

## Баланс белого, или Немного о цветовой природе света

Общезвестно, что видимые нами источники света имеют различный спектральный состав излучения, то есть свет является также источником цвета. Световые волны различной длины воспринимаются нами как разные цвета. Оттенки красного цвета образуют волны большой длины, а синие и фиолетовые цвета — это волны малой длины. Качество цветного изображения зависит от многочисленных факторов, но, пожалуй, важнейший из всех — спектральный состав освещения. Дневной свет состоит из смеси волн разной длины и воспринимается человеком как белый. При восприятии искусственного освещения глаз адаптируется, и свет ламп накаливания или ламп дневного света тоже воспринимается как белый. Почувствовать глазом желтоватый оттенок, например, ламп накаливания мы можем, сравнив его с другим типом освещения. Зрение человека обладает так называемой хроматической адаптацией. Положите белый лист бумаги на подоконник и посмотрите на него секунд 30. Затем перенесите этот листок под лампу накаливания. Бумага покажется желтоватой. Но через некоторое время вы снова увидите бумагу нормального белого цвета. Если произвести обратный переход, то бумага на окне станет казаться слегка голубой. И снова через короткое время она будет обычного белого цвета. Фотопленка или матрица всегда «видит» то, что есть на самом деле. Для количественного и качественного анализа смеси белого света существует понятие цветовой температуры. Это понятие характеризует спектральный состав лучистой энергии и выражается температурой (в градусах абсолютной шкалы), до которой необходимо нагреть абсолютно черное тело, чтобы видимое излучение его имело такой же спектральный состав, что и данный источник света. Абсолютная температура выражается в градусах Кельвина (К) и отсчитывается от абсолютного нуля, соответствующего минус 273° по шкале Цельсия. Например, цветовая температура дневного света составляет 5500–5600 К. На эту же температуру настроены импульсные осветители (некоторые модели на 5000 К). Галогенные лампы света имеют температуру в 3200 К,

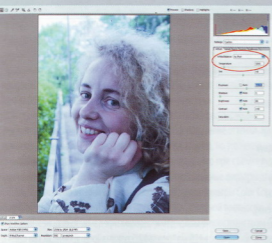
перекальные или фотопампы — 3400 К. Цветовая температура заснеженного солнечного высокогорья приближается к 7000 К. Цветовая температура меняется от высоты солнца над горизонтом, и в разных широтах продолжительность послевосходного и дозакатного промежутка времени, когда цветовая температура примерно постоянна, различна. Меняется она и от высоты над уровнем моря.

В спектре источников света, имеющих цветовую температуру ниже 5500 К, преобладают оранжево-красные лучи, выше 5500 К — сине-фиолетовые. Именно поэтому, снимая в помещении при искусственном свете на пленку для дневного света (без вспышки) мы получаем желтые фотографии, а снимая при солнечном освещении на пленку, сбалансированную для галогенных ламп, получаем синий оттенок. Для того чтобы цвета на фотопленке выглядели так же, как их видит глаз, необходимо учитывать спектральный состав освещения и подбирать в соответствии с ним тот или иной тип фотопленки. Глаз компенсирует изменения цветовой температуры в пределах 3000–10000 К; ни фотопленка, ни матрица таким свойством не обладают. Скорректировать это можно двумя способами.

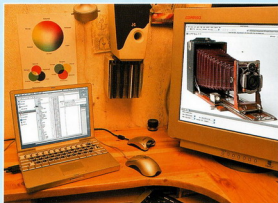
Первый — использовать пленку, подходящую для данного освещения. Пленки, имеющие маркировку Tungsten (Вольфрам), рассчитаны на цветовую температуру в 3200 К. (В маркировке пленок после значения светочувствительности добавляют букву Т.) Однако основной ассортимент пленок предназначен для дневного света (Daylight) с температурой 5500 К. (Никакого дополнительного обозначения нет.) В цифровой камере следует выставить соответствующий баланс белого. Кстати, у большинства цифровых камер функция автоматической установки баланса белого (белой точки) работает очень неточно. Представьте, что вы снимаете портрет при свете ламп накаливания на фоне окна. При автоматической установке баланса белого на снимке может получиться портрет голубого оттенка, так как интенсивность света из окна окажется больше или камера выставит некоторое среднее значение баланса белого.



