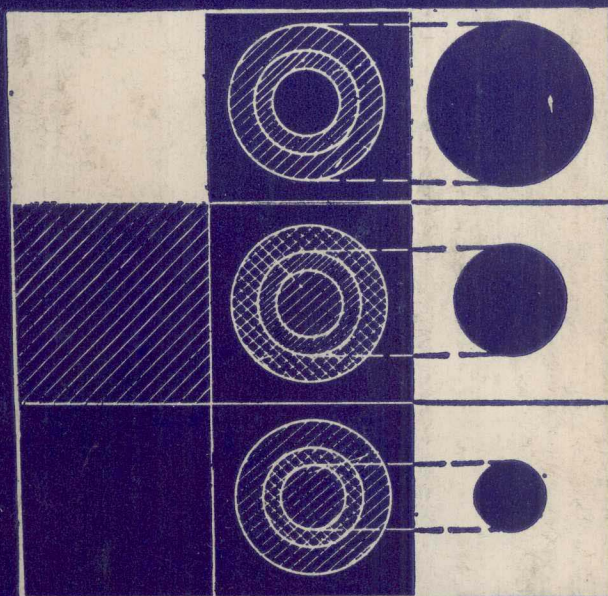


Н. М. Ноткина, П. А. Яцков

ТЕХНОЛОГИЯ ФОТОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



‘КНИГА’

**Наталья Марковна Ноткина,
Павел Анатольевич Яцков**

**ТЕХНОЛОГИЯ
ФОТОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

ИБ № 788

Редактор З. М. Черезова
Художественный редактор Н. Д. Карандашов
Технический редактор А. З. Коган
Корректор А. М. Таранкова

Сдано в набор 24.03.80. Подписано в печать 29.09.80.
Л 13941. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. тип. № 1. Гарнитура
литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 17,64+0,42 вкл.
Уч.-изд. л. 18,45+0,40 вкл. Тираж 6000 экз. Заказ № 357.
Изд. № 2174. Цена 75 к.

Издательство «Книга». Москва, К-9, ул. Неждановой, 8/10

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Хохловский пер., 7.

Н.М.Ноткина, П.А.Якина

ТЕХНОЛОГИЯ ФОТОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Издание второе, переработанное и допол-
ненное

Рекомендовано Управлением кадров и учебных
заведений Государственного комитета РСФСР по
делам издательств, полиграфии и книжной торгов-
ли в качестве учебника для учащихся издательско-
полиграфических техникумов

Москва «Книга» 1980

ББК 37.8
Н 85
УДК 655.2

В книге излагаются основы современных репродукционных фотографических процессов с использованием новых методов маскирования, травления клише, изготовления фотоформ с применением Градар-растра и электронных цветоделителей.

Специальная глава посвящена вопросам нормализации и автоматизации технологических процессов, методам контроля качества продукции и полуфабрикатов.

Предназначена в качестве учебника для учащихся издательско-полиграфического техникума.

Рецензенты:

канд. техн. наук **А. А. Витт**, методическая комиссия
Московского издательско-полиграфического техникума им. Ив. Федорова

От авторов

Настоящая книга является вторым изданием учебного пособия «Технология фотомеханических процессов», вышедшего в 1969 г., и предназначена для учащихся полиграфических техникумов в качестве учебника по одноименному курсу.

В соответствии с программой этого курса в книге рассматривается технология фотомеханических процессов для высокой, глубокой и плоской офсетной печати.

При подготовке нового издания значительно переработан раздел растровой фотографии, в частности, введен материал по новым типам растров (Градар-растр и растр с нерегулярной структурой).

Расширен материал, связанный с применением фотослоев типа ЛИТ, фотополимерных копируемых слоев и слоев на основе диазосоединений. Глава «Травление цинкографских клише» дополнена материалом по безэмульсионному травлению. В главах, посвященных цветной репродукции, несколько расширен материал по контролю цветоделенных фотоформ и корректирующих масок, переработан ряд таблиц и схем, а также введен материал по новому способу контроля цветопередачи — цветопроба.

Новое издание дополнено специальной главой «Нормализация фоторепродукционного процесса», написанной инж. П. А. Яцковым.

