

Алексей ЕРОХИН  
erokhin@homepc.ru

# Качество цифрового

**П**рогресс струйных принтеров очень многие пользователи связывают только с одним параметром — разрешением печати, хотя для достижения внешнего, видимого невооруженным глазом качества фотографий необходима синхронная работа сразу нескольких факторов. В частности, не менее важно, чтобы принтер не только выдавал микроскопические капли — 5, 4, 3, 2 пиколитра (меньше 2 пл еще не было, это рекорд Epson), — но и умел формировать капли, разные по размеру. Но все это интересно пользователю, если скорость печати также находится на высоком уровне

не — никто не будет доволен, если принтер выдаст идеальную фотографию через 3–4 часа работы. По данным некоторых исследований, для потребителя скорость является второй характеристикой после качества, поэтому производители стараются одновременно достичь максимального качества и скорости. А для этого, в свою очередь, необходимо, чтобы печатающая головка принтера могла выстреливать капли с высокой частотой из большого числа дюз. Например, у новой линейки картриджей Hewlett-Packard (в принтерах HP печатающая головка совмещена с картриджем чернил) такие параметры: черный карт-

ридж (No.56 black) формирует капли 16 пл с частотой 18 кГц, а цветной стандартный картридж No.57 CMY — 4 пл с частотой 18 кГц или 5 пл с частотой 21 кГц.

То, что черный картридж генерирует капли 16 пиколитров, не удивительно (по нынешним меркам это слишком большой объем), но на самом деле это лишь подтверждает, что высокое разрешение и малый объем капли не являются достаточными условиями качественной печати. Так, если чернила и бумага не соответствуют определенным требованиям (бумага должна быстро поглощать чернила, не да-

Успех цифровой фотографии объяснить довольно просто. С одной стороны, это уникальные возможности цифровой съемки (нет смысла повторять то, что хорошо известно любому, кто работал с пленочными и цифровыми камерами, а кто не имеет — почитайте тему номера в «ДК» #6, 2002). С другой — вопрос, связанный с качеством печати струйных принтеров, можно считать закрытым — традиционная фотография как массовое явление побеждена, сопротивляясь лишь самые лучшие образцы. Но и производители принтеров не собираются останавливаться на достигнутом, и качество цифровой фотографии будет расти дальше.

И, чтобы лучше разобраться с тем, как и куда оно будет расти, само понятие «качество» стоит расширить — это не только внешний вид фотографии.

## фото

вать им растекаться, а чернила должны быстро высыхать, чтобы не растечься по волокнам бумаги), никакое разрешение просто не понадобится — его «съест» расплывшаяся на бумаге клякса. И с какой точностью «стреляет» принтер (эта характеристика эквивалентна разрешению), становится неважно.

Для черно-белой печати «лазерного качества» (примерно соответствует разрешению 1200x1200 dpi) вполне достаточно применения 16-пиколитровых капель, т. е. к характеристике «минимальный размер капли» сама по себе она ценности не представляет, только в совокупности с остальными

возможностями принтера, чернил и бумаги. В подтверждение этих слов привожу интервью, которое дал нашему журналу один из отцов-разработчиков термоструйной печати доктор Росс Аллан<sup>1</sup>.



Доктор  
Росс Аллен, Hewlett-Packard

**ДК:** Hewlett-Packard первой из основных производителей принтеров объявила, что разрешение не самый главный параметр, обеспечивающий качество печати фотографий.

**РА:** Да, это так. Успех нашей технологии PhotoREt, особенно третьего и четвертого ее поколения, это подтверждает. Здесь главное — формирование цвета каждой точки из большой палитры. В технологии HP PhotoREt IV это 1,2 миллиона цветов на точку.

**ДК:** Почему же тогда в драйверах остается выбор «честного» разрешения 2400x1200 для принтеров поколения HP PhotoREt III и 4800x1200 для поколения PhotoREt IV? Зачем вообще увеличивать разрешение и удорожать конструкцию, если, допустим, было бы достаточно 1200x1200 dpi?

**РА:** В некотором смысле мы идем на поводу у пользователей. Еще очень многие считают, что разрешение — это самая важная характеристика печати.

