств этого сорта.

По фотографическим свойствам все существующие сорта киноплёнок можно разбить на следующие 6 групп:

1) плёнки универсального типа, 2) плёнки с повышенной чувствительностью, 3) плёнки ортохроматические, 4) плёнки панхроматические, 5) плёнки позитивные и 6) плёнки для специальных видов съемки.

Плёнки универсального типа

К этой группе плёнок можно отнести следующие плёнки: Агфа—«Специаль», Кодак—«Пэр-Спид», Цейсс-Икон — «Ателье-Специаль», Феррания—«Экстра-Рapid» и «Патэ-негативная».

Средние сенситометрические данные их следующие¹: чувстви-

¹ Здесь, так же как и везде в дальнейшем, приняты следующие условия испытания: источник света—лампа Гейнера, проявитель—стандартный параамино-феноловый, время проявления—2, 4 и 8 мин., чувствительность определялась по методу Хертера и Др. фильла (Х. и Д. 34), чувствительность измерялась с помощью сенситометра Эдера-Гелта при том же источнике света. Величины светочувствительности даны с поправками на «идеальные светофильтры». Благодаря тому, что при испытании плёнок во всех случаях в качестве источника света применялась лампа Г. Гейнера, дающая свет, богатый желтыми и красными лучами и бедный синими, чувствительность к желтым и зеленым лучам получается значительно выше, чем она практически окажется при съемках на натуре и в ателье при дуговом свете.

тельность, по Хертеру и Дриффильду, 110—130, контраст при 8-минутном проявлении — 0,8, широта — 64 и выше.

Цветочувствительность (по Эдеру-Гехту): к синим лучам 1, к зеленым лучам 0,6—0,8, к желтым лучам 0,8—1,0, к красным лучам 0.

По своим свойствам пленки этой группы представляют собой негативный материал средней светочувствительности и контраста, с большой широтой и сравнительно слабой ортохроматизацией.

Они являются материалом среднего универсального типа и снимать на них можно в общем все обычные сюжеты, если не предъявлять особых требований к качеству получаемых негативов. Все же лучше всего эти пленки приспособлены к съемкам в ателье, натура же вследствие их слабой ортохроматизации будет получаться значительно хуже.

Ввиду того, что они чувствительны, главным образом, к синефиолетовой части спектра, наилучшим источником света при съемке будут дневной свет, ртутный свет и вольтова дуга. При употреблении полуваттного света цветопередача улучшается, но чувствительность сильно уменьшается.

По этой же причине употребление при съемке желтых светофильтров не может быть рекомендовано, так как они будут иметь очень большую кратность, почти не улучшая в то же время цветопередачу. Наоборот, большую пользу при натурной съемке могут принести оттененные светофильтры, давая хорошую проработку облаков и дали без необходимости увеличивать экспозицию.

Сохраняется пленка универсального типа очень хорошо, и с успехом может применяться в экспедициях, если является единственным сортом, находящимся в распоряжении оператора. Исключением являются пленки Цейсс-Икон и Феррания, которые не применимы в экспедициях ввиду того, что скрытое изображение на этих пленках после съемки сохраняется очень недолго: при хороших условиях хранения около 2 мес. и меньше, сильно ослабевая даже при кратковременном хранении в экспедиционных условиях.

Поэтому пленки эти следует проявлять по возможности вскоре после съемки.

Лабораторная обработка пленок этой группы и зарядка их в кассеты может происходить без особых предосторожностей при обыкновенном красном освещении, так как к красным лучам они не чувствительны.

Несмотря на всю универсальность этого типа пленок, все же не следует забывать, что в большинстве случаев на них можно получить только более или менее средний результат. Наилучшие же результаты можно получить, только применяя для каждого вида съемки наиболее подходящий для данного случая специальный сорт материала.

Пленки с повышенной чувствительностью

К этой группе относятся пленки Агфа—«Экстра-Рапид», Кодак—«Супер-Спид» и Цейсс-Икон—«Супер-Спид». От пленок универсального типа они отличаются лишь повышенной, приблизительно в $1\frac{1}{2}$ —2 раза, общей чувствительностью, равной, примерно, 180, по Х и Д., и несколько меньшим контрастом. В отношении цветочувствительности и всех остальных свойств пленки этой группы вполне схожи с пленками универсального типа.

Употребляются они в тех же случаях и с теми же источниками света, что и пленки универсального типа и лишь позволяют обойтись худшими условиями освещения. В особенности же благодаря хорошей градации и большой широте они пригодны для павильонных съемок и крупных планов, допуская в то же время благодаря повышенной чувствительности значительную экономию в свете. Лабораторная обработка пленок этой группы так же, как и предыдущей, может происходить при красном освещении. Зерно пленок этого типа несколько больше, чем у предыдущего, а сохраняемость меньше.

Пленки ортохроматические

Сенситометрические данные пленок этого типа значительно разнообразнее, чем у пленок первых двух групп. Поэтому, не давая общей сводки, отсылаем интересующихся к прилагаемой сводной таблице (см. стр. 168).

К группе ортохроматических пленок необходимо отнести следующие сорта: советская пленка «Ортохром», Агфа—«Кинехром», Геверт — «Специаль» и Цейсс-Икон — «Ортохроматическая».

Имея приблизительно равную светочувствительность, пленки эти отличаются друг от друга своей контрастностью. В то время как пленка Агфа—«Кинехром» имеет, примерно, нормальный, т. е. равный единице контраст, пленка Цейсс-Икон является самой мягкой из всех существующих негативных пленок, а пленка Геверт отличается, наоборот, значительной контрастностью. Советская пленка «Ортохром» занимает среднее место между пленками Цейсс-Икон и Агфа. Ортохроматизированы все пленки очень хорошо и приблизительно одинаково, хотя степень ортохроматизации колеблется у разных номеров эмульсии. При съемках с полуваттным светом вполне удовлетворительная цветопередача получается уже со слабыми светофильтрами или даже совсем без светофильтров; при дуговом и дневном свете для правильной цветопередачи светофильтры все же необходимы, причем кратность их значительно меньше, чем при съемках на пленках универсального типа.

Хорошая ортохроматизация определяет область применения этих пленок—это, главным образом, натурная съемка при дневном свете. Пленку Цейсс-Икон, как наиболее мягкую, лучше всего применять при сильном прямом солнечном свете, дающем

большие контрасты в освещении. Пользуясь при съемке сильными желтыми светофильтрами, можно достичь вполне правильной цветопередачи (за исключением, конечно, красного цвета, к которому пленки этого типа почти не чувствительны) и в то же время получить достаточно мягкие, проработанные в светах негативы. Наоборот, снимая натуру в пасмурную погоду, лучше применить пленку Геверт, работающую значительно контрастнее.

Пленки этого типа сохраняются так же хорошо, как и «Универсальные», за исключением пленки Цейсс-Икон—«Ортохроматическая», которая обладает тем же недостатком, что и пленка Цейсс-Икон—«Ателье-Специаль», т. е. плохо сохраняет скрытое изображение.

Лабораторное освещение при работе с ортохроматическими пленками следует выбирать с особой осторожностью, так как некоторые их сорта, как например, Геверт—«Специаль», обладают некоторой чувствительностью к красному свету. Во всяком случае освещение должно быть темнокрасным и довольно слабым.

Советская ортохроматическая пленка выпускается в нескольких разновидностях, различающихся между собой по чувствительности и контрасту. Эти разновидности будут подробно рассмотрены ниже в разделе, посвященном специально советской пленке.

Пленки панхроматические

К этой группе пленок относятся: Агфа—«Панкине», Геверт—«Панхроматическая» и Кодак—«Панхроматическая».

Сенситометрические данные их приблизительно одинаковы и имеют следующие величины:

Чувствительность	—250—300
Контраст	— 0,9
Широта	— 200

Цветочувствительность:

К синим лучам	—1
К зеленым лучам	—2,0
К желтым лучам	—9,0
К красным лучам	—7,0

Обладая чувствительностью ко всем цветам спектра наряду со значительной общей светочувствительностью, пленки этого типа представляют собой универсальный негативный материал для съемки всякого рода цветных предметов. При употреблении в качестве источника света полуваттных ламп правильная передача цветов получается уже при съемке без светофильтров, при дневном и дуговом свете желательно использование хотя бы самых слабых желтых светофильтров, имеющих при этом очень небольшую кратность. При употреблении красного светофильтра

панхроматические пленки дают возможность получить так называемый «ночной эффект» при съемке днем, т. е. белые облака на черном небе и светлую зелень, хотя более полно этот эффект получается при съемке на пленках специальных сортов.

Благодаря возможности производить съемку при полуваттном освещении панхроматические пленки находят широкое применение при звуковых синхронных съемках.

Для съемки натуры ортохроматический негативный материал оказывается часто более пригодным, чем панхроматический, так как последний имеет несколько меньшую чувствительность к зеленому цвету и меньший контраст. Конечно, это не относится к тем случаям, когда доминирующим цветом сюжета является красный цвет, который необходимо правильно передать, например, красные кирпичные стены домов, или букет красных цветов.

Сохраняются пленки этого типа меньше других, во всяком случае не свыше полугода.

Проявление их следует вести лучше всего в темноте или применять десенсибилизаторы. Имеющиеся в продаже зеленые стекла для фонарей особых преимуществ не дают, так как или слишком темны или вуалируют эмульсию.

В самое последнее время лучшие заграничные фабрики выпустили новые сорта панхроматической пленки. К этим сортам можно отнести: Агфа—«Панкине, тип G» и «Н», Кодак—«Супер-Сенситив Панхроматик» и Геверт—«Панхромоза». Эти пленки имеют общую чувствительность раза в три-четыре большую, чем панхроматические пленки, выпускавшиеся до сих пор. Сенсibilизация их также превосходит все, что удалось до сих пор сделать в этой области. С этими пленками стали возможны теперь такие киносъемки, как например, съемка днем в обыкновенной комнате, ночью на улице при обычном уличном освещении, съемка театральных представлений и т. п. При полуваттном освещении правильная цветопередача получается без всяких светофильтров, при дневном же или дуговом свете необходимо для этого применять слабые желтые или зеленые светофильтры. Целлулоидная подложка этих пленок слегка окрашена в серо-фиолетовый цвет, что предохраняет от образования ореолов даже в том случае, когда источники света попадают в поле зрения объектива. Сведений о сохраняемости этих пленок пока не имеется.

Пленки позитивные

Позитивные пленки служат исключительно для изготовления позитивов и надписей. Как чувствительность, так и контраст этих пленок различны у разных фирм. Пленки этого типа совсем не ортохроматизированы и для съемки не пригодны. Для того чтобы сделать ненужным последующее окрашивание, они изготавливаются также на подложке, окрашенной в различные цвета.

Для целей двухцветной кинематографии выпускается позитивная пленка, политая эмульсией с двух сторон. Обрабатываться

позитивные пленки могут при яркочерном или даже при рассеянном желтом освещении.

Пленки для специальных видов съемки

В эту группу выделены все пленки, не подходящие по своим свойствам ни к одной из предыдущих. По большей части это материалы, приспособленные для какого-либо специального случая съемки. Свойства их весьма различны и изложены подробно в помещенном ниже обзоре всех сортов пленок в отдельности.

Советская кинопленка и ее свойства

Кинопленка в СССР изготавливается на фабриках Фотокинохимического треста.

