

УДК 771.537.644

С. В. БАСОВ¹, Э. А. ТУР¹, С. П. ГНАТЮК²¹Беларусь, Брест, БрГТУ²Россия, Санкт-Петербург, СПбГУТД, СЗИП

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ И СОХРАНЯЕМОСТЬ ГАЛОГЕНСЕРЕБРЯНЫХ ФИЛЬМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Более 180 лет назад – 7 января 1839 г. – на заседании Французской академии наук было доложено о разработанном французским художником и изобретателем *Луи Жаком Манде Дагером (Daguerre)* на основе опытов *Жозефа Нисефора Ньепса (Niepce)* первом практически пригодном способе получения устойчивого во времени изображения, сформированного объективом камеры-обскура. Это изобретение вошло в историю под названием *дагеротипия*. Спустя два месяца и семь дней – 14 марта 1839 г. – знаменитый английский астроном *Джон Фредерик Уильям Гершель (Herschel)* предложил термин «фотография» (от греч. *photos* – свет, *grapho* – пишу). Величайшее изобретение человечества начало отсчет времени своей истории, одновременно с этим документально сохраняя саму историю для будущих поколений.

Стремительно развивавшаяся техника и технология фотографии уже к концу XIX в. стали общедоступными. Фотография быстро нашла применение в различных сферах жизнедеятельности, науки, искусства, превратилась в профессию, прибыльное ремесло, обеспечивающее мастеру стабильный доход. Благодаря прогрессу в технологии фотографии, был изобретен кинематограф.

В первое десятилетие XXI в. стремительно развивающаяся цифровая фотография изменила соотношение сфер применения традиционной «химической» галогенсеребряной фотографии (кинематографии) и «цифры». Первые цифровые фотокамеры, появившиеся на рынке в 1995 г., были рассчитаны на богатых и любознательных пользователей, однако в последующие десятилетия эти технологии стали доступны каждому: современные дети раньше осваивают фотокамеру в мобильном телефоне, чем умение писать и читать. Любопытно, что за последний год ведущие производители фототехники (*Canon, Nikon* и др.) существенно сократили производство собственно цифровых фотокамер – конкуренцию за покупателя выигрывают смартфоны, позволяющие не только регистрировать изображения, но и моментально размещать их в *Internet*.

Достоинства цифровой фотографии позволяют обывателям, неспециалистам в области фотографии, необоснованно заявлять, что галоген-

БИБЛИОТЕКА
БрГУ им. А.С.Пушкина

серебряная фотография уходит в прошлое, у нее нет будущего, и она как система регистрации информации скоро «погибнет под колесами поезда цифровой фотографии, который начал свое стремительное движение» [1].

Однако галогенсеребряная фотография еще не исчерпала своих удивительных возможностей, прежде всего с точки зрения информационной емкости и сохраняемости информации в виде изображения.

Изображение является специфической формой хранения и передачи информации, издавна играющей большую роль в повседневной жизни человека.

В принципе, галогенсеребряный фотоматериал в информационном смысле можно рассматривать как «цифру», оперируя двоичными понятиями: «экспонировано – неэкспонировано», «проявлено – непроявлено», которые подобны нулю и единице в цифровой регистрации, кодировании и хранении информации.

Изучение информационных свойств регистрирующих систем привело к возникновению и широкому использованию в исследованиях и на практике таких характеристик, как ФПМ – функция передачи модуляции, гранулярность и спектр фотографических шумов, отношение сигнал/шум, информационная емкость и информационная чувствительность и т. п.

Согласно современным представлениям, фотографическое изображение подходит под категорию информационного сообщения, объем которого P , условный «алфавит» m и число единиц передаваемой информации n объединяются известной формулой [3]:

$$P = n \log_2 m.$$

При этом традиционный галогенсеребряный фотокиноматериал является универсальным в том отношении, что он служит одновременно и регистрирующей средой, и «хранилищем» информации, обладая памятью высокой емкости. Так, стандартный фотокадр 24×36 мм на пленке 35 мм светочувствительностью 100 ISO одновременно является сенсором с ≈ 20 млн пикселей (*pixel* – сокр. от англ. *Picture Element* – элемент изображения, несущий информацию о яркости и цвете) и памятью около 60 Мбайт. Таким образом, обычная 24-кадровая фотопленка может хранить около гигабайта информации, причем не требуя дополнительных затрат на ее хранение в отличие от цифровых процессов. При этом информацию с галогенсеребряного носителя можно в любой момент легко перевести в цифровой формат сканированием [1; 2].

Специалисты в области галогенсеребряных фотопроцессов прогнозируют возможное увеличение светочувствительности до 100 000 ISO и выше за счет синтеза полифорных микрокристаллов галогенида серебра

с различным числом лучей, исходящих из вершин зародышевых микрокристаллов. За счет высоко развитой поверхности таких микрокристаллов увеличится поглощение света при экспонировании, что уменьшит число квантов света, вызывающих образование скрытого изображения, в 2–3 раза за счет лучшей организации электронно-донорных и ионных процессов.

При обычном проявлении современных фотоматериалов однокаскадное усиление первичного акта достигает 10^9 , т. е. на 1 поглощенный микрокристаллом галогенида серебра фотон образуется $\approx 10^9$ атомов серебра видимого изображения. А если число поглощенных фотонов, как прогнозируется, увеличится в 2–3 раза? Предполагается также, что в будущем в галогенсеребряной фотографии возможно будет применять многокаскадное усиление, что неизбежно повысит светочувствительность регистрирующих систем. Так, например, при коэффициенте усиления 10^3 – 10^4 на второй стадии при исходной светочувствительности 100 ISO применение двухкаскадного усиления позволит увеличить светочувствительность до 10^5 – 10^6 ISO [1]. Таким образом, возможности и перспективы «химической» галогенсеребряной фотографии далеко не исчерпаны.