**ДК:** Между прочим, есть пользователи, которые считают, что даже разрешение порядка 2400x1200 недостижимо, не говоря о более высоком, а производители искусственно раздувают цифры, чтобы произвести большее впечатление на потенциального покупателя. Отчасти поэтому в новых линейках Hewlett-Packard и Epson в графе «разрешение» появилось слово «оптимизированное»?

**РА:** Разумеется, никто не раздувает цифры. Любой уважающий себя производитель отвечает за каждый пункт спецификации. Разрешение порядка 1200 dpi легко обеспечивается механикой принтера, про-

тягивающей лист бумаги. Что касается разрешения поперек листа — его обеспечивает печатающая головка, выстреливающая микроскопические капли с огромной скоростью.

**ДК:** Но передвижение печатающей головки также обеспечивается механикой. Откуда же появляются цифры, значительно превышающие 1200 dpi?

**РА:** Это почти просто. Когда головка движется над листом, с помощью нескольких датчиков можно отследить ее точное передвижение; принтер знает, где над листом находится головка и с какой скоростью она движется. Соответственно, можно чуть задержать или ускорить выстрел капли, чтобы она попала точно в нужное место. Для электроники и современных печатающих головок это не такая сложная задача. Другое дело, что даже при размере капли 4 пиколитра чернила растекаются на большую площадь, чем одна ячейка сетки при разрешении 4800x1200, и мы можем говорить только о совмещении центра капли и центра ячейки. Но, повторюсь, для создания качественной фотографии такое разрешение излишне. Вообще, говорить о самом высоком разрешении принтеров имеет смысл только при печати на лучших типах фотобумаги.

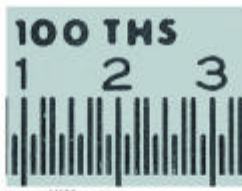
### Поле цвета

Следующая характеристика, определяющая видимое качество — ширина цветового поля, т. е. возможность отобразить определенное количество цветов. Причем у струйных принтеров ширина поля примерно совпадает с пространством sRGB (его воспроизводит большинство современных мониторов). Это намного меньше, чем может воспринимать человеческий глаз, и даже меньше телевизионных стандартов NTSC, но лучшее, на что пока способна технология струйной печати. Вообще, если говорить, какие цвета можно воспроизвести техническими средствами, то наиболее широкое поле дают лазеры. Но по целому ряду причин (организационных, технических) цветовой охват sRGB пока признан достаточным для бытового и даже профессионального воспроизведе-

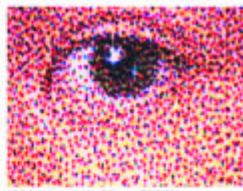
<sup>1</sup> Доктор Росс Аллен (Ross R. Allen) — один из идеологов метода термоструйной печати, начал работать в Hewlett-Packard в 1981 году (за три года до появления первого струйного принтера).



альбомная фотография 3x10 дюймов



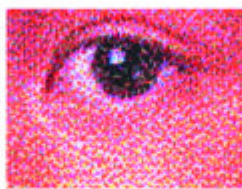
шкала 1/100 дюйма



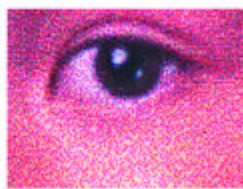
1994 год, капля 50 пп, CMYK



1995 год, капля 30 пп, CMYK



1996 год, капля 50 пп, CMYK



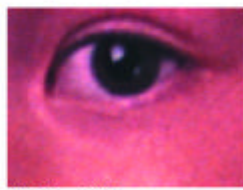
1997 год, капля 10 пп, CMYK



1999 год, капля 5 пп, CMYK



2002 год, капля 5 пп, CMYK



AgX, 330 ppi, CMYK

**CMY — трехцветная печать, CMYK — четырехцветная печать, CMYKmk — шестичетная печать; нижний правый фрагмент — обычная фотография студийного качества.**

ния. В частности, стандарт телевидения высокой четкости HDTV совместим именно с полем sRGB.

Если же сравнивать цифровую и пленочную фотографию, то здесь очень многое зависит от типа пленки и фотолаборатории. Если брать массовую продукцию, она в среднем дает худший результат, чем печать цифровых фотографий на принтерах среднего ценового диапазона (до \$250), хотя лучшие студийные образцы «мокрой фотографии» пока превосходят цифровые.