Фабрики нумеруют свои эмульсии таким образом, что фабрика № 5 выпускает лишь нечетные номера, а фабрика № 6 только четные. Это обстоятельство необходимо иметь оператору в виду, так как пленки одного и того же сорта, но различных фабрик, все же несколько различаются между собой. Кроме номера эмульсии на каждой коробке ставится также так называемый «№ оси» — это порядковый номер рулона целлулоида, который поливается эмульсией. Строго говоря, одинаковой можно считать пленку только в пределах одного номера оси, так как пленки хотя и одного номера эмульсии, но разных осей могут сильно отличаться одна от другой.

В настоящее время наши фабрики вполне овладели производством и изготавливают достаточно обширный ассортимент сортов кинопленки для всех случаев съемки.

Сенситометрические характеристики этих сортов, так же как и всех других выпускаемых нашей промышленностью, указаны в таблице, помещенной ниже, составленной по данным фабрик, изготавливающих пленку.

Как видно из таблицы 11, допуски на чувствительность для негативных пленок весьма велики. Кроме того, как это было подробно рассмотрено в главе 2-й, в отделе «сохраняемость светочувствительных материалов», свойства пленки при ее хранении могут изменяться в весьма значительной степени, причем эти изменения могут как ухудшать, так и в некоторой степени улучшать исходные свойства пленки. Поэтому при съемке во избежание ошибок в определении экспозиции необходимо на каждый номер эмульсии иметь паспорт. В крайнем случае при отсутствии такового следует перед съемкой производить пробу, что проще всего можно сделать методом «затемнения».

При испытании с стандартным дневным источником света, советская пленка дает следующие результаты, которые должны считаться более соответствующими условиям практических съе-

Таблица 11

Сенситометрические свойства советской киноплёнки на 1935 г.¹

Сорт	Чувств. по X. и D ₈₄	Контраст. 8 мин.	Вузаль 8 мин. не выше	Плот- ность	Ширина
А. Негативная плёнка					
1. Ортохром норм.	150—250	0,8—1,2	0,18	2,5—2,8	64
2. „ контр.	150—250	1,3—1,5	0,18	2,5—2,8	64
3. Экстра-рапид норм.	275—600	0,8—1,2	0,2	2,5—2,8	64
4. „ контр.	275—600	1,3—1,5	0,2	2,5—2,8	64
5. Изопанхром норм.	400—1000	1,0—1,2	0,25	2,5—2,8	64
Б. Позитивная плёнка					
1. Для массовой печати	6—11	Не ниже 1,75 при 4-минутн. проявлен.	0,07 при 4-минутн. проявлен.	Не ниже 2,5	8
2. Ацетатная 16 мм	4—8	Не ниже 1,75 при 4-минутн. проявлен.	0,07 при 4-минутн. проявлен.	Не ниже 2,5	8
В. Плёнка для звукозаписи					
1. Марка ЗТ	10—15	1,5—1,8 при 4-ми- нутн про- явлен.	0,08 при 4-минутн. проявлен.	Не ниже 2,5	Разреш. способн 65 л/мм.
2. Марка ЗИ	50—70	Не выше 1,1 при 8 минутн. проявлен.	0,1 при 8-минутн. проявлен.		Разреш. способн. 65 л/мм. ширина 40—50

мок: ортохром нормальная—чувствительность по X. и D. 1000—1300, контраст 0,8—0,9, ширина 128. Изопанхром: чувствительность по X. и D. 2 000—2 500, контраст 0,6—0,8, ширина 256 и выше.

Испытания на цветоувствительность на сенситометре Эдера-Гехта дают в среднем следующие величины:

¹ Источник света—лампа Гефнера. Проявитель—стандартный парааминс-фенол. мй.

Цветочувствительность

Цветочувствительность к лучам спектра

	2 360° К				5 000° К			
	С	З	Ж	К	С	З	Ж	К
Ортохром	1	1,4	2,1	0,03	1	0,7	0,83	0,1
Изопанхром	1	3,6	6,3	2,1	1	1	3,9	0,3

Нормальный универсальный сорт пленки, выпускаемый под названием «Ортохром», изготавливается следующих двух типов: «Нормальная» и «Контрастная».

Пленка «Ортохром» (рис. 95—96) представляет собой пленку универсального типа высшей чувствительности, достаточно хорошо ортохроматизированную. Из заграничных сортов пленок по своим свойствам к ней ближе всего подходит пленка Агфа-«Кинехром», которая несколько превосходит ее по сенсibilизации, но зато уступает ей по чувствительности.

Пленка «Ортохром» пригодна для всех обычных случаев съемки как в павильоне, так и на натуре, если не предъявлять к ней больших требований в отношении цветопередачи. Наилучшими источниками света при съемке следует считать дневной, ртутный и дуговой свет. Применение полувагтного освещения вряд ли может быть рекомендовано, так как при этом будет иметь место очень большое снижение светочувствительности, хотя цветопередача улучшится.

Для улучшения цветопередачи при натуральных съемках следует употреблять желтые светофильтры, однако преимущественно средних номеров. Самые слабые светофильтры применять не имеет смысла, так как никакого ошутимого эффекта они не дадут, сильные же будут иметь слишком большую кратность. Большую пользу при съемке открытых ландшафтов могут принести оттененные светофильтры, давая хорошую проработку дали и неба при одновременной проработке всех деталей в тенях переднего плана.

При павильонных съемках для экономии света желательно пользоваться лишь слабыми светофильтрами, добиваясь правильной передачи тонов соответствующим подбором красок декораций и правильным их освещением. При этом крайне желательно пользоваться монохромом с кривой поглощения, соответствующей синему монохромому «Агфа», или еще лучше—монохромом «СКС», который ближе соответствует цветочувствительности пленки. Характеристическая кривая пленки «Ортохром»—прямо-

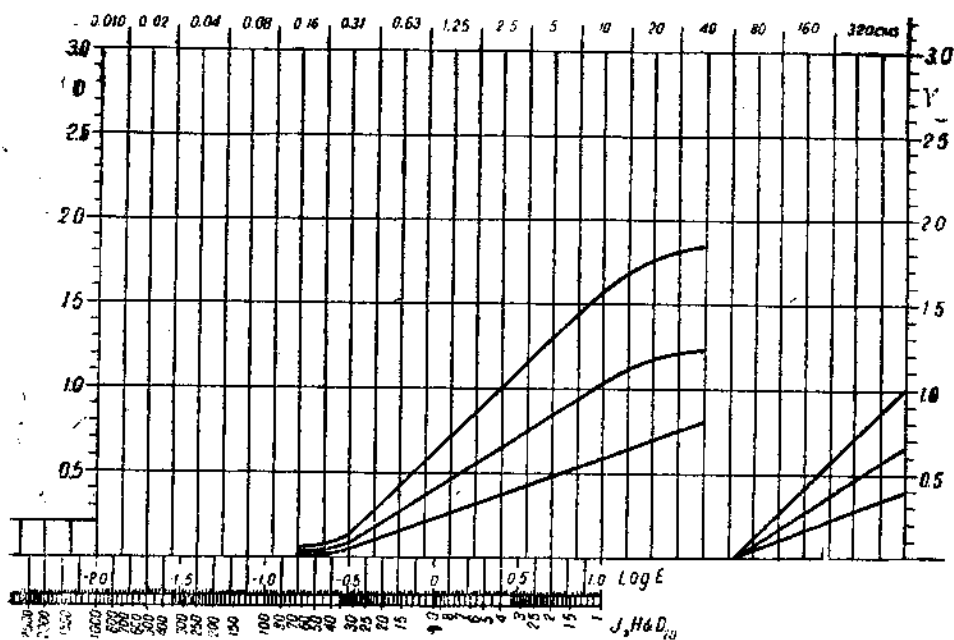


Рис. 95. Характеристическая кривая советской пленки „Ортохром нормальная“, при лампе Гейгера

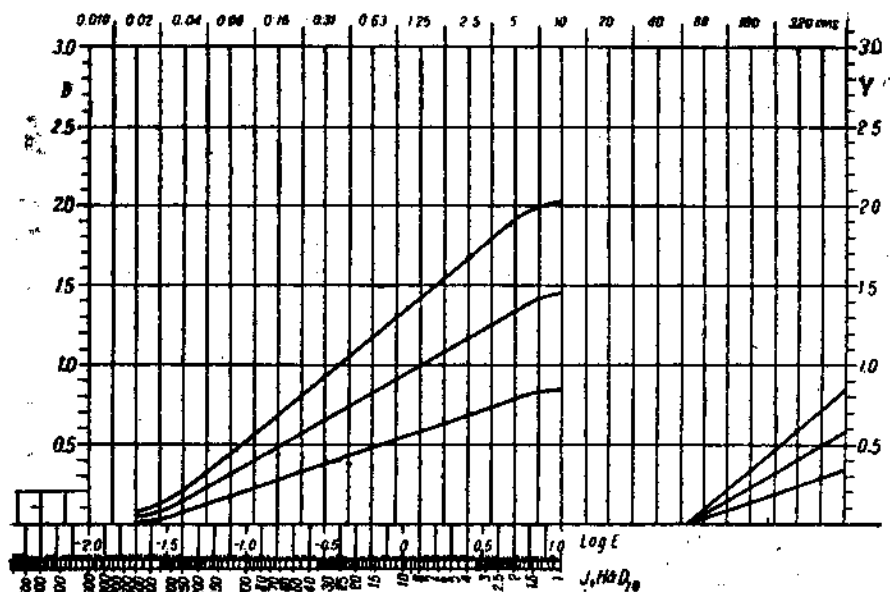


Рис. 96. Характеристическая кривая советской пленки „Ортохром нормальная“, при стандартном источнике света (5000° К)

линейной формы с достаточной шириной и очень небольшим «хвостом» (областью недодержек).

Кроме обычной пленки «Ортохром» Фотокинохимический трест выпускает также пленку «Ортохром-экстра-рапид». Эта пленка по своим свойствам тождественна с пленкой «Ортохром» и отличается от нее лишь повышенной приблизительно в два раза общей чувствительностью и несколько увеличенной вуалью. «Ортохром-экстра-рапид» выпускается также двух типов—«нормальная» и «контрастная».

Область применения пленки «Экстра-рапид»—та же, что и пленки «Ортохром», но благодаря большей чувствительности она позволяет обходиться худшими условиями освещения. Зерно этой пленки несколько крупнее, чем пленки «Ортохром», но все же разрешающая способность ее вполне удовлетворительна.

Кроме универсальных сортов «Ортохром» и «Ортохром-экстра-рапид» советские фабрики выпускают также панхроматическую негативную пленку под названием «Изопанхром» (рис. 97 и 98).

Как показывает само название пленки, она приближается к типу изохроматических пленок, т. е. таких, которые обладают почти равномерной чувствительностью ко всем лучам спектра. У пленки «Изопанхром» в отличие от обычных панхроматических пленок почти отсутствует провал в зеленой части спектра, но зато в красной цветочувствительность оканчивается около волны 630 *мμ*, т. е. к крайним красным лучам пленка нечувствительна. Таким образом, эта пленка не может обрабатываться при обычном для панхрома темнозеленом лабораторном освещении и обрабатывать ее следует или в полной темноте или при очень темном красном свете, тщательно проверенном. В отношении остальных сенситометрических свойств и формы кривой пленка «Изопанхром» очень напоминает «Ортохром», отличаясь от нее лишь большей общей чувствительностью. Так же как и «Ортохром», она выпускается «контрастной» и «нормальной».