Авторы выражают глубокую благодарность канд. техн. наук А. А. Витту, инженерам Р. Н. Волинской, И. А. Нечаевой, Г. В. Василевской, А. И. Абрамовой, Л. П. Троицкой за ценные советы и рекомендации, способствовавшие улучшению рукописи.

Предисловие

В жизни современного общества роль печати очень велика.

Книга, газета, журнал, плакат позволяют донести до миллионов читателей достижения мировой культуры, воспитывают их, помогают им учиться, овладевать профессией, вырабатывать свое мировоззрение.

Роль изобразительной печатной продукции (иллюстрации) особенно велика, когда читатель не знает языка и не может прочесть текст.

Полиграфические способы, обеспечивающие выпуск изобразительной печатной продукции, содержащей преимущественно иллюстрации, объединяются общим названием **репродукционная техника**.

Изготовление печатной продукции состоит из двух основных этапов:

1. Изготовление печатной формы — формный процесс.

2. Получение множества идентичных оттисков с этой печатной формы — печатный процесс.

Первая задача при изготовлении печатной формы — перенести (воспроизвести) изображение с оригинала, который представляет собой графическое изображение — рисунок, чертеж, фотографию, картину и т. д., на формный материал, чаще всего на металлическую поверхность.

До середины XIX в. изображение с оригинала на формный материал переносили вручную (т. е. перерисовывали), что требовало высокой квалификации мастера и не обеспечивало точности передачи. Кроме того, производительность труда была столь низкой, что печатная продукция, особенно иллюстрированная, стоила очень дорого и была недоступной для основной массы населения.

С изобретением фотографии (1839 г.), получившей применение в самых различных областях науки и техники, в том числе и в полиграфии, ручной способ изготовления печатных форм стал постепенно заменяться фотомеханическим. С тех пор вместе с общим развитием и усовершенствованием фотографии развивались, совершенствовались и с каждым годом все шире внедрялись в репродукционную технику специальные фотографические способы, обеспечивающие точную передачу изображения с оригинала на печатную форму. Эти способы объединены общим названием **репродукционная фотография**, а процессы изготовления печатных форм, связанные с репродукционной фотографией, называются **фотомеханическими**.

Фотомеханические процессы широко применяют при изготовлении иллюстрационных и текстовых печатных форм основных видов печати: плоской офсетной, глубокой и высокой.

Независимо от вида печати фотомеханический процесс включает в себя следующие разновидности: фотохимиграфический, состоящий из трех самостоятельных этапов — репродукционной фотографии, копировального процесса (перенесение изображения на формный материал) и химической обработки печатной формы; электронно-гравировальный — печатные формы изготавливают на электронно-гравировальных автоматах; электрографический — печатные формы изготавливают с применением фотополупроводниковых слоев, заряжаемых статическим электричеством.

Рассмотрение фотохимиграфических способов изготовления печатных форм для всех видов печати, как наиболее универсальных и в настоящее время широко применяющихся особенно при выпуске изобразительной продукции, составляет содержание данной книги.

Электронно-гравировальные и электрографические способы изготовления печатных форм рассматриваются в специальной литературе.

Изобразительную продукцию при всем ее разнообразии разделяют на однокрасочную (чаще всего черно-белую) и многокрасочную — цветную. Каждую из этих групп подразделяют на две подгруппы — штриховая продукция, оригиналами для которой являются изображения, выполненные линиями или точками одинаковой яркости, и полутоновая продукция (в высокой и плоской печати — растровая), оригиналами для которой являют-

ся изображения, содержащие участки различной яркости (переходы тонов) *.

Способы изготовления печатных форм отличаются друг от друга в зависимости от характера выпускаемой продукции. В соответствии с этим будут последовательно рассмотрены способы воспроизведения штриховых и полутоновых одноцветных и многоцветных оригиналов, физико-химические основы этих процессов, применяемое оборудование и материалы, основные требования к продукции и полуфабрикатам. Для всех этих способов исходным является процесс репродукционной фотографии.