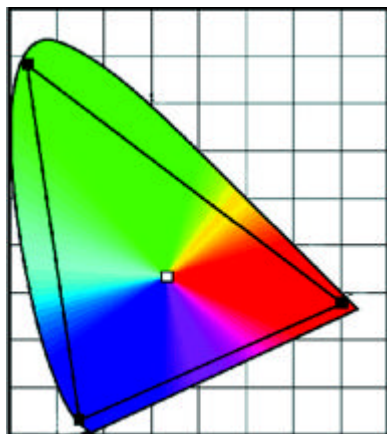
Некоторые производители разрабатывают дополнительные средства для рас-

ширения цветового поля, чтобы вывести его за рамки sRGB — например, технология Epson PIM использует для этого информацию цифровой камеры о точных условиях съемки. Это позволяет драйверу принтера скорректировать подбор цветов, тогда фотография будет выглядеть более реалистично. Hewlett-Packard (возможно, из соображений конкуренции) не стала поддерживать технологию PIM и объясняет это примерно так: в фотографии не главное достижение реальных цветов (наивысшая реалистичность), поскольку большинству пользователей гораздо приятнее цвета, умело имитирующие реальность (именно такой подход проповедуют многие производители фотопленок). И хотя технология PhotoREt

IV — основа принтеров HP последнего поколения — потенциально может воспроизвести 24 миллиона цветов, на практике оказывается, что большинство цветов либо невыразительны, либо настолько близки друг к другу, что человеческий глаз не в состоянии их различить. Следовательно, использовать в принтерах имеет смысл только 1,2 миллиона действительно активных цветов, этого более чем достаточно, и математика драйвера специально ограничивает цветовое поле.

Проиллюстрировать разумность такого «реализма» можно десятками историй, среди которых есть довольно забавные.

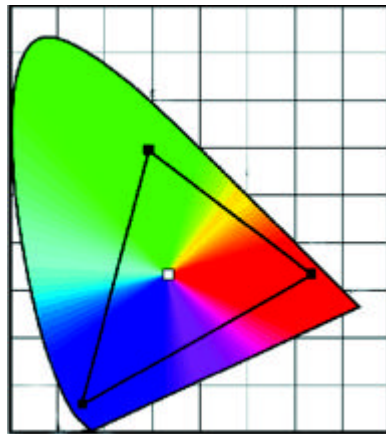
В одном лондонском театре ставили пьесу по известному рассказу Артура Конан Дойла «Пестрая лента». Дело было еще при жизни писателя, и его пригласили участвовать в постановке. И Конан Дойл предложил режиссеру использовать змею той самой породы, что и в рассказе. Ее где-то нашли и выпустили на сцену, как-то обезопасив при этом актеров. А после премьеры Конан Дойл прочел в газетах: «...блестящая постановка... блестящая игра... но совершенно нелепое чучело змеи, которое никого не впечатлило и испортило весь спектакль». Конан Дойл в адрес журналиста пробормотал что-то вроде: «Чтобы ты сказал, писака несчастный, если я бы оставил тебя с этим „чучелом“ в одной комнате», — и попросил, чтобы настоящую змею заменили совершенно дурацким чучелом, большим, с горящими глазами и т. д. После этого все стало на свои места — публика тряслась от страха, а газеты писали, что театр нашел то, что надо. Факт, что змея представленного размера не проскользнула бы в



**Диаграмма цветового поля, воспринимаемого человеческим глазом.**

← **Треугольником очерчены цвета, воспроизводимые лазерами.**

**Треугольником очерчены цвета sRGB.** →



небольшую — по рассказу — щель, никого не озадачил.

Чей подход — Epson или Hewlett-Packard — правильнее, сказать сложно, поскольку все теоретические рассуждения в конце концов заканчиваются печатью фотографий, а по ним нельзя сделать однозначный вывод. Пока можно говорить лишь о бурном росте качества — это хорошо видно на иллюстрации «прогресса человеческого глаза». И то, что это связано с увеличением разрешения и уменьшением размера капли, никак не противоречит вышесказанному. Но, кроме количественных характеристик, необходимо учитывать качественные, например, — какие алгоритмы использует математика драйвера, поскольку она решает, как минимум, две задачи:

✂ выбирает оптимальный цвет для каждой точки так, чтобы наилучшим образом обмануть человеческий глаз, показав ему картинку, которую глаз воспримет, как реальную;

✂ улучшает вид фотографий при недостаточно качественном электронном изображении, например, сглаживает линии при низком исходном разрешении или повышает контраст, или применяет «умные алгоритмы» вроде интеллектуальной вспышки (осветление затемненных областей).