В 1936 г. предполагается выпустить—«Изопанхром» на противоореольной подложке по типу «Панкине G», «Панхромоза» и «Кодак SS». Пленка «Изопанхром» является еще более универсальным негативным материалом, чем «Ортохром». Благодаря своей большой общей светочувствительности она позволяет работать при гораздо более худших условиях, чем последняя. Кроме того, чувствительность ее к оранжевым и оранжево-красным лучам делает возможной съемку при полуваттном освещении и, следовательно, употребление ее для синхронных звуковых съемок. Вместе с тем «Изопанхром», не имея провала цветочувствительности в зеленой части спектра, является весьма пригодной для съемок природы, превосходя по правильности цветопередачи ортохроматические и обычные панхроматические сорта.

Хорошая сенсibilизация пленки позволяет употреблять при съемке всевозможные светофильтры за исключением темно-

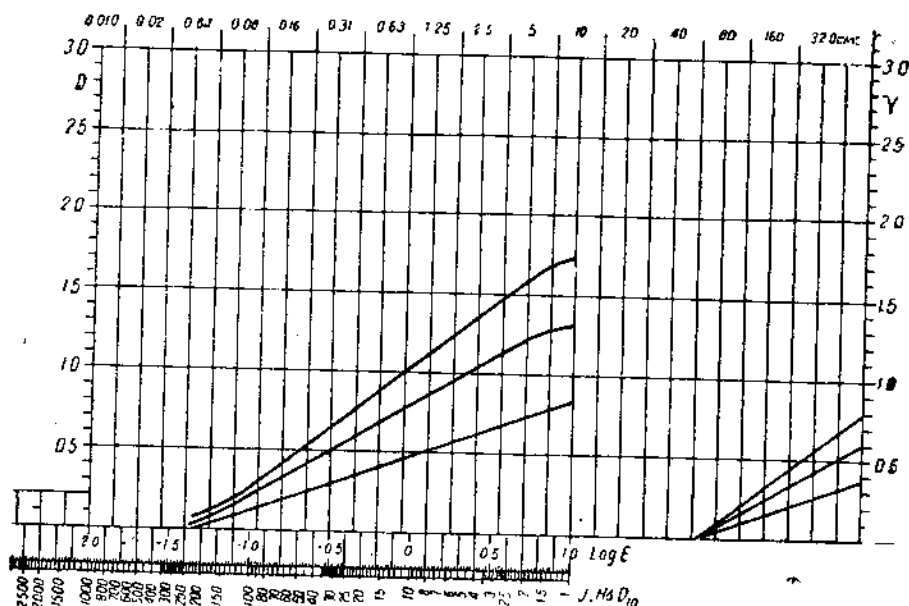


Рис. 97. Характеристическая кривая советской пленки «Изопанхром» при лампе Гейссера

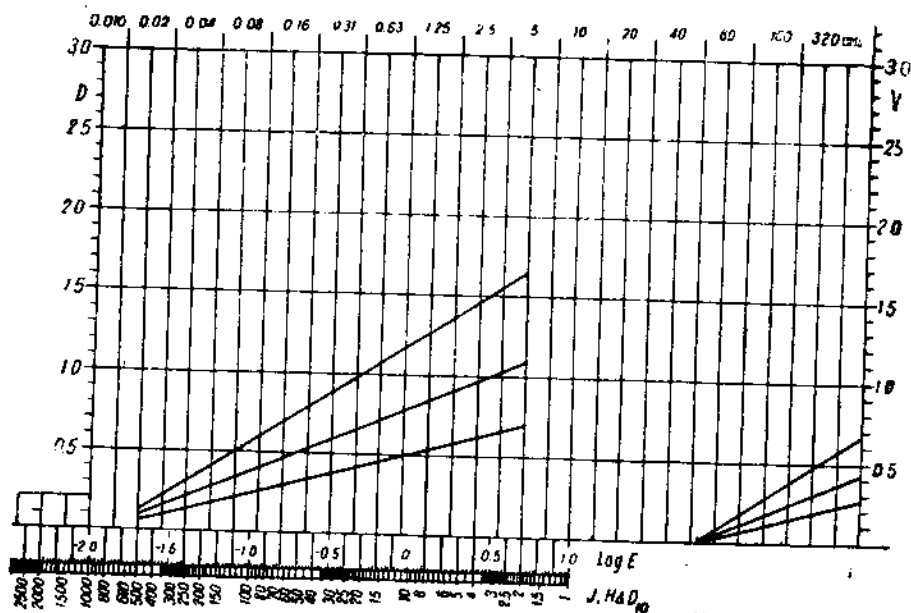


Рис. 98. Характеристическая кривая советской пленки «Изопанхром» при стандартном источнике света (5000° K)

красных и, таким образом, получать любые нужные оператору эффекты.

Для обычных натуральных съемок наилучшими будут светлые и средние желтые светофильтры, которые при этом будут иметь очень небольшую кратность.

Павильонные съемки на «Изопанхроме» при полуваттном освещении дадут правильную цветопередачу даже без всяких светофильтров, при дуговом же освещении необходимо для правильной цветопередачи все же употреблять слабые желтые светофильтры.

Большую пользу для оценки освещения при съемке смогут принести желтые монохромные «СКС». Сохраняется пленка «Изо-

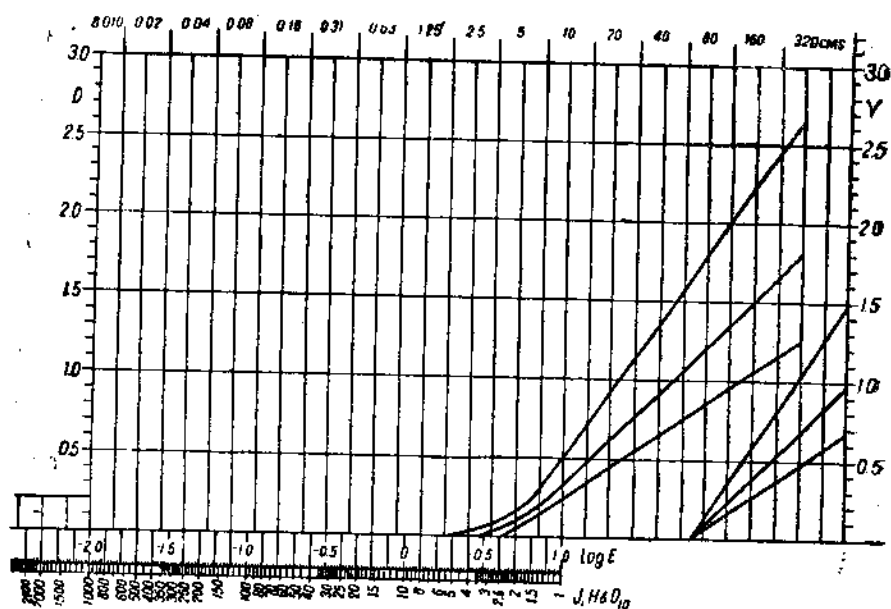


Рис. 99. Характеристическая кривая советской позитивной пленки (при л.мкс Гефнера)

панхром» пока недолго — 6—8 мес. («Ортохром» — около года), но фабрики непрерывно работают над удлинением этих сроков.

В отношении фоторегрессии (ослабление скрытого изображения при хранении снятой пленки) исчерпывающих данных о советской пленке пока не имеется, но есть указания, что некоторые номера эмульсий не избавлены еще от этого недостатка.

Позитивная пленка советских фабрик (рис. 99) представляет собой нормальную позитивную пленку со средним контрастом и чувствительностью. Слой пленки довольно слаб и в жаркое время года при обработке ее следует обязательно применить дубящие ванны.

По этой же причине нежелательно употребление проявителей, содержащих едкие щелочи, так как последние уменьшают проч-

ность желатинового слоя. Сохраняется пленка достаточно хорошо.

Кроме обычной позитивной пленки на целлулоидной основе, у нас изготавливается также пленка на ацетилцеллюлозной основе. Эта негорючая пленка предназначена для колхозной и клубной киносети, для учебного и домашнего кино и имеет большие перспективы для дальнейшего развития. Она изготавливается шириной в 16 мм для узкоплёночных проекторов.

Фотокинохимический трест выпускает также ряд сортов пленки, предназначенной для специальных целей.

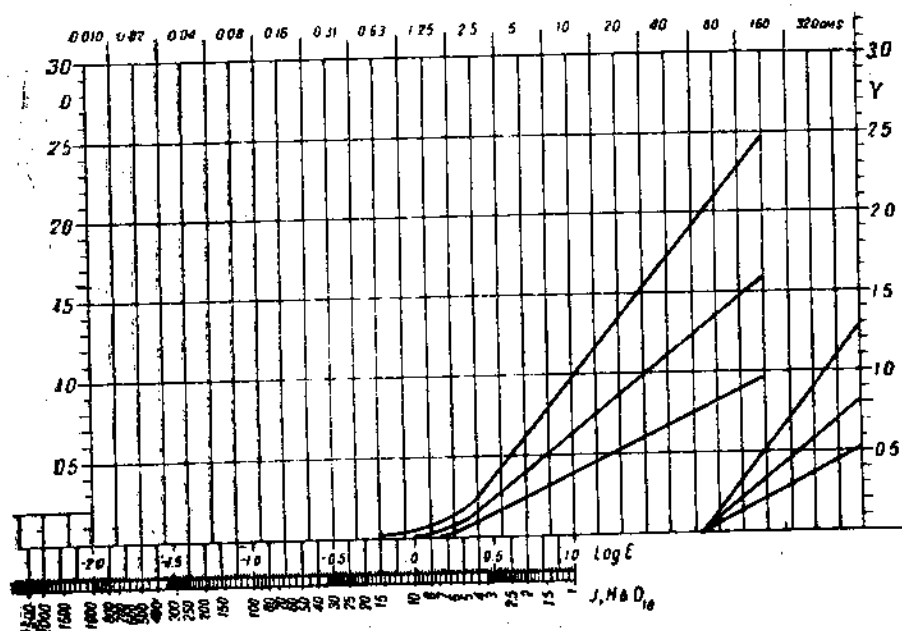


Рис. 100. Характеристическая кривая советской пленки «3Т» для звукозаписи (при лампе Гейнера)

Такой пленкой в первую очередь является пленка для звукозаписи. Пленка для звукозаписи выпускается двух типов. Одна из них под маркой «3Т» (рис. 100) служит для записи звука по так называемому «трансверсальному» методу (система проф. А. Ф. Шорина). Способ этот, как известно, состоит в том, что запись звука получается в виде зубчатой фонограммы, имеющей повсюду одинаковую, достаточно большую плотность. Различные по силе звуки при этом передаются большей или меньшей высотой зубчиков. Поэтому пленка «3Т» по своим свойствам весьма походит на обычную позитивную пленку, отличаясь от нее лишь несколько большей чувствительностью.

Другой тип пленки для звукозаписи «ЗИ» предназначен для

записи звука по интенсивному методу (тагетфон). В этой системе записи различные по силе звуки передаются различными плотностями. Как известно, пропорциональная передача различных интенсивностей света соответствующими плотностями может иметь место лишь на прямолинейном участке кривой. Поэтому, пленка «ЗИ» имеет строго прямолинейную характеристическую кривую с большой шириной, причем область недодержек должна быть по возможности весьма малой, т. е. вскоре же после точки порога чувствительности должен начинаться прямолинейный участок кривой.