© Александр Буревов



На левом снимке цветовая температура источника света составляла 5500 К — дневной свет, баланс белого на цифровой камере был выставлен 3200 К, что привело к синей окраске снимка. На скриншоте конвертера Adobe Camera Raw видно, на какую цветовую температуру была настроена камера. На правом снимке цветовые температуры света и камеры совпадают



На первом снимке цветовая температура источника света составляла 3200 К, пленка 64Т сбалансирована под цветовую температуру 3200 К. Все цвета переданы правильно, кроме цветов на экранах мониторов, цветовая температура которых лежит в пределах 5000–9000 К. Поскольку цветовая температура экранов мониторов выше цветовой температуры пленки, изображение окрасилось в голубой цвет. На втором снимке цветовая температура источника света составляла 3200 К, пленка 100 plus сбалансирована под цветовую температуру 5500 К. Поскольку цветовая температура источника света ниже цветовой температуры пленки, изображение окрасилось в желтый цвет. Изображение на экранах мониторов нормальное, так как цветовые температуры экранов и пленки совпадают.

Лучше всегда выставлять баланс белого вручную; или по пиктограммам, которыми обозначены наиболее типичные условия освещенности, или введя необходимую цветовую температуру.

Другой путь — использовать для коррекции цветопередачи конверсионные фильтры. Они бывают двух видов: голубые и янтарные (красновато-коричневые). Голубые используются, когда цветовую температуру источника света необходимо повысить. Эти фильтры позволяют снимать при лампах накаливания на пленку, сбалансированную под 5500 К. Янтарные, соответственно, наоборот понижают цветовую температуру источника света и позволяют снимать при дневном свете на пленку, сбалансированную под 3200 К. Производители светофильтров снабжают свою продукцию инструкцией с

указанием сдвига в майредах (англ. mireds, or micro-reciprocal degrees). Чтобы получить числовую характеристику освещения в майредах, надо разделить 1 000 000 на цветовую температуру в Кельвинах. Дневной свет в 5500 К соответствует 180 майредам. Свет галогенной лампы 3200 К это 305 майред. Таким образом, разница между дневным светом и светом ламп накаливания составляет +125 майред. Чтобы сбалансировать эту разницу, необходим светофильтр, обеспечивающий сдвиг —125 майред. На практике удобнее пользоваться не майредами, а декамайредами, то есть не +125 майред, а 12,5 декамайред. Для удобства применения фильтров эти значения округляются до целых. Для этого примера мы будем использовать фильтры KB12 и KR12, исходя из типа пленки и вида окружающе-

## Цветовые модели

Аддитивная модель основных цветов используется для воспроизведения спектра видимого света и представляет все то, что передается, фильтрует или ощущает световые волны, например, монитор, телевизор, слайды и наши глаза. Сейчас все чаще эту модель стали называть RGB. (От английского Red — «красный», Green — «зеленый», Blue — «синий».) В этой модели черный цвет — это отсутствие любого света, а белый — максимальная одинаковая интенсивность этих трех цветов. Для создания различных цветов необходимо складывать разные уровни красного, зеленого и синего цветов. Если интенсивность цветов равна, то получаются различные оттенки серого цвета.

Субтрактивная модель дополнительных цветов представляет отраженный свет, т. е. цвета, которые мы видим на изображениях — отпечатанных в типографских красках, на струйном принтере или нарисованных. Эту модель сейчас стали называть CMY (от английского Cyan — «голубой», Magenta — «пурпурный», Yellow — «желтый»). Модель CMY противоположна модели RGB. В этой модели черный цвет создается полными значениями всех цветов (голубого, пурпурного и желтого), а для создания различных оттенков уровни основных цветов необходимо уменьшать. Белый цвет получится при полном отсутствии указанных основных цветов (если, конечно, бумага белая).