### Бумага и чернила

С бумагой и чернилами ясно — они также должны быть очень качественными, но это слишком вольное определение, мало что поясняющее. Сегодня термин «пигментные чернила» настолько на слуху, что можно подумать, что пигментные — и есть «самые



### Интеллектуальный контраст.

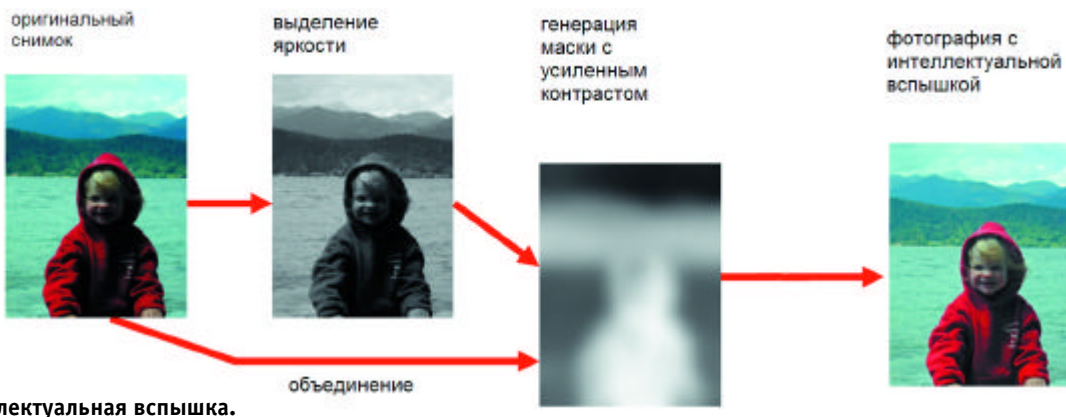
лучшие». На самом деле, здесь так же, как и в случае разрешения, одновременно работают несколько факторов, которые не важны сами по себе, а важны цели, с помощью которых достигается видимое и «невидимое» (invisible) качество фотографии.

К последнему относятся такие характеристики фотографии, как способность быстро высыхать (тогда фото нельзя испортить сразу после печати), способность высыхать накрепко (тогда фото нельзя испортить впоследствии) и способность фотографии не выцветать под воздействием воздуха и света.

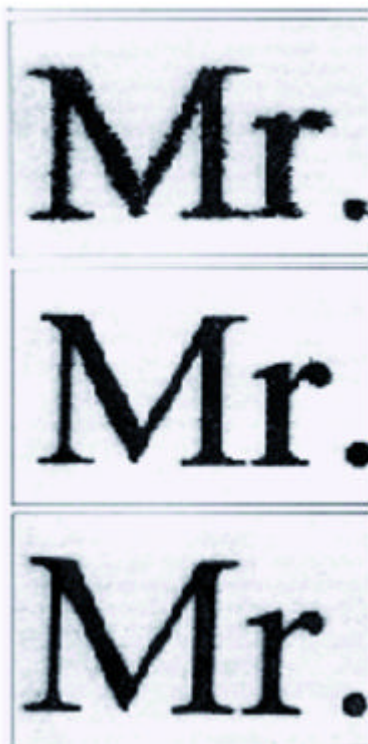
Быстрое высыхание важно, но не настолько, чтобы уделять ему много внимания. Если это медленный процесс, фотографию сразу после печати не рекомендуется хватать руками — на ней останутся отпечатки пальцев. Главное, чтобы через час, даже через сутки, чернила застыли настолько крепко, что фотографию можно

было бы хоть в аквариуме полоскать или мыть под краном (кстати, на презентациях и выставках производители так и делают, чтобы доказать небывалую водостойкость своих распечаток).