Чувствительность пленки «ЗИ» значительно больше, чем пленки «ЗТ» и равна примерно $\frac{1}{3}$ чувствительности негативной пленки. Для правильной записи звука пленка имеет гамму=1, а для лучшего использования света при записи она сенсibiliзируется по возможности равномерно ко всем лучам спектра от 400 до 600 $m\mu$.

Кроме того, пленка имеет между подложкой и эмульсией промежуточный желатиновый слой, окрашенный в желтый цвет при помощи тартрацина, для достижения большей противореальности и повышения разрешающей способности. Поэтому, после обработки пленки, необходимо ее особенно тщательно промывать до полного исчезновения желтой окраски (не смешивать с желтой вуалью).

Кроме своего прямого назначения, пленка «ЗИ» является прекрасным материалом для изготовления контротипов, передавая всю градацию негатива, и с успехом заменяет для этой цели импортные пленки типа «дупликалинг».

Из других сортов пленок для специальных целей фабрики ФОКХТа производят еще ортохроматическую и панхроматическую аэропленку, рентгенопленку и, наконец, пленку, чувствительную к инфракрасным лучам.

Все выпускаемые трестом пленки изготавливаются не только в виде кинопленок, но также и в виде ролльфильмов для пленочных фотоаппаратов, нарезанных пленок в пакетах для зарядки в кассеты пластиночных фотоаппаратов, а также в специальных упаковках для камер «ФЭД». В ближайшем будущем предполагается также выпуск фильмапов (плоские пленки для пластиночных фотоаппаратов в специальной упаковке по 12 шт.).

Для лабораторной обработки негативных пленок, фабрики ФОКХТа рекомендуют следующие растворы, дающие, согласно их практике, лучшие результаты:

А. Проявители

1. Быстро работающий контрастный проявитель:

Метода	1.5 "
Гидрохинона	2.3 "
Сульфита кр. стального	85 "
Сода безводной	55 "
Бромистого калия	0.8 "
Воды	1000 cm^3

Продолжительность проявления 3—5 мин.

2. Нормально работающий проявитель:

Метол	0,8 г
Гидрохинон	3,2 "
Сульфит кристаллического	58 "
Соли безводной	16 "
Бромистого калия	1,2 "
Воды	1 000 см ³

Продолжительность проявления 4—6 мин.

3. Медленно работающий проявитель:

Метол	8 г
Сульфита кристаллического	250 "
Соли безводной	7 "
Бромистого калия	27 "
Воды	1 000 см ³

Продолжительность проявления 10—15 мин. Этот проявитель дает наиболее мелкое зерно.

Б. Ф и к с а ж и

1. Кислый фиксаж:

Воды	1 620 см ³
Сульфита кристаллического	80 "
Гипосульфита	450 "
Серной кислоты, уд. в. 1,84	10 см ³

2. Дубящий фиксаж:

Воды	1 000 см ³
Гипосульфита	300 "
Сульфита кристаллического	80 "
Квасцов хромокалиевых	15 "
Серной кислоты, уд. в. 1,84	2 см ³

Некоторые номера эмульсии имеют склонность давать дихроичную вуаль. Для борьбы с этим явлением необходимо после проявления погружать пленку на 15—30 сек. в 0,5-процентный раствор серной кислоты.

Так же, как и любая заграничная, советская пленка не свободна от некоторых видов механического брака, который, несмотря на тщательный контроль, все же иногда попадает к потребителю. В своих обращениях к фабрикам по этому поводу различные потребители сплошь и рядом называют один и тот же вид брака по-разному, создавая этим для фабрики ряд затруднений в борьбе за качество продукции. Поэтому, фабрики предлагают определенную классификацию различных видов брака пленки, которой следует придерживаться при всяких жалобах на качество пленки (см. табл. 12).

Таблица 12

Классификация пленочного брака

№	Наименование брака	Разновидность брака
1	Разряды	а) Фрикционная вуаль б) Вееристая вуаль в) Разряды в виде точек
2	Нестандартность ширины пленки	а) Слишком узкая б) Слишком широкая
3	Дефекты перфорации	а) Несимметричность б) Заусеницы в) Битый шаг перфорации г) Надрез перфорации
4	Сползание	а) Сползание эмульсионного слоя при нормальной обработке пленки. (Температура сушки 28° С.)
5	Белые точки	а) Десенсибилизация в виде белых точек, обнаруживаемых после проявления б) Депрессия—жировые пятна в) „Пик-пик“—воздушные пузырьки г) Пузырьки в основе
6	Царапины	а) Прерывистые царапины (морзе) б) Затяжные царапины
7	Засветки	Повышенная вуаль на части пленки
8	Черные точки	Черные точки, появляющиеся в процессе обработки
9	Пыль	Перфорационная пыль
10	Желтизна	Дихроичная вуаль (цветная) на всей пленке при нормальной обработке (температура проявителя 18—20° С, проявитель свежий, фиксаж кислый)
11	Неровный полив	Различная плотность одного и того же объекта в различных точках кадра
12	Склейка разных эмульсий	Пленка по фотографическим свойствам после склейки развится более, чем на 15%
13	Дефекты по фотографическим свойствам	а) Малый контраст б) Малая чувствительность в) Повышенная вуаль

Всем потребителям советской пленки необходимо помнить, что только дружной общей работой можно довести до совершенства выпускаемые советскими фабриками пленки и потому необходимо все свои замечания и наблюдения, связанные с вопросами качества и эксплуатации пленки, сообщать фабрикам через производственный отдел ФОКХТа (Москва, М. Гнездиновский, 7).

Иностранная пленка

В этом отделе рассматриваются свойства и применение некоторых сортов киноплёнок, которые или пока еще импортируют-

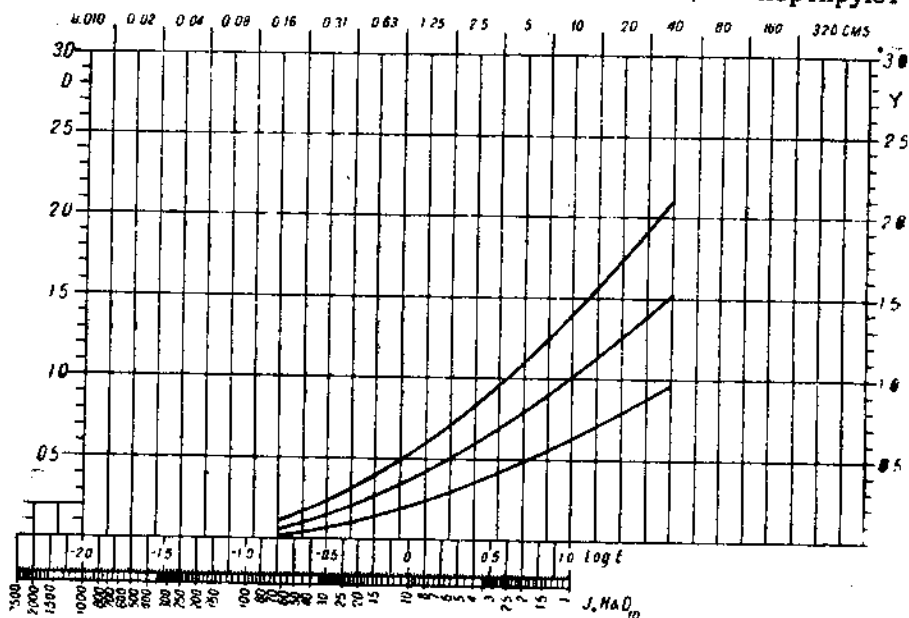


Рис. 101. Характеристическая кривая пленки Агфа-„Специаль“

ся в некотором количестве в СССР или являются наиболее типичными, так как с ними наши операторы привыкли работать в прошлые годы.

Агфа-«Специаль». Пленка среднего универсального типа (рис. 101). Ортохроматизирована она сравнительно слабо и поэтому при съемке на ней цветопередача не может быть получена правильной. Ввиду того, что эта пленка чувствительна, главным образом, к сине-фиолетовой части спектра, наилучшими источниками света при съемке будут дневной свет, ртутный свет и вольтова дуга. При употреблении в качестве источника света полуваттных ламп, цветопередача улучшается, но чувствительность пленки при этом сильно понижается.

По этой же причине, т. е. вследствие того, что пленка чувствительна более всего к сине-фиолетовым лучам, при съемке на

ней не может быть рекомендовано употребление желтых светофильтров, так как они будут иметь очень большую кратность, не внося в то же время существенного улучшения в цветопередачу.

Наоборот, большую пользу при натурной съемке могут принести оттененные светофильтры, давая хорошую проработку облаков и дали, без необходимости увеличивать экспозицию.

Контраст пленки средний, широта же очень значительная, и, таким образом, она выдерживает довольно большие отклонения от нормальной экспозиции. Форма характеристической кривой — прямолинейная или слегка вогнутая, с очень небольшой областью недодержек. Пленка довольно стандартна по своим свой-

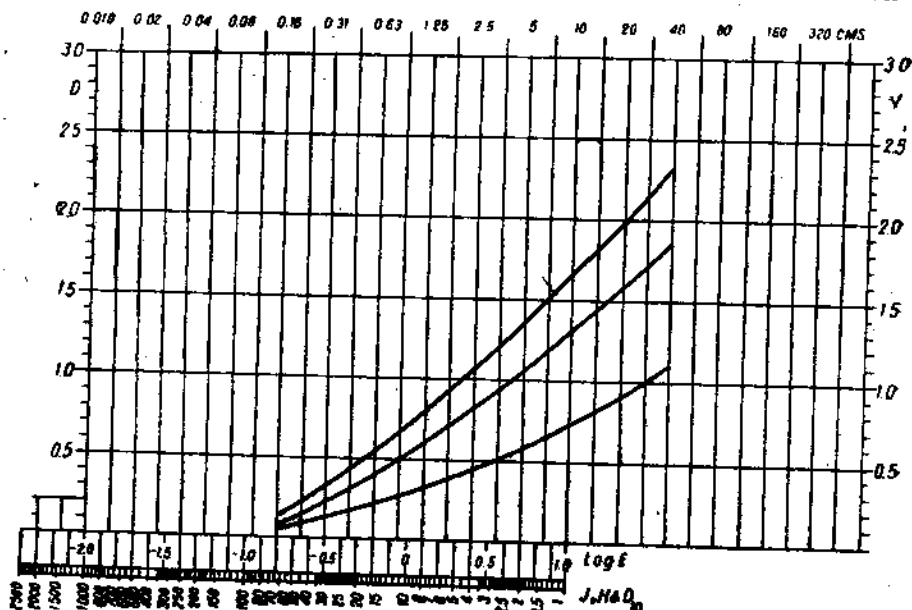


Рис. 102. Характеристическая кривая пленки Агфа-„Кинехром“

ствам — колебания чувствительности между отдельными номерами эмульсий не превышают 10%, колебания контраста не выше 0,2. Достаточно мелкозерниста. Сохраняется пленка очень хорошо как до съемки (годами), так и после, и с успехом может применяться в экспедициях, если является единственным сортом, находящимся в распоряжении оператора.

Применяется вообще как универсальный негативный материал для всех обычных случаев съемки как в павильоне, так и на натуре. Не следует, однако, забывать, что в большинстве случаев при съемке на этой пленке можно получить только более или менее средний результат, наилучших же возможных в каждом отдельном случае негативов удастся добиться, только применяя для каждого вида съемки наиболее подходящий для данных условий специальный сорт.