Поскольку RGB и CMY дополняют друг друга, между ними существует определенное соотношение. Если рассмотреть эти цвета в виде цветового круга, то цвета RGB и CMY будут в нем поочередно меняться. Если смешать два RGB-цвета, то получится CMY-значение; если же наоборот, смешать два CMY-цвета, то на этот раз получится RGB-значение. Например, в модели RGB желтый цвет описывается как смесь красного и зеленого. А в модели CMY зеленый цвет описывается как смесь голубого и желтого.

Посмотрите на цветовой круг RGB-CMY. Когда два цвета из одной модели смешиваются для создания цвета другой, в первой модели остается еще один цвет. Он называется дополнительным. Например, для создания красного цвета используются пурпурный и желтый, поэтому дополнительным цветом красного является голубой. На цветовом круге голубой цвет расположен прямо напротив красного.

При печати цветных фотографий аналоговым способом для устранения нежелательных оттенков используют фильтры, окрашенные в цвета CMY. Например, отпечаток имеет синий оттенок. Поскольку дополнительным цветом синего является желтый, то при печати применяют желтый фильтр определенной плотности.

При съемке на обратимую пленку (слайд) с длинными выдержками (от 1 секунды и более) появляются различные посторонние оттенки. Некоторые фотографы начинают обвинять фотолабораторию, но это несправедливо. В каталогах пленок фирмы-изготовители указывают, что при съемке с длинными выдержками необходимо применять определенные фильтры для устранения паразитных оттенков. Фирма Kodak выпускает фильтры Color Compensation (Компенсация цвета) с цветового круга разной плотности.

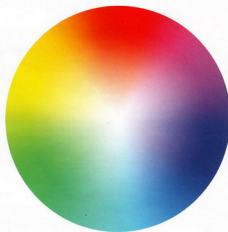
Не путайте модель CMY с полиграфическим цветовым пространством CMYK. К означает черную краску, которую добавляют ко всем остальным цветам для придания цвету глубины. Если попытаться напечатать черный цвет смесью голубого, пурпурного и розового, то получится грязно-коричневый оттенок.



Аддитивная модель RGB



Субтрактивная модель CMY



Цветовой круг

го света. Именно декамайреды используются многими европейскими и японскими фирмами для маркировки конверсионных фильтров. У фильтров фирмы Kodak (и некоторых других) совершенно другая маркировка, в ней отсутствует число декамайредов, что затрудняет использование фильтров этой фирмы.

К сожалению, цветовую температуру источника света определить на глаз невозможно, для этого требуются весьма недешевые колориметры. Однако не все так страшно, поскольку наиболее распространенными являются случаи, когда необходимо скорректировать цветовую температуру 3200 К (цветовая температура лампы накаливания) для дневной пленки. В этом случае нужно применить фильтр B12 (XB12). А если приходится снимать на дневную пленку в тени или при облачном небе, то для устранения голубоватого оттенка необходимо использовать фильтр R2 (KR2, A2). Разница в обозначениях объясняется лишь тем, что их выпускают разные фирмы, которые, к сожалению, не смогли договориться о стандарте.

Обозначение в декамайредах достаточно удобно. Например, нам необходимо получить правильную цветопередачу при съемке примерно за час до заката или через час после рассвета. В это время суток в солнечном свете преобладают желтые и красные лучи. Мы можем взять любой тип пленки — Daylight или Tungsten, — применить фильтр R2, у которого в маркировке есть цифра 6 (сдвиг на 6 декамайред): B6 для пленки дневного света или B6 для пленки галогенного света. Сдвиг в декамайредах в этом случае одинаков. Просто этот сдвиг идет в разные стороны для повышения или понижения цветовой температуры. Часто для удобства расчета фильтрам янтарного цвета присваивают плюсовые значения (обозначаются R, KR, реже A), а фильтрам синего цвета — минусовые (обозначаются B, KB). Если говорить о фирме Kodak, то логика маркировки фильтров этой фирмы совершенно необъяснима. Это видно из небольшой таблички соответствия маркировок фильтров. Хотя при съемке на цифровую камеру в RAW-формате можно исправить снимок в различных RAW-конверторах, в некоторых моделях цифровых камер можно запрограммировать и «электронные» конверсионные или цветокомпенсационные фильтры, причем выставляя в настройках камеры соответствующие марки фильтров. Однако получить можно весьма незначительный сдвиг — до одного декамайреда.