Высокая информационная емкость галогенсеребряных пленочных материалов в последние годы стала, как никогда, востребована и находит все более широкое применение в современных системах хранения больших объемов информации (архивное хранение).

В рамках дискуссии, развернувшейся в начале 2000-х гг., о достоинствах и недостатках киноплёнки для архивного хранения информации (по сравнению с цифровыми носителями) были проведены измерения результирующей разрешающей способности галогенсеребряной технологии, основанной на обычных киноплёнках 35 мм. При этом оценка критической разрешающей способности всех звеньев системы проводилась как объективными методами с помощью функции передачи модуляции, так и с учетом субъективного восприятия среднестатистическим зрителем [4].

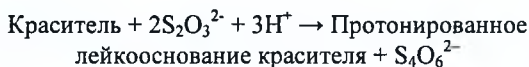
Инструментальные измерения показали, что в точке функции передачи модуляции, соответствующей разрешающей способности фильмокопии в 1000 линий на высоту экрана, контраст составляет 90 % от максимального. Другими словами, мелкие детали такого размера на экране всего на 10 % менее контрастны, чем крупные. Субъективные измерения, проведенные в шести кинотеатрах разных стран, показали, что эксперты могут различить от 430 до 870 линий тестовой миры, приходящихся на высоту экрана. Наибольшее количество различных линий составило 875, а средняя величина достигла 750. В большинстве других измерений использовалась величина, выражающая количество различных пикселей (а не количество различных линий), приходящихся на ширину экрана, как это при-

нято в цифровом кино. Исследования показывают, что информационной емкости негативной киноплёнки 35 мм соответствует матрица цифровой кинокамеры разрешением 4К.

Таким образом, современные галогенсеребряные материалы являются высокочувствительными средами, регистрирующими информацию в виде изображения. Но как долго и в каких условиях эта информация может в них храниться без существенного изменения?

Если не забывать, что драгоценный металл (серебро) в процессе химико-фотографической обработки цветных галогенсеребряных материалов переходит в обрабатывающие растворы, которые можно регенерировать, а серебро извлекать и повторно использовать, то основная проблема сохраняемости информации на этих носителях – это стабильность красителей, формирующих изображение.

Стабильность полученного традиционным способом изображения во многом определяется содержанием остаточного тиосульфата в фотографическом слое после химико-фотографической обработки. Так, например, разрушение пурпурного красителя цветного изображения протекает по схеме:



В связи с этим с точки зрения сохраняемости галогенсеребряных फिल्मовых материалов удаление из фотографического слоя избытка ионов тиосульфата и серебряно-тиосульфатных комплексных соединений представляет важную проблему в технологии обработки и зависит от состава фиксирующего раствора и степени его истощения, от pH и температуры промывной воды, наличия в ней растворенных солей, а также от оптической плотности изображения на кинофотоматериале.

Состав фиксирующего раствора и условия проведения процесса в значительной степени определяют полноту удаления избытка тиосульфата и комплексных соединений. Практика показала, что значение pH фиксирующего раствора (pH = 4,9–5,2), близкое к изоэлектрической точке желатина, является наиболее благоприятным для более быстрого удаления компонентов фиксирующего раствора из слоя в процессе окончательной промывки.

Продолжительность окончательного промывания определяется максимально допустимой концентрацией тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) в фотографическом слое, которые устанавливаются в мг/см² для различных видов фотоматериалов в зависимости от назначения – долговременное хранение (≈ 20 лет) и архивное хранение (не менее 80 лет). Так, например,

для архивного хранения цветного негатива остаточная концентрация тиосульфата натрия не должна превышать $0,0007 \text{ мг/см}^2$, для черно-белого кинопозитива – $0,0015 \text{ мг/см}^2$ [1].

Большое влияние на сохраняемость цветного изображения оказывает температура и относительная влажность окружающей среды. При относительной влажности 40 % при понижении температуры хранения до $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ сохраняемость цветного изображения возрастает более чем в 650 раз. В свою очередь, понижение относительной влажности воздуха до 15 % увеличивает продолжительность хранения цветных материалов примерно в 4 раза [1].

Очевидно, что изменение влажности и температуры хранения, особенно при больших объемах носителей информации, требует дополнительных затрат. В обычных условиях хранения (относительная влажность не более 60 %, температура $20\text{--}24 \text{ }^\circ\text{C}$) долговечность красителей, формирующих цветное изображение, а следовательно и информации, зарегистрированной таким носителем, равна около 100 лет.

Таким образом, высокая информационная емкость и сохраняемость современных галогенсеребряных пленочных материалов позволяет эффективно и экономически обоснованно их использовать в системах архивного хранения различных видов информации в виде изображения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Редько, А. В. Основы фотографических процессов : учеб. пособие / А. В. Редько. – СПб. : Лань, 1999. – 512 с.
2. Басов, С. В. Цифровая фотография : учеб. пособие / С. В. Басов. – СПб. : РИО СПбГУКиТ, 1999. – 112 с.
3. Басов, С. В. Информационные свойства галогенсеребряных и цифровых систем регистрации изображений / С. В. Басов, Е. В. Константинова // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Физика, математика, химия. – 2001. – № 5. – С. 106–108.
4. Image resolution of 35 mm film in theatrical presentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.motionfx.gr/files/35mm_resolution_english.pdf. – Дата доступа: 14.02.2019.