Агфа-«Экстра-Рapid». Пленка с повышенной общей чувствительностью, которая, примерно, в 1,5—2 раза больше, чем у пленки «Специаль».

Ортохроматизация пленки слабая, и в отношении цветопередачи, употребления светофильтров и источников света она вполне схожа с пленкой «Специаль». Контраст значительно меньше, и пленка является мягкороботающим негативным материалом. Благодаря этому, а также очень большой широте, пленка хороша для павильонных съемок и особенно для крупных планов, допуская в то же время благодаря повышенной чувствительности значительную экономию в свете.

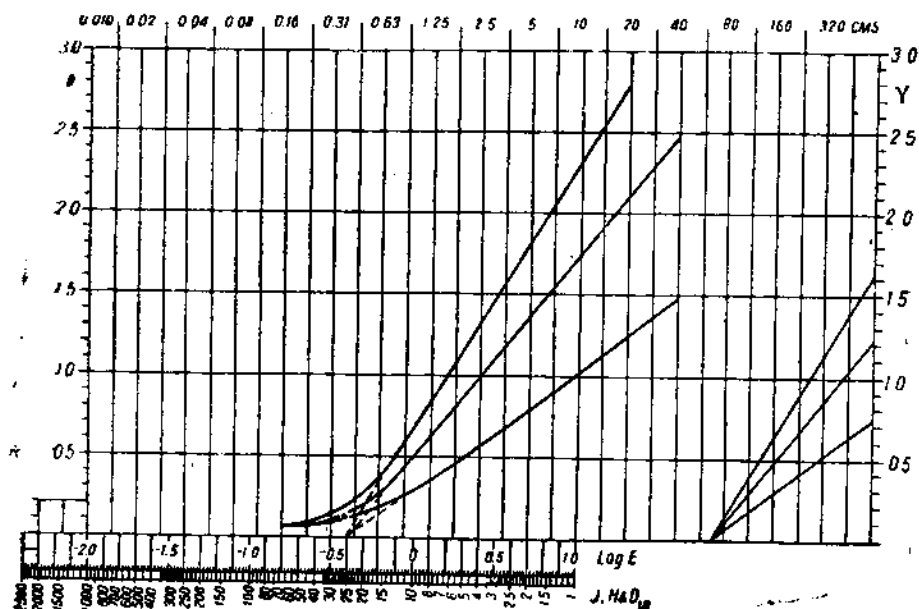


Рис. 103. Характеристическая кривая пленки Агфа-«Аврохром»

Вообще пленку следует применять во всех случаях съемки при недостаточном освещении. Зерно ее несколько крупнее, чем у пленки «Специаль». Сохраняется она несколько хуже, чем другие сорта, но все же вполне удовлетворительно.

Агфа-«Кинехром». Пленка представляет собой ортохроматический негативный материал, чувствительность которого к желтым и зеленым лучам значительно выше, чем у «Специаль» (рис. 102). При съемках с полуваттным светом вполне удовлетворительная цветопередача получается уже при употреблении слабых желтых светофильтров, или даже совсем без них; при дуговом и дневном свете для правильной цветопередачи светофильтры все же необходимы, причем кратность их значительно меньше, чем при съемках на пленках первых двух сортов (Агфа-«Специаль» и Агфа-«Экстра-Рapid»).

Чувствительность пленки приблизительно в 1,5 раза выше, чем у пленки «Специаль», и, примерно, равна «Экстра-Рапид», хотя чем желтее свет, тем разница между ними больше. Контраст несколько выше, чем у пленки «Специаль». Форма характеристической кривой — прямолинейная с очень большой шириной. Колебания всех характеристик пленки у отдельных номеров эмульсий невелики.

Хорошая ортохроматизация определяет область применения пленки. Это область, главным образом, натурной съемки, и отдельные случаи съемки в павильоне, например, цветных объектов. Наилучшее освещение при съемке — дневной свет и дуговые лампы, хотя с некоторой потерей в чувствительности могут употребляться и полуваттные лампы. Сохраняется пленка хорошо, что допускает употребление ее в экспедициях. Несмотря на хорошую ортохроматизацию, лабораторная обработка ее вполне безопасна, вследствие того, что к красному цвету пленка почти совершенно не чувствительна.

Агфа-«Аэрохром». Одна из самых контрастных и наиболее хорошо ортохроматизированных негативных пленок, по своему контрасту приближающаяся к некоторым сортам позитивных пленок (рис. 103). Ортохроматизация ее настолько высока, что правильная цветопередача получается уже при съемке без светофильтров, конечно, за исключением красного цвета, к которому пленка нечувствительна. Вообще употребление сильных светофильтров при обычных случаях съемки не рекомендуется, так как увеличивает и без того очень большой контраст.

Колебания отдельных свойств пленки довольно значительны, в особенности колебания чувствительности и контраста (до 30—40%). Вследствие большого контраста ширина довольно мала, и поэтому экспозиция должна устанавливаться с большей точностью, чем при съемке на других сортах. Применяется эта пленка в отдельных специальных случаях, например, при съемках в горах, воздушной съемке, съемках дали, микрокиносъемке и в случае натурной съемки при очень пасмурной погоде, — вообще тогда, когда необходимо получить наибольший возможный контраст. Сохраняется пленка хорошо.

Агфа-«Тропен». Пленка во всем похожа на пленку «Специаль» и лишь приспособлена для лабораторной обработки в условиях высокой температуры. Применяется в тех же случаях съемки, что и «Специаль». В экспедицию в жарких странах эту пленку следует брать лишь тогда, когда предполагается проявлять ее на месте. Если же проявление будет производиться по возвращении из экспедиции, брать пленку «Тропен» не обязательно.

Агфа-«Панкине». Обладая наряду со значительной общей чувствительностью большой чувствительностью ко всем цветам спектра, эта пленка представляет собой универсальный негативный материал для съемки всякого рода цветных предметов при употреблении в качестве источника света полуваттных ламп (рис. 104). Правильная передача цветов оригинала получается

уже при съемке без светофильтров, при дневном же и дуговом свете желательно употребление хотя бы самых слабых желтых светофильтров, имеющих при этом очень небольшую практически неощутимую кратность.

Употребление ртутных ламп при съемке на «Панкине» нецелесообразно и в крайнем случае может быть допущено в комбинации с полуваттными. При употреблении красного светофильтра пленка дает возможность при съемке днем получать так называемый «ночной эффект», т. е. белые облака на черном небе и светлую зелень, хотя более полно этот эффект получается на пленке «Р-фильм» (см. ниже).

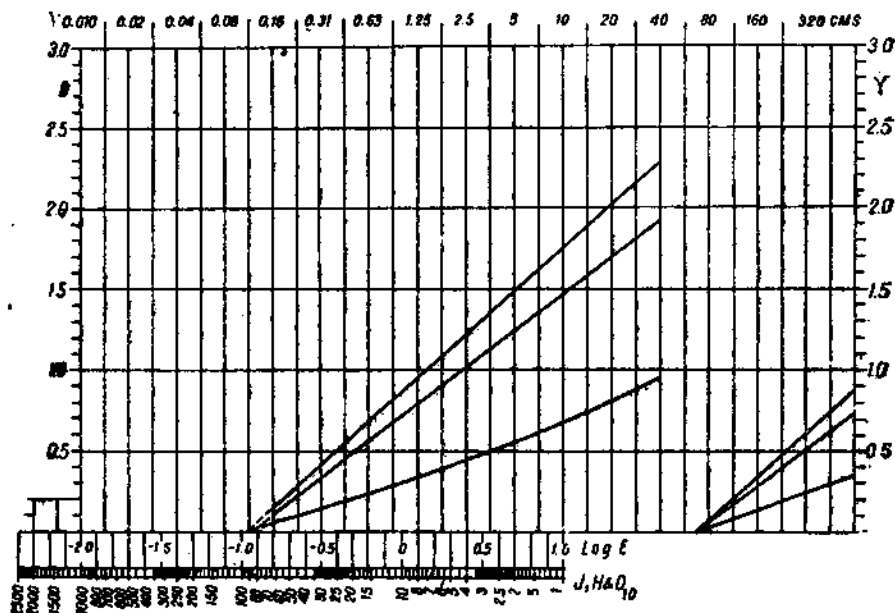


Рис. 104. Характеристическая кривая пленки Агфа „Панкине“

Благодаря возможности производить съемку при полуваттном освещении пленка «Панкине» находит себе широкое применение при звуковых синхронных съемках, а ввиду своей высокой цветочувствительности пригодна также и для цветной кинематографии. Благодаря своему несколько пониженному контрасту пленка хороша для павильонных съемок, в особенности крупных планов. Для съемок на натуре ортохроматический негативный материал оказывается более пригодным, чем панхроматический, так как последний имеет несколько меньшую чувствительность к зеленому цвету. Конечно, это не относится к тем случаям, когда доминирующим цветом сюжета является красный цвет, который необходимо правильно передать.

Пленка имеет очень большую широту и очень стандартна по

своим свойствам. Форма характеристической кривой прямолинейная, или чаще слегка вогнутая.

Сохраняется слабее других сортов, во всяком случае не следует ее хранить свыше года.

Проявляется «Панкине» или в темноте по времени, или после обработки десенсибилизатором. Имеющиеся в продаже зеленые стекла для лабораторных фонарей особых преимуществ не дают, так как или слишком темны, или вуалируют пленку.

Агфа-«Суперпан». Пленка для специальных видов съемки представляет собой панхроматический материал, общая чувствительность которого и чувствительность к красному свету сильно повышены специальной химической обработкой, называемой гиперсенсibilизацией. В остальном близко подходит к пленке

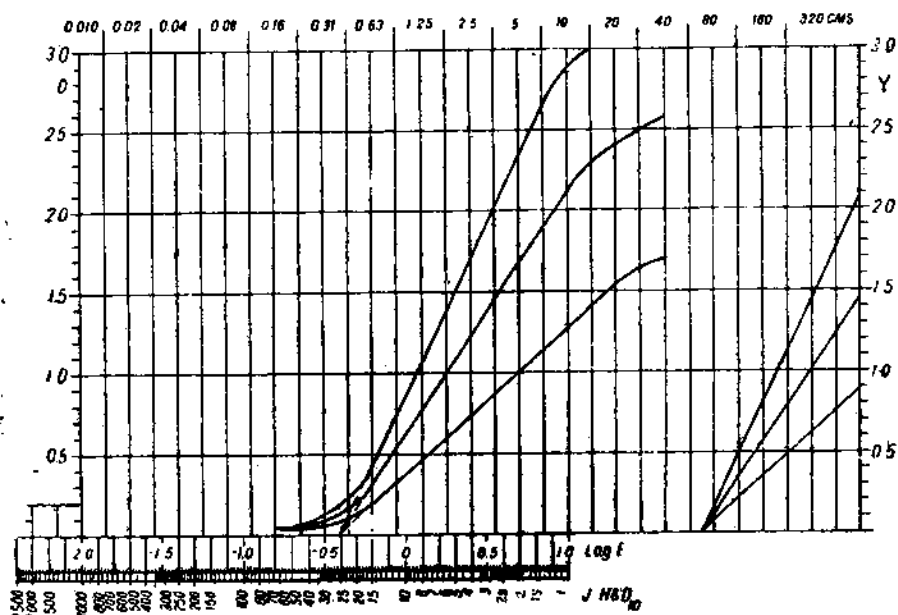


Рис. 105. Характеристическая кривая пленки Агфа «Аэропан»

«Панкине», отличаясь от нее лишь большей вуалью. Назначение пленки «Суперпан», — съемка уличных сцен ночью без подсветки, театральных постановок во время действия и т. п. При обычных условиях съемки никаких преимуществ перед «Панкине» она не имеет. Сохраняется очень недолго — около 2 недель.