Но вернемся к чернилам. Существуют растворимые красители — в них краска полностью растворена, а частицы красителя имеют размеры примерно 2 нанометра. Пигментная же краска представляет собой суспензию, в которой плавают нерастворимые частицы краски размером от 50 до 150 нанометров. А основное различие между двумя типами красителей в том, что растворимые краски глубоко проникают в бумагу, а пигментные оседают преимущественно в верхнем слое. Это дает прекрасные результаты при печати черного текста на обычной бумаге, но сказать, что пигментные чернила для печати фотографий однозначно лучше, чем растворимые, — нельзя.



Интеллектуальная вспышка.



**Первый фрагмент напечатан растворимыми чернилами, второй — пигментными, третий — лазерным принтером с разрешением 1200 dpi.**

Прежде всего потому, что чернила всегда выступают в паре с бумагой, а она также бывает двух типов — набухающая и пористая. Первая содержит слой, который при попадании на него краски сильно набухает. После высыхания набухший слой сжимается, а краска в нем закрепляется. Пористая бумага быстро пропускает чернила (быстро высыхает, и фотография практически сразу приобретает высокую

влагостойкость), а после высыхания краситель оседает в нижних слоях пористого покрытия.

Пожалуй это все, что можно сказать о бумаге вообще. А преимущества одного типа над другим просто не существует, все зависит от взаимодействия конкретной марки чернил с конкретной маркой бумаги. Разумеется, производители стремятся обеспечить оптимальное сочетание, при этом стараясь убить как можно больше зайцев и обеспечить более высокое видимое и невидимое качество. Но когда решается многоцелевая задача, чем-то приходится жертвовать — это ясно видно по таблице 1, где приведены возможности разных типов бумаги Hewlett-Packard.

### Стойкость к выцветанию

В приведенной таблице снова появился термин «стойкость к выцветанию». Пожалуй, пора разобраться с этим термином, хотя, разумеется, интуитивно понятно, что это такое. Более того, по некоторым опросам фотолюбителей, эта интуитивно понятная характеристика фотографий ставится на второе место после внешнего качества.

Конечно, с появлением цифровой фотографии выцветание перестает быть фатальной бедой — если электронный образ не утрачен, фотографию всегда можно напечатать заново, причем со временем появятся еще более совершенные принтеры, и заново отпечатанная фотография будет лучше прежней. И, тем не менее, этот показатель очень ценится фотолюбителями и сегодня является одним из преимуществ цифровой фотографии перед обычной, «серебряной».

В конце 2000 года компания Epson распространила информацию, что ее новые чернила Epson Color-Fast Ink способны сохранять цвета в течение 100 лет! При

этом уточнялось, что для оценки светостойкости разработана методика — выдерживание фотографий в определенных условиях освещения, а критерием потери цвета считается «потеря 30 процентов при единичной оптической плотности».

Догадываюсь, что это мало что говорит неспециалисту. И хорошо, всем достаточно и 100 лет, только вот беда — когда нет единого стандарта для всех производителей,



конечная цифра может плавать.

В этом случае дело спасают независимые лаборатории, причем, кроме независимости, важен и авторитет, признание в мире. «Домашнему компьютеру»



Таблица 1

Фотобумага	Тип	Видимое качество	Способность к быстрому высыханию	Стойкость к выцветанию
hp premium high-gloss film, white	пористая	*****	*****	*
hp premium plus photo paper (глянцевая и матовая)	набухающая	*****	**	*****
hp premium photo paper	набухающая	****	**	****
hp photo paper, glossy	пористая	***	*****	*
hp photo-quality paper, semi-glossy	пористая	**	**	*
обычная бумага	частично пористая	*	*	*

ру» представилась возможность задать несколько вопросов человеку, который обладает наибольшим в мире авторитетом в области оценки стойкости к выцветанию. Это доктор Генри Вильгельм — соучредитель и президент компании Wilhelm Imaging Research, Inc. ([www.wilhelm-research.com](http://www.wilhelm-research.com)).



Доктор Генри Вильгельм

**ДК:** Доктор Вильгельм, в России ваше имя не так известно, как в США, поэтому позвольте кратко вас представить. Ваша фирма специализируется на исследованиях в области стабильности и сохранении традиционных и цифровых фотографий, а также киноплёнок. Вы консультируете крупнейшие музеи и компании по вопросам сохранения фотоархивов. В частности, вашим клиентом является Билл Гейтс. С вашим участием был организован комитет ANSI/ISO IT9-3, который отвечает за разработку стандартов для методов оценки стойкости цветных фотографий. Вы являетесь автором 744-страничной монографии «Стабильность и сохранение цветной фотографии». Все верно?