Всему вышесказанному можно подвести следующий короткий итог: **если цветовая температура источника света выше той, для которой сбалансирована фотопленка, изображение приобретает холодный голубоватый оттенок,**

**и наоборот, если цветовая температура источника света ниже, на снимке будут преобладать теплые желтоватые оттенки.**

Люминесцентные лампы представляют собой стеклянные трубки, наполненные парами ртути. При прохождении электрического заряда ртуть испускает ультрафиолетовые лучи, это излучение, в свою очередь, возбуждает нанесенные на внутреннюю поверхность стеклянной трубки люминофоры, излучение которых приходится на видимую часть спектра. Природа этого возбуждения такова, что люминофоры (фосфоры) излучают дискретный набор спектральных полос, расположенных на фоне непрерывного спектра. Гробо говоря, в невидимой нам части вполне белого света присутствуют «всплески» разного цвета в зависимости от состава люминофора. То есть и полученное изображение будет иметь «окрашенный» вид. Подобными же характеристиками обладает еще множество источников света: ртутные лампы, лампы высокого давления и так далее.

В общем, подобные источники являются источниками цветного света и, как правило, скомпенсировать их спектр очень трудно, а часто практически невозможно. В некоторых случаях помогают фильтры Color Compensation, плотность которых измеряется в процентах. Например, для устранения грязно-зеленого оттенка, который появляется при съемке при лампах «дневного света», применяют пурпурный фильтр, который задерживает часть зеленых лучей. Но если под потолком есть несколько различных плафонов с такими лампами, то, скорее всего, паразитный оттенок полностью исправить не удастся — наверняка отдельные лампы будут разных фирм и разного срока эксплуатации.

Естественно не надо забывать о поправках на экспозицию. В зависимости от фирмы-производителя голубые фильтры B12 требуют увеличения экспозиции от 2 до 4 раз, то есть на одну или две ступени. Янтарные R12 — от 0,5 до 2 раз, то есть на половину или одну ступень. Меньшие значения сдвига требуют меньшего изменения экспозиции.

Необходимо помнить, что отраженный свет от поверхностей, которые кажутся нейтрально-серыми, может оказаться окрашенным. Подобные вещи неустраивают при съемке и редко поддаются коррекции в Photoshop и в других подобных программах.

Рано или поздно вы столкнетесь с ситуацией, когда понятие цветовой температуры станет для вас крайне актуальным. Практикующие фотографы быстро начинают понимать, какие фильтры нужно использовать для исправления цветопередачи в том или ином случае.



Студийная съемка. Основной свет — галогенные лампы, цветовая температура 3200 К, желтый отражатель, контрольный свет — импульсные осветители, цветовая температура которых 5000 К; пленка 64Т сбалансирована под цветовую температуру 3200 К. Такая схема света дала голубой контур. Яркость контура можно изменять, варьируя интенсивность контрольного света

#### Соответствие конверсионных фильтров

| Янтарные |        | Голубые |       |
|----------|--------|---------|-------|
| Европа   | Kodak  | Европа  | Kodak |
| R15      | — 85B  | B1      | — 82  |
| R12      | — 85   | B1,8    | — 82A |
| R8       | — 85C  | B3,2    | — 82B |
| R6       | — 81EF | B4,5    | — 82C |
| R4       | — 81D  | B5,5    | — 80D |
| R3,5     | — 81C  | B8      | — 80C |
| R2,5     | — 81B  | B12     | — 80B |
| R1,8     | — 81A  | B15     | — 80A |
| R1       | — 81   |         |       |