Агфа-«Панкине, тип G». Эта пленка представляет собой улучшенную пленку «Панкине». Ее общая чувствительность значительно повышена по сравнению с последней, а также улучшена цветочувствительность к зеленым лучам. Сенсibilизация пленки настолько хороша, что при обычных случаях съемки употребление светофильтров является излишним. Лишь тогда, когда требуется абсолютно правильная цветопередача, например, при научных съемках, следует употребить слабый зеленый свето-

фильтр. «Панкине, тип G» изготавливается на целлулоиде, окрашенном слегка в серо-фиолетовый цвет (не смешивать с вуалью). Этим достигается противоореальность пленки, что позволяет снимать на ней ночные сцены с резкими контрастами света и теней. Даже в случае попадания в кадр источников света последние почти не дают ореолов. Область применения та же, что и пленки «Панкине», однако «Панкине типа G» выгоднее в эксплуатации благодаря лучшему качеству и возможности обойтись меньшим освещением ввиду повышенной ее общей чувствительности. Сохраняется пленка достаточно хорошо около года. В самое последнее время Агфа выпустила еще новый сорт пленки «Панкине, тип H», отличающийся от «Панкине, тип G» еще большей чувствительностью и фото-широтой.

Агфа-«Аэропан». Самая контрастная из всех панхроматических пленок (рис. 105). По своей цветочувствительности приближается к пленке «Панкине, тип G», уступая ей в отношении общей чувствительности, а по контрасту даже несколько превышает пленку «Аэрохром» (см. ниже).

Область применения этой пленки — съемка очень удаленных предметов и аэросъемка в неблагоприятных атмосферных условиях и с больших высот, а также аэросъемка местностей, с преобладающими красными и желтыми оттенками земной поверхности. При употреблении красных светофильтров удается проработать даль на расстоянии до 20—30 км (съемку на более далекие расстояния необходимо производить в инфракрасных лучах).

При обычных киносъемках пленка мало применима и употребляется только в тех случаях, когда необходимо получить особо контрастные негативы и окраска сюжета требует применения панхроматического материала. Сохраняемость пленки такова, как и пленки «Панкине», — около года.

Агфа-«R-фильм». Эта пленка обладает чувствительностью только к сине-фиолетовой, красной и инфракрасной зонам спектра (рис. 106). Ввиду того, что красные и особенно инфракрасные лучи сравнительно в малой степени рассеиваются атмосферой, они могут почти полностью проходить значительные толщи ее и, в известной мере, через слои тумана. Между тем лучи с более короткой длиной волны, в особенности фиолетовые и ультрафиолетовые, именно в силу большого рассеяния их атмосферой, способны к образованию «воздушной дымки».

Поэтому, если при съемке на этой пленке красным светофильтром поглотить все лучи кроме красных и инфракрасных, можно снимать через значительные толщи атмосферы или сквозь густую дымку и получать вполне резкие негативы. На «R-фильм» возможна съемка предметов, удаленных на расстояние многих десятков километров без малейших следов воздушной дымки (съемка при этом должна производиться, конечно, с очень высокого места или с самолета). Кроме того, на ней можно получить прекрасные «ночные эффекты» при съемках днем, так как зелень сильно отражает инфракрасные лучи и поэтому получается в данном случае белой, в то время как синее небо благодаря свето-

фильтру передается как черное. Необходимо только следить за тем, чтобы небо было безоблачным, так как облака могут испортить эффект, оставаясь белыми. В особенности хороший ночной эффект получается при съемке больших водных пространств.

Недостатком пленки является ее очень малая фото-широта, не допускающая каких-либо ошибок в эксплуатации. Однако, этот недостаток замечен только в случае применения пленки для достижения ночных эффектов.

При съемке же дали небольшая широта пленки не мешает, так как, здесь сами сюжеты съемок имеют очень небольшую широту яркости (см. главу I). Сохраняется пленка хорошо (около полугода), но боится высокой температуры, которая вызывает на ней

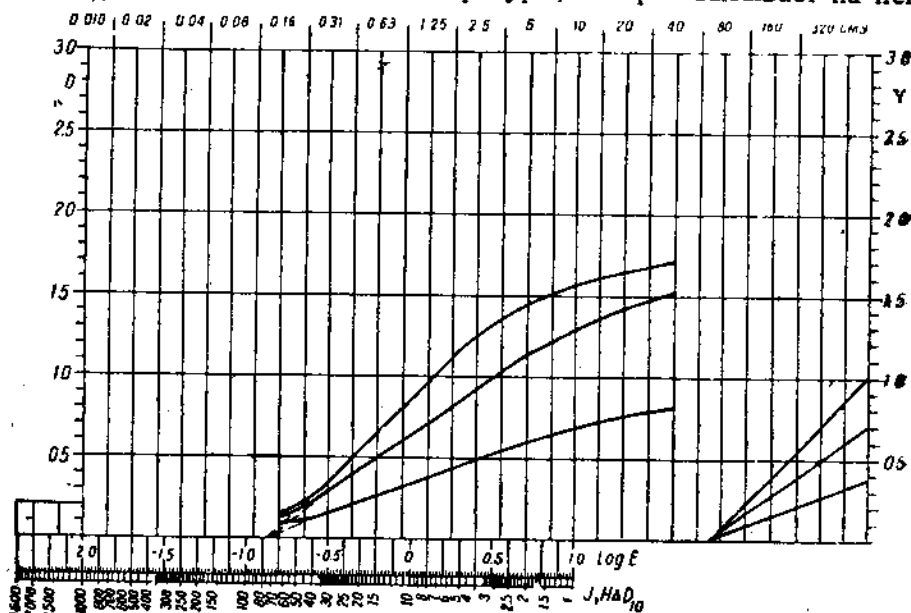


Рис. 106. Характеристическая кривая пленки Агфа „Р-фильм“

вуаль. Зарядка и проявление могут производиться при сравнительно ярком специальном зеленом освещении.

А г ф а-«Б и п а к-ф и л ь м». Пленка специально для цветной кинематографии по двухцветному субтрактивному способу. Состоит из двух пленок, сложенных вместе, слой к слою, и экспонирующихся вместе, в специальных 4-кассетных камерах. Во избежание сдвигов обе пленки перфорируются вместе и упаковываются также парами. Одна из пленок обращена, следовательно, к объективу целлулоидной стороной и экспонируется с обратной стороны. Другая, задняя, экспонируется сквозь переднюю. Передняя пленка носит название «Ф р о н т-ф и л ь м» и представляет собой обычного типа ортохроматическую пленку с той только оязницей, что слой ее очень тонок и прозрачен и чувствительность несколько меньше обычной. Поверх эмульсионного слоя

«Фронт-фильм» нанесен красно-оранжевый слой, служащий светофильтром для задней пленки. Этот слой исчезает полностью уже в начале проявления и, таким образом, совершенно не мешает ни контролю процесса проявления, ни печати позитива.

Задняя пленка, так называемая «Р ю к-ф и л ь м», представляет собой панхроматическую пленку типа «Панкине, тип G». Эта пленка, как известно, обладает очень большой чувствительностью, что позволяет при экспонировании сквозь эмульсию передней пленки и красный светофильтр получать хорошо проработанные негативы и в то же время общая экспозиция лишь немногим превышает экспозицию при обычной черно-белой съемке. Таким образом, на пленку «Фронт-фильм» действует одна половина спектра, а на пленку «Рюк-фильм» — другая.

Цветочувствительность обеих пленок подобрана таким образом, что при полуваттном освещении правильная цветопередача получается при съемке без всяких светофильтров, при дневном же свете надо применять светофильтр типа Агфа № 1 или № 2.

Сохраняется «Фронт-фильм» очень хорошо, «Рюк-фильм» около полугода, но так как пленка может употребляться только парами (обе пленки имеют даже один номер эмульсии), то срок годности ее определяется сроком годности «Рюк-фильм».

Проявка «Фронт-фильм» может производиться при обыкновенном лабораторном освещении, «Рюк-фильм» же должна обрабатываться при слабом зеленом свете или же предварительно десенсибилизироваться. С полученных двух негативов печатается позитив на специальной двусторонней позитивной пленке, которая после вирурования обеих сторон в специально подобранные разные цвета дает при проекции цветной позитив.

А г ф а-«Д и п о-ф и л ь м». Позитивная пленка, предназначенная специально для процесса Бипак. Эта пленка полита с двух сторон одинаковой эмульсией, так что на одну ее сторону печатается позитив с «Фронт-фильм», а на другую с «Рюк-фильм». После вирурования одной стороны пленки в красный, а другой в зеленый цвет (что производится с помощью особых машин), на просвет получается цветной позитив. Для того чтобы при печати одной стороны не засвечивалась другая, пленка имеет окрашенный в неактивный цвет подслой, который обесцвечивается в процессе проявления.

К о д а к-«П э р-С п и д». Слабо ортохроматизированный негативный материал универсального характера (рис. 107). Как и все негативные материалы фабрики «Кодак», имеет весьма своеобразную форму характеристической кривой — именно вогнутую. Вследствие этого, система сенситометрии Хертера и Дриффильда, основанная на исследовании прямолинейного участка кривой, к ней неприменима, и дать по этой системе численные выражения для чувствительности и контраста не представляется возможным. Благодаря вогнутой форме кривой пленка характеризуется колоссальной фото-широтой (практически свыше тысячи) и позволяет получать при очень больших ошибках в экспозиции вполне нормальные и ровные негативы, при условии,

если каждая сцена будет проявляться отдельно. Наоборот, изменяя время проявления, можно, при одной и той же экспозиции, получать вполне хорошо проработанные негативы почти любой контрастности. В отношении использования светофильтров, источников света и области применения пленка одинакова с пленкой Агфа-«Специаль». Сохраняется она хорошо и очень стандартна по своим свойствам. В общем является одним из самых лучших негативных материалов универсального типа из всех существующих пленок подобного рода.