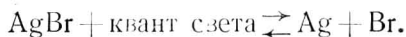
* Подробные определения видов оригиналов будут даны в соответствующих разделах

1.1 Фотография (общие сведения)

Фотография — это способ получения изображения предметов при помощи действия света. Отсюда ее название, составленное из двух греческих слов: «фотос» — свет и «графо» — пишу.

Современный фотографический процесс осуществляется при помощи специальных фотоаппаратов, главной частью которых является объектив — система линз.

Лучи света, отражаемые предметом (объектом съемки), помещенным перед объективом, попадая в него, преломляются, образуя обратное действительное изображение предмета, проецируемое на светочувствительный слой. При попадании на светочувствительный слой лучи света поглощаются молекулами галогенного серебра. Происходит фотохимическая реакция — ионы брома окисляются, а ионы серебра восстанавливаются до атомов



Атомы серебра образуют в слое невидимое, «скрытое», изображение. Чтобы сделать его видимым, слой проявляют в специальном растворе — проявителе.

Главная составная часть проявителя — химический восстановитель. В процессе проявления под действием химического восстановителя происходит химическая реакция — восстановление галогенного серебра до металлического. Восстановленное при проявлении металлическое серебро черного цвета выделяется с наибольшей скоростью на участках скрытого изображения пропорционально количеству подействовавшего света. Самые светлые участки объекта, отразившие наибольшее количество света, — светлые; при проявлении на них выделяется наибольшее количество серебра. После проявления они окажутся самыми темными участками. Переходные тона объекта — полутон — в проявленном изображении будут темнее или светлее в зависимости от количества

отраженного ими света и количества выделившегося металлического серебра. Темные участки объекта — тени на проявленном изображении будут совсем белые (цвет невосстановленного бромистого серебра), так как галогенное серебро там не успевает восстановиться до металлического.

Таким образом, проявленное изображение по сравнению с объектом съемки имеет обратное распределение яркостей — светá объекта получатся на нем наиболее темными; изображение будет **негативным**. Слой, содержащий такое изображение, называется **негативом**.

Невосстановленное бромистое серебро, оставшееся на негативе, нужно удалить, иначе в дальнейшем под действием света оно восстановится, негатив почернеет и изображение исчезнет. Для того чтобы закрепить (фиксировать) изображение, негатив обрабатывают раствором закрепителя — фиксажем.

Главная составная часть фиксажа — тиосульфат (или гипосульфит) натрия, который, реагируя с галогенным серебром, образует растворимую в воде соль серебра. Процесс перевода галогенного серебра в растворимую соль называется **фиксированием**.

Проявление и фиксирование проводят в полной темноте или при неактиничном свете, т. е. таком свете, к которому данный фотослой нечувствителен. Для большинства фотослоев неактиничным является красный свет.

После фиксирования негатив промывают водой, для того чтобы растворить и удалить полученную соль серебра и избыток гипосульфита. Промывать негатив можно на свету. После промывки негатив сушат и на этом его изготовление заканчивается.

На готовом негативе светá и полутона́ объекта представлены бóльшим или меньшим количеством черного металлического серебра, а тени объекта прозрачны, так как они не отражали света и на их месте не образовалось металлического серебра. В соответствии со светáми и тенями объекта принято называть темные участки негатива — «светáми», а прозрачные — «теня́ми».

Негатив служит для получения **позитива**, на котором света объекта представлены светлыми участками, а тени — темными.

Если подложка позитива прозрачна и его можно рассматривать в проходящем свете, он называется **диапозитивом**.



Рис. 1. Негатив и позитив к нему

Негатив отличается от позитива только распределением яркостей по отношению к объекту: обратное — на негативе и прямое — на позитиве (рис. 1). Поэтому изготовление негатива (негативный процесс) и изготовление диапозитива (позитивный процесс) принципиально не отличаются друг от друга.

Позитивный процесс может осуществляться по двум вариантам — контактному и проекционному.

В первом, контактном, способе негатив накладывают на фотопленку или фотобумагу, помещают в специальную раму или станок, прижимают друг к другу до полного контакта (в станке при помощи вакуума) и освещают.

