

ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА СРЕД ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ

Ю.М.Лопаткин, доц.; П.А.Кондратенко,* проф.; И.П.Жарков,*
ст.науч.сотр.

(* Институт физики НАНУ, г.Киев)

ВВЕДЕНИЕ

Развитие научной фотографии привело к появлению множества способов записи информации с использованием как галогено-серебряных, так и бессеребряных носителей [1-4]. Необходимость замены первых на вторые очевидна для многих случаев. Однако большой поток информации о развитии новых способов ее регистрации и отсутствие метода сравнения не позволяет эффективно проводить отбор для конкретных целей, что затрудняет внедрение действительно перспективных носителей.

Этот факт предьявил требование выработки принципов, способствующих сравнению носителей различных типов: электрофотографических, термопластических, фотохимических и т.д. Попытке разработать такие принципы и посвящена настоящая работа.

ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ

Прежде всего перечислим пункты, которые могут накладывать отпечаток на общий уровень качества Q носителя:

- стоимость исходных материалов для производства носителей;
- технологичность;
- хранение носителя;
- экспозиция;
- обработка экспонированного носителя;
- считывание информации;
- цикличность процесса запись-стирание;
- хранение записанной информации;
- информационная емкость носителя.

Первые два пункта можно описать в терминах общей стоимости носителя, которую мы условно ограничим сверху величиной $q_{p \max}$. Величина $q_{p \max}$ может задаваться в зависимости от области использования носителя. Уровень общего качества носителя уменьшается с увеличением его стоимости.

В течение времени хранения носителя может проявиться его темновая нестабильность, что в конечном счете приведет к тому, что через некоторое время носитель станет непригодным для его использования. На практике время хранения ограничено снизу минимальным отрезком времени, затрачиваемым от момента производства носителя до его экспонирования. Качество уменьшается с уменьшением допустимого времени хранения носителя. Если действительное время возможного использования $t_{xp} < t_{доп}$, тогда $Q = 0$. Например, в некоторых случаях можно описать зависимость качества носителя от времени хранения по формуле

$$Q_j = \prod_k b_{kj} e^{-t/\tau_{kj}} = Q_{j0} \exp\left(-t \sum_k \tau_{kj}^{-1}\right),$$
 где τ_{kj} - характеристическое время

ухудшения k -го параметра. Введя минимально допустимое качество $Q_{j\min}$, легко найти максимально возможное время хранения носителя:

$$t_{xp} \leq \left(\sum_k \tau_{kj}^{-1} \right)^{-1} \ln \frac{Q_{j0}}{Q_{j\min}}.$$

Возможность использования носителя будет описываться величиной t/t_{xp} .

Если $t/t_{xp} < 1$, носитель может быть использован.

Общее качество носителя зависит от экспозиции в основном только для первичной записи информации (например, при фотографировании подвижных объектов). Вместо времени экспонирования носитель можно характеризовать первичным квантовым выходом процесса (например, фотохимического) и возможностью его усиления в N раз, т.е. числом N_φ .

Известно, что чем больше светочувствительность (т.е. N_φ) носителя, тем меньше его разрешающая способность, т.е. информационная емкость.

Например, для галогено-серебряной фотографии считается $SR^3 = const$, где S - светочувствительность, R - разрешающая способность. Это соотношение получается из следующих соображений. Если запись информации протекает с усилением в N раз, тогда на один фотохимический акт приходится N

частиц, имеющих средний суммарный радиус $\bar{r} \sim N^{1/3}$. Светочувствительность определяется числом N , а разрешающая способность

- радиусом \bar{r} , т.е. $R \sim (\bar{r})^{-1}$. Следовательно, $SR^3 = const$ не зависит от числа N .

На величину R накладываются ограничения: $R_{\min} < R < R_{\max}$, где R_{\max} - максимально возможное значение для данной длины волны записывающего излучения, равное по порядку величины λ^{-1} . R_{\min} - минимально возможное значение R , задаваемое потребителем. При $R < R_{\min}$ $Q=0$.

Если теоретическое значение $R_{теор} = (\bar{r})^{-1} > R_{\max}$ (в общем случае

$R \sim [\bar{r} + r_D + \varphi(\lambda)]^{-1}$, где r_D - радиус диффузионного смещения центров скрытого изображения при проявлении; $\varphi(\lambda)$ - функция длины волны регистрирующего излучения), тогда появится зависимость Q от S , причем Q будет уменьшаться с уменьшением S . В ряде случаев величина S может быть ограничена снизу значением S_{\min} .

Записанная информация первоначально дает скрытое изображение, требующее своего проявления. Поэтому для носителей, обладающих такой характеристикой, требуется ввести еще время хранения скрытого изображения до проявления. Характеристика напоминает введенную выше для хранения носителей. С увеличением времени хранения скрытого изображения качество в большинстве случаев ухудшается. В частности, это вызвано тем, что происходит диффузия центров скрытого изображения, вследствие чего ухудшается разрешающая способность.