Кодак-«Супер-Спид». Отличается от пленки «Пэр-Спид» только большей (в $1\frac{1}{2}$ —2 раза) общей чувствительностью и

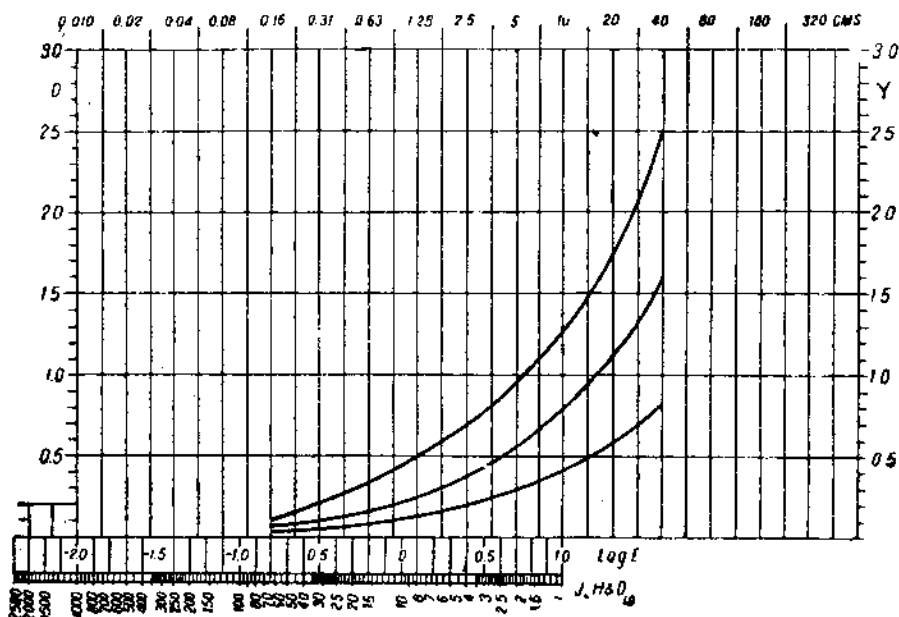


Рис. 107. Характеристическая кривая пленки Кодак-«Пэр-Спид»

вследствие этого еще большей универсальностью. Употребляется в тех же случаях, что и пленка «Пэр-Спид», но позволяет обходиться худшими условиями освещения. Очень похожа на пленку Агфа-«Экстра-Рapid», но благодаря лучшей форме кривой более гибка в отношении экспозиции. Сохраняется несколько меньше, чем «Пэр-Спид», но все же хорошо.

Кодак-«Панхроматик». Чувствительность пленки к зеленым и красным лучам несколько больше, а к желтым несколько меньше, чем у пленки Агфа-«Панкине». Кривая, как и у всех остальных сортов пленок Кодак, вогнутая со всеми ее преимуществами. Область применения та же, что и у пленки Агфа-«Панкине». Сохраняется, как и все панхроматические сорта, сравнительно недолго — около полугода.

Кодак-«Супер-Сенситив Панхроматик» (SS). Пан-

хроматический материал с очень высокой общей чувствительностью и очень хорошей сенсibilизацией (рис. 108). Обладает большей чувствительностью к желтым и красным лучам, чем какие-либо другие пленки. Область применения приблизительно та же, что и у пленки Агфа-«Суперпан», но сохраняется она значительно лучше. Обладает несмотря на высокую чувствительность очень мелким зерном и поэтому может с успехом применяться в фотокамерах типа «Фэд» и т. д. Кривая прямолинейная. Фотоширота (полезная) чрезвычайно большая.

Кодак-«Дупликадинг». Специальная пленка для изготовления контратипов. Имея чувствительность, примерно, равную по-

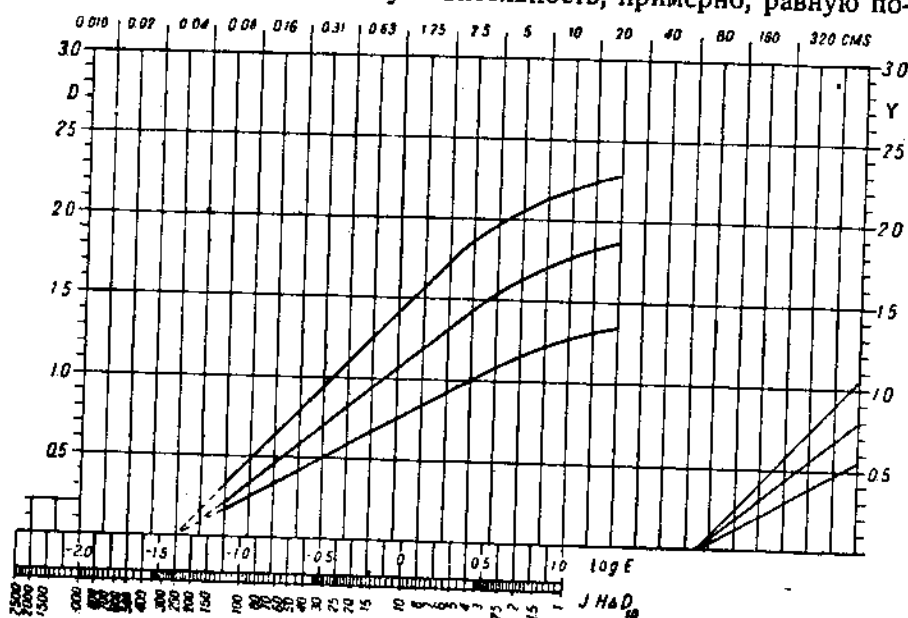


Рис. 108. Характеристики: кривая пленки Кодак-«Супер-Сенситив Панхроматик» (SS)

зитивной пленке, и обладая еще более мелким зерном, чем последняя, она вместе с тем по контрасту похожа на негативную. Кривая ее строго прямолинейна и контраст равен единице, т. е. пленка дает возможность получить при печати или съемке точное подобие оригинала. Для непосредственной съемки мало пригодна вследствие очень слабой ортохроматизации и небольшой чувствительности. Сохраняется хорошо. Требуется особо тщательной промывки после обработки для удаления малейших следов красителя из светочувствительного слоя.

Цейсс-Икон-«Ателье-Специаль». Пленка универсального типа. Ортохроматизирована она несколько лучше, чем Агфа-«Специаль», но все же недостаточно, для того чтобы давать правильную цветопередачу. Во избежание слишком большой кратности светофильтры при съемке на этой пленке следует употреб-

лять только самые светлые. По своему контрасту пленка может быть отнесена к разряду мягко работающих и поэтому очень хороша для съемки крупных планов, если пренебречь недостаточно хорошей цветопередачей. Вообще пленка, как показывает само ее название, предназначена для съемок в ателье при дуговом и ртутном свете, когда соответствующим подбором декораций можно в достаточной мере исправить цветопередачу. В крайнем же случае, за неимением другого более подходящего сорта, на ней можно снимать натуру, где очень желательно применение при этом оттененных светофильтров. Форма характеристической кривой неустойчива — иногда прямолинейная, иногда слегка вогнутая. Колебания отдельных свойств пленки у не-

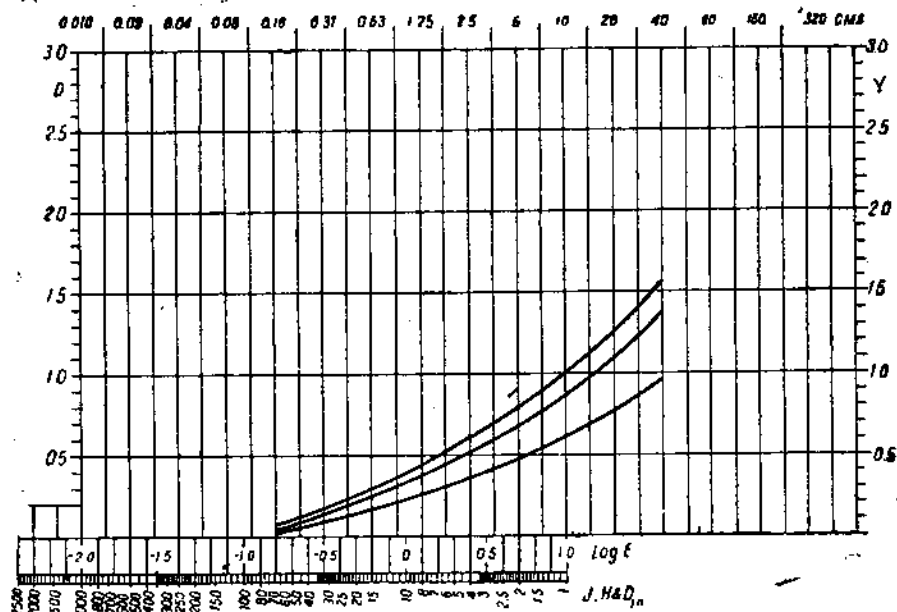


Рис. 109. Характеристическая кривая пленки Цейсс-Икон-«Ортохроматик»

которых номеров эмульсии также довольно значительны. Сохраняется пленка до съемки очень хорошо, но скрытое изображение на ней, как, впрочем, и на всех пленках Цейсс-Икон, сохраняется недолго—при хороших условиях хранения не свыше 2 мес., причем даже в этом случае сильно слабеет со временем. К тому же даже и на этот срок фабрика никаких гарантий не дает. Вследствие этого пленка неприменима в экспедициях, как требующая проявления вскоре после съемки.

Цейсс-Икон-«Ортохроматическая». Пленка с повышенной, примерно в полтора раза против «Ателье-Специаль», чувствительностью (рис. 109). Ортохроматизирована хорошо, но несколько слабее, чем Агфа-«Кинехром». Отличается чрезвычайно малым контрастом, являясь самой мягко работающей из всех

негативных пленок. Вследствие этого, пленку лучше всего применять при съемке природы, освещенной сильным прямым солнечным светом, дающим очень большие контрасты светотеней. Применяя при съемке сильные желтые светофильтры, можно достичь вполне правильной цветопередачи (за исключением, конечно, красного цвета, к которому пленка почти не чувствительна) и в то же время получить достаточно мягко проработанные в светах негативы. При этом светофильтры благодаря хорошей ортохроматизации пленки будут иметь сравнительно небольшую кратность.

К сожалению, пленка дает у отдельных номеров эмульсий большие колебания чувствительности (160—220) и контраста

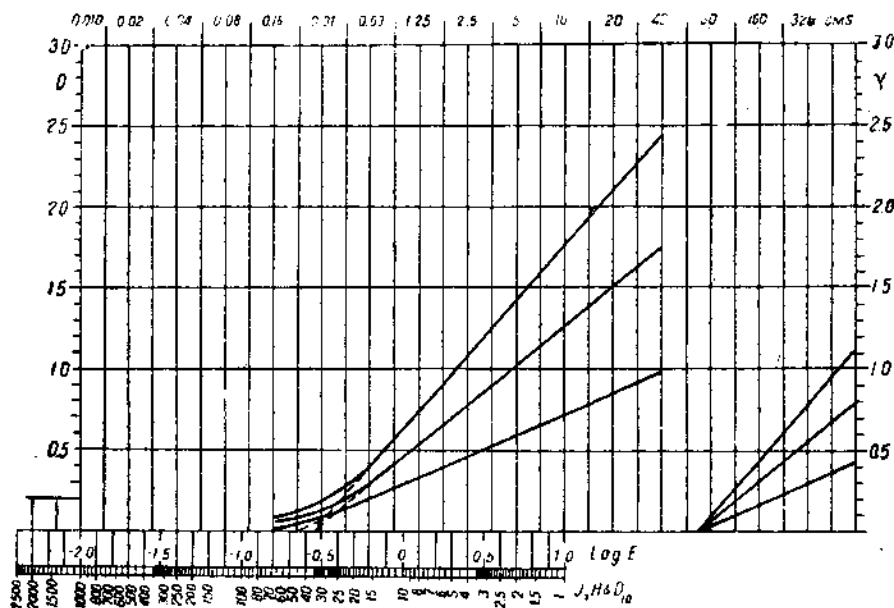


Рис. 110. Характеристическая кривая пленки Геверт-«Специаль»

(0,57—0,75), имеет характеристические кривые очень разнообразных форм, и так же как и «Ателье-Специаль» плохо сохраняет скрытое изображение. Все это сильно сужает область ее применения. Вуаль пленки также несколько выше, чем у пленок других фирм.