В проекционном способе изображение проецируется на светочувствительный слой при помощи объектива. Преимущество проекционного способа — возможность изменять размеры изображения. В обоих случаях лучи света пройдут через прозрачные участки негатива — тени, частично пройдут через полутона и почти не пройдут через света негатива. После проявления в тенях и полутонах образуются соответствующие потемнения за счет выделившегося металлического серебра. Галогенное серебро, невосстановленное в светах и частично в полутонах, удаляют так же, как и в негативном процессе путем фиксирования и последующей промывки. Закачивается изготовление диапозитива или позитивный процесс — сушкой.

Негативный и позитивный процессы неразрывно связаны между собой — в основе их лежат одни и те же физические и химические явления и потому последовательность операций у них одинакова; один процесс является продолжением другого и, следовательно, оба они в равной степени влияют на качество полученного фотографического изображения.

1.2. Светочувствительные материалы

В современной фотографии в качестве светочувствительного материала применяют преимущественно бромосеребряные слои, представляющие собой тонкий слой желатины, в котором распределены кристаллы галогенного, главным образом бромистого серебра. Светочувствительным веществом является галогенное серебро, а желатина — дисперсионной средой, в которой кристаллы галогенного серебра распределены более или менее равномерно.

Желатиновый слой может быть нанесен на прозрачную стеклянную подложку или гибкую пленку, если с негатива или диапозитива будут получать новое изображение, а также на непрозрачный материал, если получают конечное изображение. Пленочная подложка называется основой. На нее со стороны, обратной эмульсионному слою (с оборота), обычно нанесен противоореольный слой — контрслой, назначение которого — препятствовать скручиванию пленки. В некоторых видах пленки в контрслой введен краситель, поглощающий прошедший через эмульсионный слой свет и препятствующий образованию ореолов (см. § 4.9). В этом случае контрслой является не только противоскручивающим, но и противоореольным. На рис. 2 светочувствительный материал представлен схематически. Верхний его слой — защитный, состоит из хорошо задубленной

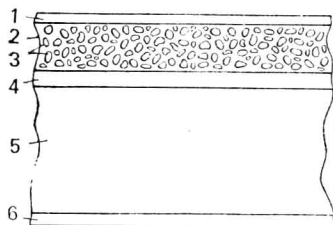


Рис. 2. Схема строения светочувствительного материала:

1 — защитный слой; 2 — эмульсионный слой; 3 — эмульсионные зерна (микрокристаллы галогенного серебра); 4 — подслой; 5 — подложка (пленка, стекло или бумага); 6 — противоореольный слой

желатины. Он предназначен для предохранения лежащего под ним светочувствительного слоя от механических повреждений. Под защитным слоем находится светочувствительный слой, называемый эмульсионным.

Эмульсионный слой представляет собой пленку из воздушно-сухой желатины. В нем находятся во взвешенном состоянии микрокристаллы галогенного, чаще всего бромистого серебра, с небольшой примесью иодистого или хлористого серебра. Эти кристаллы называются эмульсионными зернами; их диаметр колеблется от 0,3—1,0 до 2,0 мкм (на 1 см² фотопленки приходится около 10⁹ эмульсионных зерен). Эмульсионный слой удерживается на подложке при помощи подслоя — желатинового слоя с добавкой дубителя и веществ, способствующих склеиванию.

Для получения эмульсионного слоя раствор желатины со взвешенными в нем микрокристаллами галоген-

Таблица 1

Цветочувствительность фотографических слоев

Типы фотослоев	Чувствительность к зонам спектра			Свет, при котором ведется обработка
	красной	зеленой	синей	
Несенсибилизированные	Нечувствительны		Чувствительны	Оранжевый или красный
Ортохроматические	Нечувствительны	Чувствительны, но меньше, чем к синим	Чувствительны	Красный
Изоортохроматические *	Нечувствительны	Почти равномерно чувствительны		Красный
Панхроматические *	Чувствительны меньше, чем к синим	Мало чувствительны	Чувствительны	Полная темнота
Изопанхроматические	Почти равномерно чувствительны			Полная темнота

* Ortho — правильный; pan — все; iso — равный.

ного серебра, так называемого эмульсию*, поливают на подложку, покрывают слоем, и высушивают.