**ГВ:** Если коротко, то да (смеется).

**ДК:** Можно ли сказать, что все производители придерживаются одной методики для оценки стабильности цветной фотографии?

**ГВ:** К сожалению, нет. Все методики похожи, но только поверхностно. В некоторых не учитываются очень важные моменты. Я мог бы рассказать о них очень подробно, но, боюсь, неспециалистам это будет скучно. Вкратце — общий вид старой фотографии по-разному определяется потерей разных цветов; чтобы получить точные результаты, необходимо следить за каждым цветом в отдельности, а также наблюдать за образцами с различной стартовой плотностью основных цветов. Моим коллегам и мне понадобилось много лет, чтобы разработать точную методику, ее относительно подробное описание можно найти на стра-

нице [www.wilhelm-research.com/articles\\_ist\\_02\\_2002.html](http://www.wilhelm-research.com/articles_ist_02_2002.html).

**ДК:** Как долго длится тестирование?

**ГВ:** Тестирование каждого сочетания бумаги и чернил проходит в течение примерно 8 месяцев. Этого требует точность оценки.

**ДК:** Можно ли сказать, что ведущую роль в стойкости фотографий играют чернила? Или наоборот — что все зависит от бумаги?

**ГВ:** Нет, все зависит от сочетания чернил и бумаги. И в очень большой степени — от принтера.

**ДК:** Могли бы вы предоставить нам результаты тестов по наиболее известным маркам принтеров, чернил, бумаги? Нашим читателям, безусловно, будет интересно ознакомиться с ними.

**ГВ:** Да, конечно, я предоставлю вам эти материалы. А вашим читателям передайте, пожалуйста, мои лучшие пожелания.

После этих слов остается только поблагодарить доктора Вильгельма и приветствовать результаты некоторых тестов его лаборатории (см. таблицу 2). Думаю, они способны удивить многих — ведь фотографии, отпечатанные на одном и том же принтере, могут «продержаться» всего пять лет, а могут висеть как новенькие все тридцать восемь. Все зависит от совместимости бумаги и чернил. И хотя в первом случае на фотобумагу придется потратить 50 центов, а во втором — почти доллар, по-моему, последний столбец таблицы дает точные ориентиры выбора лучшей бумаги для лучших фотографий.

Таблица 2 (по данным лаборатории Wilhelm Imaging Research)

Принтеры (чернила во всех случаях оригинальные, рекомендуемые производителем к конкретной марке принтера)	Бумага	Цена за лист	Рейтинг стойкости к выцветанию (годы)
Canon S900, S9000	Canon Pholo Paper Pro PR-101	\$0,93	38
	Canon High Gloss Flirt o Film (11x17 дюймов)	\$5,50	12
	Canon Glossy Photo Paper GP-301	\$0,50	5
Epson Stylus Photo 785EPX, 820, 890, 925, 960, 1280	Epson ColorLife Semi-Gloss Pholo Paper	\$0,77	27
	Epson Matte Paper, Heavyweight	\$0,26	18
	Epson Premium Glossy Photo Paper	\$0,7	5
	Epson Photo Paper, Glossy	\$0,45	3
	Epson Photo Quality Glossy Film	\$0,59	2
Epson Stylus Photo 2200	Epson Watercolor Paper, Radiant White (13x19 дюймов)	\$1,25	90 (!!!)
	Epson Premium Glossy Photo Paper	\$0,7	50
	Epson Premium Luster Photo Paper	\$0,7	47
	Epson Enhanced Matte Paper	\$0,32	30*
HP DeskJet 5550 HP Photosmart 7150, 7350	Hew Premium Plus Photo Paper, Glossy	\$0,8	73 (!!!)
Lexmark Z55, Z65	Ilford Printasia Photo Glossy Paper	\$1,0	6
Традиционная цветная фотография	Fujicolor Crystal Archive	\$0,3	60
	Kodak Ektacolor 8	\$0,3	22

\* Общая оценка — 60 лет, но после 30 лет появится желтизна.