Съемка на улице. Самовар освещен солнечным светом с цветовой температурой 5500 К; пленка 100 plus сбалансирована под цветовую температуру 5500 К (дневной свет). Часть бревенчатой стены в тени. Цветовая температура голубого неба примерно 7000 К, откуда голубая окраска теней

| Тип фильтра    | Реальный свет | Баланс пленки |
|----------------|---------------|---------------|
| KR 1,8 (81A)   | 3400 К        | → 3200 К      |
| KR 3 (81C)     | 3600 К        | → 3200 К      |
| KR 6 (81EF)    | 3900 К        | → 3200 К      |
| KR 12 (85)     | 5500 К        | → 3400 К      |
| KR 13 (85B)    | 5500 К        | → 3200 К      |
| KB 1,8 (82A)   | 3000 К        | → 3200 К      |
| KB 3 (82C)     | 2800 К        | → 3200 К      |
| KB 6 (80D)     | 4100 К        | → 5500 К      |
| KB 12 (80B)    | 3400 К        | → 5500 К      |
| KB 13 (80A)    | 3200 К        | → 5500 К      |
| KB 20          | 2600 К        | → 5500 К      |
| KR 2 (81C)     | 5900 К        | → 5500 К      |
| KR 4 (81C+81C) | 6800 К        | → 5500 К      |



Этими свойствами цветных пленок, как равно и установкой баланса белого в цифровой камере, вы можете прекрасно пользоваться в творческих целях. Например, при съемке интерьера. На улице день, интерьер освещен галогенными лампами. Съемка производится на пленку типа Т (цветовой баланс которой 3200). Ясно, что цветовой баланс интерьера будет нормальным, а вот окна будут

голубыми (цветовой баланс улицы 5500–7000, и для нас в этом случае не имеет значения, ясно за окном или пасмурно).

Или наоборот: для передачи настроения заката или восхода не следует пользоваться конверсионными фильтрами для исправления теплых оттенков. Скорее напротив, вы можете захотеть немного усилить эти краски.



© Алексей Воронцов, Александр Бурцов

В данной таблице приведены только источники света, поддающиеся цветокоррекции.

**Дневной свет** **Цветовая температура источника света, К**

|   |             |
|---|-------------|
| Голубое безоблачное небо                          | 10000–30000 |
| Сильный туман                                     | 7500–8500   |
| Полуденное солнце при безоблачном небе            |             |
| в летние месяцы                                   | 6000–7000   |
| в зимние месяцы                                   | 5500        |
| Солнечный свет при восходе и закате               | 2500–3500   |
| Утреннее и вечернее сумеречное небо               | 2000        |
| Небо близ восходящего или заходящего солнца       | 2500        |
| Утреннее или вечернее солнце в ясном небе         |             |
| под углом больше 15 градусов над линией горизонта | 3500–5000   |
| Летнее солнце в зените в синем ясном небе         | 6000–6500   |
| Дневной свет неба при легкой высокой облачности   | 6500–7000   |
| Дневной свет неба при сильной облачности          | 9000–14000  |
| Дневной свет неба при слабой облачности           | 7000–9000   |
| Облачное небо в северной части                    | 10000–20000 |
| Пасмурная погода в тени в солнечный день          | 6500–9000   |

**Искусственный свет**

|   |           |
|---|-----------|
| Импульсная лампа-вспышка                    | 5000–5500 |
| Лампа галогенная                            | 3100–3300 |
| Парафиновая свеча                           | 1500–1700 |
| Керосиновая лампа                           | 2000      |
| Проекционная лампа (диaproектор)            | 3000–3200 |
| Нормальные осветительные лампы:             |           |
| 1000 Вт                                     | 3000      |
| 500 Вт                                      | 2800      |
| 100 Вт                                      | 2600      |
| 25 Вт                                       | 2400      |
| Фотолампа (перекальная лампа)               | 3400      |
| Газонаполненные лампы накаливания           | 3000      |
| Магниева вспышка                            | 4000      |
| Лампа накаливания с колбой из синего стекла | 6000      |
| Лампа дуговая                               | 4000–5500 |

Снимки интерьеров были сделаны на пленку 647, сбалансированную под цветовую температуру 3200 К, цветовая температура источников света составляла 3200 К. Голубые окна получились потому, что цветовая температура дневного света составляла 5500 К. Левый снимок собора Нотр Дам был сделан на дневную пленку, цветовая температура которой 5500 К, а правый — на вольфрамовую пленку, цветовая температура которой 3200 К, это привело к интенсивной голубой окраске неба и сильному изменению цвета перил моста в сторону зеленого оттенка. Спектр уличных фонарей неизвестен.