При изготовлении эмульсии в числе прочих добавок в нее вводят оптические сенсibilизаторы**, которые придают фотослою чувствительность к различным лучам спектра. Обычные бромосеребряные слои нельзя применять при фотографировании многоцветных объектов, так как галогенное серебро чувствительно только к синим и ультрафиолетовым лучам спектра, т. е. к лучам с длиной волны λ менее 500 нм.

Для того чтобы очувствитель галогенное серебро к длинноволновым лучам спектра, в эмульсию вводят оптический сенсibilизатор — вещество, которое, адсорбируясь на поверхности эмульсионных кристаллов, во время экспонирования поглощает кванты света и передает их энергию ионам Br^- (или Cl^- , или I^-).

Процесс очувствления бромистого серебра называется оптической сенсibilизацией. В качестве оптических сенсibilизаторов применяют сложные органические вещества, которые очувствляют галогенное серебро к различным лучам спектра (табл. 1).

1.3. Экспонирование.

Образование скрытого изображения

Фотографический процесс начинается с того, что фотослой подвергают действию света, т. е. экспонируют. На тех участках фотослоя, где действовал свет, происходит фотохимическая реакция — галогенное серебро восстанавливается до металлического, при этом его выделяется настолько мало, что видимых изменений в фотослое после экспозиции не происходит. При последующем проявлении эмульсионные кристаллы, содержащие металлическое серебро, восстановленное во время экспозиции, проявляются быстрее, чем остальные кристаллы, что и позволяет получить видимое изображение.

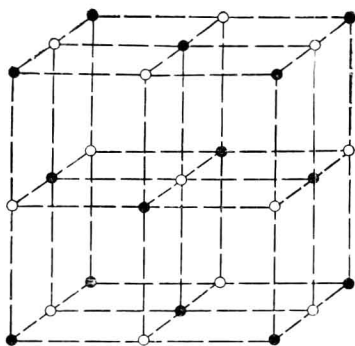
Новейшие методы исследования показали, что металлическое серебро, восстановленное во время экспозиции, образует с фотослоем так называемое скрытое изображение, состоящее из отдельных частиц серебра колло-

* Фактически фотографическая «эмульсия» является суспензией, поскольку в жидкой среде распределены твердые частицы.

** Сенсibilизатор — очувствитель (от лат. sensibilis — чувствительный).

идной степени дисперсности, вкрапленных в эмульсионные кристаллы.

Рассмотрим подробнее процесс образования скрытого изображения. Эмульсионные кристаллы имеют ионную структуру — в узлах кристаллической решетки попеременно расположены положительные ионы серебра Ag^+ и отрицательные ионы галогена, например брома Br^- (рис. 3). Действие света на галогенное серебро является типичным окислительно-восстановительным процессом, протекающим по следующей схеме.



○ Ag^+ — ионы
● Br^- — ионы

Рис. 3. Кристаллическая решетка бромистого серебра

1. Ион галогенида поглощает квант света и теряет электрон (т. е. окисляется)
2. Освободившийся электрон переходит к иону серебра и восстанавливает его до атома



В процессе изготовления фотографической эмульсии кристаллическая структура часто нарушается — в ней образуются дефекты, которые сводятся к следующему:

- 1) в некоторых узлах решетки имеются свободные места — ионы отсутствуют;
- 2) некоторые ионы смещены со своего нормального положения;
- 3) в кристаллическую решетку вкраплены посторонние включения — атомы Ag и ионы S^{2-} — так называемые центры светочувствительности.