Проявление скрытого изображения является важным элементом, влияющим на качество носителя. Проявление возможно с помощью

кратковременного нагрева, а также с помощью газообразного либо жидкого проявителя. Тепловое проявление длится обычно порядка долей секунды, проявление в газообразном проявителе - минуты, в жидком проявителе - порядка часа. Более того, жидкая обработка способствует диффузии компонентов, что снижает разрешающую способность. В газообразном проявителе этот эффект значительно слабее.

Для практических потребностей важным элементом является время полной обработки носителя (экспонирование, проявление). Чем больше время, тем меньше качество.

Еще один параметр характеризует качество проявления скрытого изображения: температурный режим проявления. В ряде случаев существует оптимальная температура для проявления. Понижение или повышение температуры, характеризуемое величиной отклонения $|\Delta t|$, существенно сказывается на качестве носителя, ухудшая его. Однако для практических целей важно иметь носитель, позволяющий давать высокое качество при существенных отклонениях $|\Delta t|$.

После того как мы получили записанную информацию, её необходимо считывать с помощью различных устройств. И хотя требуется одно устройство для большой партии носителей с записанной информацией, необходимо сравнивать соотношение стоимости этих устройств для считывания различных видов записанной информации. Общее качество носителя увеличивается с уменьшением стоимости данных устройств.

Часто записанная информация имеет шумы. Особенно сильно они проявляются при записи фазовых голограмм на термопластических носителях. Шумы можно частично убрать, понижая дифракционную эффективность фазовых голограмм, но при этом падает качество носителя. С другой стороны, можно поставить дополнительные устройства - корректоры, устраняющие шумы. В обоих случаях общее качество носителя понижается, хотя и в неодинаковой степени.

Для элементов памяти важно иметь носители, обладающие циклическостью процессов записи-стирания информации. Чем больше число циклов, тем больше качество носителя.

В процессе хранения отпечатка происходит его старение, т.е. мы столкнулись еще с одной временной характеристикой. Хранить отпечаток можно до тех пор, пока его качество не станет ниже базового. Таким образом, качество отпечатка уменьшается с увеличением времени его хранения.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОБЩЕГО КАЧЕСТВА НОСИТЕЛЕЙ

Принадлежность показателей качества, рассмотренных выше, можно свести в таблицу 1. В таблице $q_{лучш}$ - показатель носителя с лучшим качеством; $q_{худш}$ - с худшим.

Расчет уровня качества Q носителей производится по формуле

$$Q = \prod_{i=1}^f \left(\frac{q_i}{q_{i\text{баз}}} \right)^{a_{i\text{сгн}}} \cdot \prod_{k=1}^s f_{ik} \left(\frac{q_{k\text{мин}}}{q_k} \right) \cdot \left(\frac{q_{p\text{max}} - q_p}{q_{p\text{max}} - q_{p\text{баз}}} \right)^{a_p} \cdot \left(\frac{R - R_{\text{мин}}}{R_{\text{баз}} - R_{\text{мин}}} \right)^{a_R} \times \\ \times \left(\frac{S - S_{\text{мин}}}{S_{\text{баз}} - S_{\text{мин}}} \right)^{a_S} f \left(\frac{S_{\text{мин}}}{S} \right) \left(\frac{\Delta t}{\Delta t_{\text{баз}}} \right)^a \cdot f \left(\frac{q_p}{q_{p\text{баз}}} \right) f \left(\frac{R_{\text{мин}}}{R} \right) f \left(\frac{t_{\text{мин}}}{t} \right), \quad (1)$$

где первый член включает показатели из 1-й и 2-й групп (табл.1); второй и третий члены отвечают показателям четвертой группы; введены обозначения:

$\text{sgn } \delta_i = 1$, если $\delta_i > 0$ и -1 , если $\delta_i < 0$, $f(q/q_m) = 1$, если $q/q_m < 1$ и $f(q/q_m) = 0$, если $q/q_m > 1$; $f_k(\frac{q_{km}}{q_k}) = F(t_k) f(\frac{q_{km}}{q_k})$, $F(t_k)$ - зависимость величины качества Q от времени хранения носителя, скрытого изображения либо отпечатка t_k ; $q_{\text{баз}}$ - величина параметра q для базового образца.

Для практического использования формулы (1) необходимо провести классификацию основных направлений использования светочувствительных сред, объединив те направления, которые требуют сред с близкими свойствами. В таком случае для каждого направления необходимо выбрать величины параметров типа a_i , $q_{\text{баз}}$, $q_{\text{мин}}$, $q_{\text{макс}}$, $t_{\text{мин}}$, найти функции $F(t_k)$.