Геверт-«Специаль». Одна из самых контрастных негативных пленок (рис. 110). Очень хорошо ортохроматизирована и позволяет получать хорошую цветопередачу даже без светофильтров, применение которых усилило бы и без того очень большой контраст. Поэтому самой подходящей для этой пленки областью применения являются натурные съемки при слабом монотонном освещении, например, в пасмурную погоду; в этих условиях пленка позволяет получать хорошо проработанные негативы с хорошей цветопередачей без светофильтров, применение кото-

рых было бы затруднительно ввиду связанной с этим необходимостью увеличения экспозиции. Характеристическая кривая пленки строго прямолинейна, с огромной фото-широтой (доходящей до нескольких тысяч), что дает возможность при очень больших отклонениях от нормальной экспозиции все же получать вполне гармоничные, одинаковые по контрасту негативы, которые будут в этом случае отличаться лишь общей плотностью.

Колебания чувствительности у отдельных номеров эмульсий незначительны, колебания же контраста несколько больше (1,0—1,3). Пленка отличается особо мелким зерном и поэтому очень подходит для фотокамер типа «Фэд».

Чувствительность ее к красным лучам, хотя и недостаточна

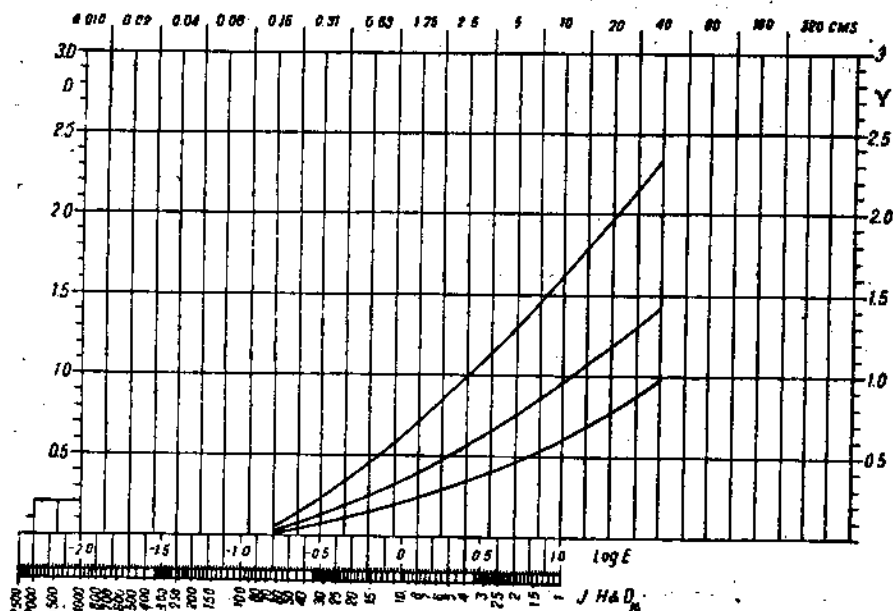


Рис. 111. Характеристическая кривая пленки Геверт-„Панхроматик“

для улучшения цветопередачи, все же требует особой осторожности при зарядке кассет и при лабораторной обработке. Эмульсия пленки довольно слаба и имеет наклонность к сползанию, поэтому в жаркую погоду при обработке ее желательно применять дубящие ванны.

Сохраняется пленка очень хорошо как до экспозиции, так и после, что делает ее вполне пригодной для работы в экспедициях.

Геверт-«Панхроматик». Эта пленка близко подходит по свойствам своим к соответствующим сортам Агфа и Кодак, отличаясь от них лишь большей чувствительностью к красным лучам и меньшей к зеленым. Кривая вогнутой формы со всеми ее преимуществами (см. пленки Кодак). Сохраняется очень хорошо и очень стандартна.

Геверт-«Панхромоза». Эта, недавно лишь выпущенная в продажу, пленка является одним из наиболее светочувствительных современных негативных материалов (рис. 112). Ее чувствительность такова, что при применении светосильной оптики можно производить киносъемку в обыкновенной комнате.

Сенсибилизирована пленка настолько хорошо, что для правильной цветопередачи не нужны зеленые светофильтры, которые обычно применяются для этой цели при съемке на панхроматической эмульсии, а достаточны слабые желтые. При полуваттном же освещении можно работать вообще без светофильтров. Контраст пленки средний. Зерно пленки очень мелкое, в особен-

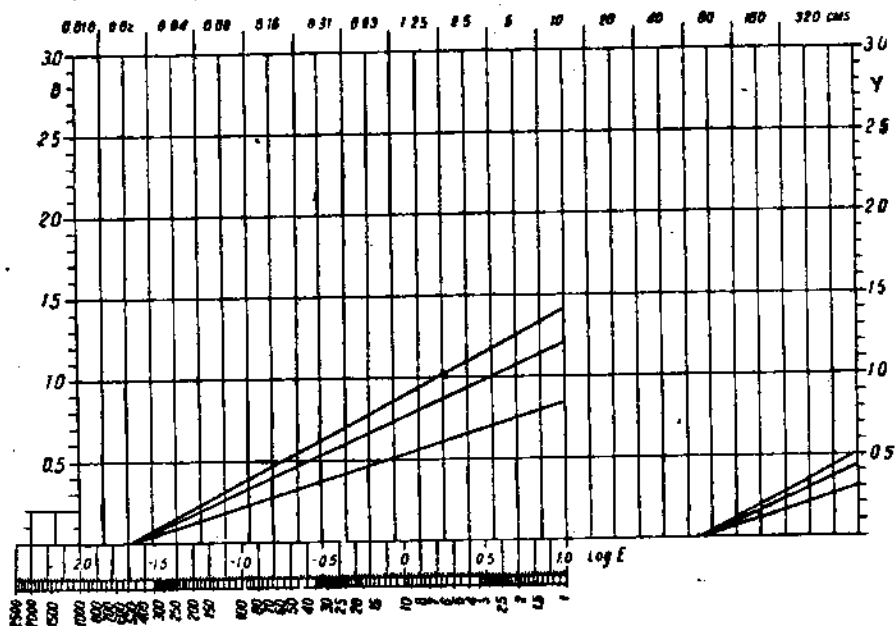


Рис. 112. Характеристическая кривая пленки Геверт-«Панхромоза»

ности при употреблении рекомендуемого фирмой проявителя с бурой и некоторой недопроявке.

Так же как и «Панкине» пленка имеет серый противоореольный подслои. Сохраняется хорошо — около года.

Геверт-«Бипак». Пленка для двухцветного субтрактивного метода цветной кинематографии. Во всем схожа с пленкой Агфа-«Бипак» и отличается от нее лишь тем, что окрашенный слой, нанесенный поверх эмульсии «Фронт-фильм» и служащий светофильтром для «Рюк-фильма», вследствие несколько иной светочувствительности последнего имеет другой, более оранжевый оттенок. Кроме того, этот слой в противоположность пленке Агфа не исчезает при проявлении и для своего обесцвечивания требует специальной ванны. Это, конечно, является большим недостатком пленки.

Таблица 13

Средние сенситометрические данные различных сортов кинолентки иностранного производства¹

№ п/п	Фирма	С о р т	Чувств. Х. и Д ₈₀	Контраст	Фото- широта	Цветочувствительность		
						Синие	Зеленые	Желтые
1	Агфа	"Специаль"	120	0,9	64	1	0,65	0,9
2	"	"Экстра-Рapid"	250	0,8	128	1	1,0	0,7
3	"	"Кинехром"	180	0,9	128	1	4,0	5,0
4	"	"Аэрохром"	100	1,65	64	1	9,2	11,0
5	"	"Панкние"	260	0,85	128	1	1,75	11,0
6	"	"Панки-с, тип G"	800	0,6	128	1	6,3	28,0
7	"	"Аэропан"	300	1,9	32	1	6,0	33,0
8	"	"Р-фильм"	240	1,08	16	1	0,025	0,88
9	"	"Бипак (А), Фронт-фильм"	220	1,08	128	1	3,7	5,3
10	"	б) "Рук-фильм"	800	0,6	128	1	6,3	28,0
11	Кодек	"Позитивная"	8-10	1,84	16	1	—	—
12	"	"Пер-Спид"	—	—	256	1	0,82	0,75
13	"	"Супер-Спид"	—	—	256	1	0,8	0,7
14	"	"Панхроматик"	750	1,06	256	1	2,1	9,3
15	"	"Супер-Сенситив (Панхроматик)"	4	0,98	32	1	6,35	49,0
16	"	"Дупликадинг"	7-8	1,8	128	1	0,28	0,23
17	Геверт	"Позитивная"	130	1,16	16	1	—	—
18	"	"Специаль"	280	0,93	256	1	2,35	3,14
19	"	"Панхроматик"	1350	0,58	256	1	1,3	7,6
20	"	"Панхромоза"	4	1,7	16	1	9,3	28,0
21	Цейс-Икон	"Позитивная"	110	0,85	128	1	—	—
22	"	"Ателье Специаль"	180	0,65	64	1	0,8	1,2
23	"	"О тохроматическая"	6,5	1,45	16	1	1,85	3,4
24	Паник	"Позитивная"	82	1,25	32	1	—	—
25	"	"Негативная"	9	1,7	16	1	0,75	1,5
26	Феррания	"Негативная"	32	0,9	64	1	0,65	0,75
27	"	"Экстра-Рapid"	145	0,92	16	1	0,83	0,89
28	"	"Позитивная"	8,5	2,15	64	1	—	—
29	Пате	"Негативная"	130	0,92	16	1	0,92	2,1
30	"	"Позитивная"	12	2,05	16	1	—	—

¹ Условия испытания: лампа Гефнера, проявитель Шенарда. Цветочувствительность по Эдмунд-Гейту.

Феррания-«Негативная». Пленка универсального типа. Чувствительность ее, примерно, в полтора раза меньше обычных норм. По ортохроматизации схожа с пленкой Агфа-«Специаль», отличаясь от нее лишь несколько меньшей чувствительностью к желтым лучам. Фото-широта пленки невелика. Характеристическая кривая слегка вогнутой формы. Пленка является наиболее чисто работающей из всех сортов негативных пленок. Вуаль ее меньше, чем даже у некоторых позитивных пленок и обычно не превышает 0,06—0,08.

Сохраняется до съемки хорошо, но скрытое изображение на снятой пленке сильно ослабевает и даже совсем пропадает при хранении, еще быстрее, чем у пленок Цейсс-Икон, и поэтому не может быть употребляема в экспедициях.

Феррания-«Экстра-Рapid». Пленка универсального типа. По своим свойствам очень близко подходит к пленкам Агфа-«Специаль» и Кодак-«Пэр-Спид». Область применения такая же, как и этих последних, за исключением того, что вследствие ослабления скрытого изображения при хранении эта пленка не может употребляться в экспедициях, требуя проявки в самом непродолжительном времени после экспозиции.

Характеристическая кривая слегка вогнутой формы. Очень чисто работает. Сохраняется до съемки годами. Больших колебаний отдельные свойства ее не имеют.

Редактор Б. Прокофьев

Технический редактор Д. Юдзон

Сдано в набор 8/IX 1935 г. Подписано к печати 25/I 1936 г. Бумага 62 × 94 в 1/16. Тираж 350.
Объем 10 1/2 л. 49 900 знаков в 1 л. Кинифотоздат № 37. Уполн. Главлита № В-32748

8-я тип. «М. саболопграф», ул. Фрунзе-Вигельса, 46. Зак. № 3372.