В тех точках кристалла, где так или иначе нарушена кристаллическая решетка, задерживаются электроны, освободившиеся после того, как кристалл поглотил свет. Эти «дефектные» участки кристалла являются как бы «ловушками» для электронов. Захватив электрон, центр светочувствительности приобретает отрицательный заряд, притягивает к себе ион Ag^+ и восстанавливает его до атома: $\text{Ag}^+ + \bar{e} = \text{Ag}$. При этом центр светочувстви-

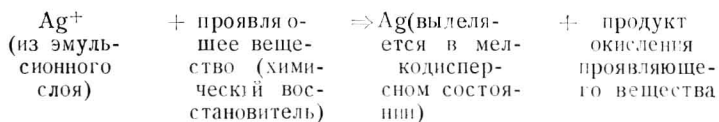
тельности увеличивается на один атом серебра и теряет отрицательный заряд; такой увеличенный центр светочувствительности снова притягивает свободный электрон; вновь образующийся атом серебра снова притягивает свободный электрон, который снова присоединяет новый ион серебра и образуется новый атом серебра и т. д. Таким образом, атомы серебра скапливаются вокруг тех точек кристалла, где была нарушена кристаллическая решетка, и образуют частицу скрытого изображения. Поэтому точки кристалла, вокруг которых идет восстановление ионов серебра, и называются центрами светочувствительности.

В процессе экспонирования центр светочувствительности вырастает до частицы скрытого изображения.

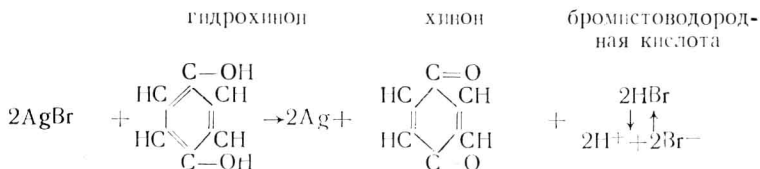
Атомы брома, образующиеся в результате фотохимической реакции, поглощаются желатиной, что делает эту реакцию необратимой.

1.4. Проявление

Для того чтобы скрытое изображение стало видимым, его надо проявить. Проявление заключается в том, что отэкспонированный фотослой помещают в раствор проявителя, содержащий химический восстановитель, так называемое проявляющее вещество, которое, взаимодействуя с эмульсионными кристаллами, восстанавливает ионы серебра до атомов и само окисляется.



Например,



Следовательно, процесс проявления это такой же типичный окислительно-восстановительный процесс, как и образование скрытого изображения и отличается от не-

го только тем, что происходит без действия света (под действием химического восстановителя) и восстанавливает в миллионы раз большее количество серебра.

Проявляющее вещество должно обладать избирательным действием, т. е. с большей скоростью восстанавливать серебро тех эмульсионных кристаллов, на которых под действием света образовались частицы скрытого изображения. Если бы этого не было, галогенное серебро восстанавливалось бы независимо от действия света, и на всей поверхности слоя появилось бы равномерное потемнение вместо видимого изображения. Избирательность проявления создают частицы скрытого изображения, так как на них нет покрывающей эмульсионные кристаллы адсорбционной оболочки, несущей отрицательный заряд и отталкивающей анионы проявляющего вещества.

Поэтому молекула или ион проявляющего вещества легко адсорбируются частицей скрытого изображения. Вследствие высокой электропроводности серебра электроны быстро перемещаются от поверхности частицы скрытого изображения к иону Ag^+ кристаллической решетки и восстанавливают его. Образовавшийся атом Ag пристраивается к частице скрытого изображения, увеличивая ее размер, а освободившийся ион Br^- переходит из кристалла в раствор проявителя. Таким образом, частицы скрытого изображения, облегчая переход электронов от ионов проявляющего вещества к ионам Ag^+ , ускоряют реакцию восстановления серебра, т. е. являются катализаторами и как бы центрами проявления. В процессе проявления размер этих частиц увеличивается за счет восстановленных атомов Ag , т. е. число катализаторов непрерывно растет, процесс протекает автокаталитически. Поэтому скорость проявления кристалла возрастает до тех пор, пока не восстановятся все ионы Ag^+ . Участки фотослоя проявляются тем скорее, чем больше частиц скрытого изображения они содержат и чем крупнее эти частицы. А так как число этих частиц и размер их пропорциональны количеству подействовавшего света, то на каждом участке фотослоя проявление начнется тем раньше и будет идти тем быстрее, а восстановленного серебра будет тем больше, чем больше света на него подействовало. Поэтому видимое изображение успевает проявиться на участках скрытого изображения до того, как начнут темнеть неосвещенные участки фотослоя, т. е. до появления «вуали». Таким образом, процессы, проис-