Для каждого конкретного типа применения носителей обязательно появятся нулевые значения величин перечисленных параметров, потому что некоторые параметры, например, дифракционная эффективность характерны только для записи голограмм. Следовательно, в других случаях соответствующие параметры не будут входить в формулу для расчета уровня качества. С другой стороны, специальные применения носителей потребуют введения новых членов в формулу. Например, если носитель должен выполнять свою задачу в условиях большого фона радиации, к нему необходимо предъявить требование слабой чувствительности к этому фону. Если носитель может существовать в таких условиях в течение времени $t_{4, \text{дон}}$, то в формулу необходимо ввести член $f(t/t_{4, \text{дон}})$. Очевидно, таким условиям могут удовлетворять носители, не использующие фотохимические процессы.

Существуют случаи, когда необходимо размножить информацию, записанную на бессеребряный носитель (например, в случае с фотошаблонами). В таком случае важным параметром качества носителя является его тиражестойкость, которую можно характеризовать числом возможных вторичных отпечатков.

Что касается термопластических носителей, то для них, кроме температурного режима проявления, важен временной режим. Следовательно, необходимо иметь не просто параметр $|\Delta t_{\text{дон}}|$, а $|\Delta t_{\text{дон}}(t_o)|$, т.е. для строго заданного времени проявления.

В таблице 2 приведены предлагаемые значения показателей a_i для различных случаев применения различных носителей. Все носители распределены по принадлежности к схеме получения изображения. Эта схема имеет вид [2]:

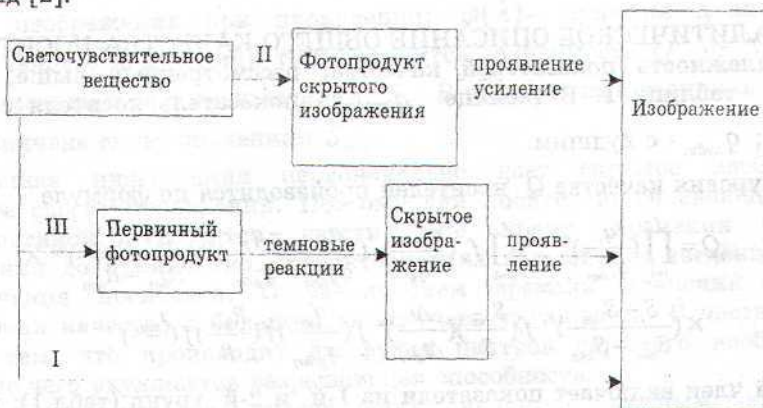


Таблица 1

Номер группы	$\delta = q_{j, \min} - q_{j, \text{удн}}$	Влияние на величину Q	Ограничение, накладываемое на q	Пример
1	$\delta_i > 0$	Увеличивается с увеличением q_i	Ограничения не накладываются	а) цикличность; б) дифракционная эффективность
2	$\delta_i < 0$	Увеличивается с уменьшением q_i	Ограничения не накладываются	а) время полной обработки; б) стойкость считывающего оборудования
3	$\delta_j > 0$	Увеличивается с увеличением q_j	Ограничивается одним минимальным значением $q_{j, \min}$ при $q_j < q_{j, \min}$ $Q \equiv 0$	а) разрешающая способность; б) чувствительность
4	$\delta_j < 0$	Уменьшается с увеличением q_j	Ограничивается одним максимальным значением $q_{j, \text{доп}}$ при $q_j \geq q_{j, \text{доп}}$ $Q \equiv 0$	а) стойкость носителя; б) время хранения носителя, скрытого изображения, отпечатка
5	$\delta_i > < 0$	Уменьшается при отклонении от $q_{k, \text{ном}}$ в любую сторону	Ограничивается двумя значениями $q_{k, \text{ном}} \pm \Delta q_{k, \text{доп}}$ при $ \Delta q_k \geq \Delta q_{k, \text{доп}} $ $Q \equiv 0$	а) температура проявления скрытого изображения галогено-серебряных и термопластических носителей; б) время проявления скрытого изображения

Таблица 2

Применение	Схема получения изображений	Цикличность a_1	Дифракционная эффективность a_2	Время обработки a_3	Стоимость считывающего оборудования a_4	Стоимость носителя a_5	Разрешающая способность a_6	Чувствительность a_7	Температурный допуск a_8	Пример носителей
Циклич. запись-стирание	I	1	1	1	1	1	3	1	0	Фотохромные Термопластические
	II	1	1	1	1	1	3	1	1	
	III	1	1	1	1	1	3	1	1	
Первичная запись	I	1	0	1	1	1	3	1	0	Магнитные Ксерография Носители с усилением
	II	1	0	1	1	1	0	1	0	
	III	1	0	1	1	1	3	1	1	
Голография	I	1	1	1	1	1	3	1	0	Фотохромные Термопластические Носители с усилением
	II	1	1	1	1	1	3	1	1	
	III	1	1	1	1	1	3	1	1	
Копирование и микрофильмирование	I	с	е	н	е	п	и	е	м	Диазотипные Носители с усилением
	II	0	0	1	0	1	3	0	0	
	III	0	0	1	0	1	3	0	1	

Под термином "светочувствительное вещество" необходимо понимать носители, чувствительные к тому виду возмущения, с помощью которого производится запись.

В таблице 2 предположено, что $a_R = 3$ ради унификации и чтобы подчеркнуть исключительное значение информационной емкости носителя, хотя закон $SR^3 = const$ далеко не всегда справедлив. Значение $a_i = 0$ для ряда случаев указывает на то, что при нормальных условиях нет необходимости прибегать к особому термическому режиму при записи информации на указанном носителе. В случае копировального процесса $a_s = 0$, поскольку накладываются ограничения лишь на время экспонирования, что обеспечивается введением минимально возможной величины светочувствительности S_{min} .

Многократное использование носителя не требуется только для процессов копирования и хранения записанной информации. В остальных случаях желательно иметь носитель с многократным использованием.

Как величины a_i (табл.2), так и ограничения параметров будут различными для разных случаев использования носителя.

Рассмотрим в качестве примера уровень качества диазотипных и галогено-серебряных носителей при использовании их для целей копирования и микрофильмирования (табл.3). Возьмем следующие параметры, в какой-то мере отражающие реальное положение вещей.

Таблица 3

Носитель	Норма, г/м ²	Стоимость 1 м ² носителя, грн.	R, мм ⁻¹	Время обработки, мин.	Температурный допуск, Δt, °C	Темновая стабильность носителя и скрытого изображения
Галогено-серебряный	0,1	75	150	30	2	Стабильно
Диазотипный	0,1	0,4	1500	2	-	Стабильно

В качестве базовых выберем параметры галогено-серебряных материалов, а кроме того, $S_{min} = 10 \text{ см}^2/\text{Дж}$, $R_{min} = 100 \text{ лин./мм}$, $q_{p,max} = 0,3$, $S_{дизото} > S_{min}$, $S_{AgHal} > S_{min}$, $f(S_{min}/S) = 1$. Тогда для серебряных материалов $Q = 10^3$, а для диазотипных $Q = 9,8 \cdot 10^5$. Отметим, что в данном примере основную роль в оценке уровня качества сыграла разрешающая способность носителя. Увеличением величины R_{min} можно прийти к тому, что для галогено-серебряных материалов $Q = 0$, т.е. эти материалы не только нецелесообразно, но и невозможно применять для целей микрофильмирования. Естественно, в примере заложены весьма приблизительные данные, но они показывают все преимущества диазотипных материалов для целей копирования и микрофильмирования.

Таким образом, предлагаемая операционно-квалиметрическая методика оценки уровня качества носителей для записи информации позволит

однозначно учесть все основные реально существующие ограничения на использование носителя и провести классификацию носителей по их общему качеству.

Введение в практику настоящей методики позволит заменить специальных экспертов обычными специалистами и более быстро и целенаправленно внедрять новые разработки в практику.

SUMMARY

The purpose of this work is to elaborate principles contributing to comparison of various photographic carriers: electrophotographic, thermoplastic, photochemical etc., and to simplify expert estimations of physical and economic feasibility of its manufacturing.

The offered operational-qualimetric method of estimation of a quality level of carriers for record of the information allows unambiguously to take into account all basic really existing restrictions on use of the carrier and carry out classification of carriers according to their general quality.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джеймс Т.Х. Теория фотографического процесса.-Л.:Изд-во «Химия», 1980.- 672с.
2. Алфимов М.В., Якушева О.Б. Фотохимическая стадия бессеребряных фотографических процессов /Сб."Успехи научной фотографии".-М.:Наука,1978.-Т.19.-С.152-168.
3. Находкин Н.Г. Термопластические среды / Сб."Квантовая электроника".-К.:Наукова думка,1977.-С.66-93.
4. Шафферт Р. Электрофотография.-М.:Мир,1968.-448с.

Поступила в редколлегию 3 апреля 2000 г.

№ п/п	Наименование носителя	Материал	Срок хранения	Температура хранения	Скорость обработки	Экономичность
1	Серебряный	Серебро	100 лет	15-20 °С	Высокая	Низкая
2	Серебряно-галогенидный	Серебро, галогениды	10 лет	15-20 °С	Высокая	Низкая
3	Серебряно-галогенидный	Серебро, галогениды	10 лет	15-20 °С	Высокая	Низкая