

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

Основы теории цвета

Контент электронного дистанционного курса в системе
дистанционного обучения Moodle

Работа выполнена по мероприятию блока 1 «Совершенствование
образовательной деятельности» Программы развития СГАУ
на 2009 – 2018 годы по проекту «Система электронного дистанционного
образования института печати СГАУ» Соглашение № 1/31 от 3 июня 2013 г.

САМАРА

2013

УДК 655 (075)

О-753

Автор-составитель: **Ахматова Ирина Викторовна**

Основы теории цвета [Электронный ресурс] : контент электронного дистанционного курса в системе дистанционного обучения Moodle // М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. И.В.Ахматова. - Электрон. текстовые и граф. дан. - Самара, 2013. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Контент «Основы теории цвета» предназначен для студентов института печати», обучающихся по направлению подготовки бакалавров 261700.62 «Технология полиграфического и упаковочного производства» в 4 семестре. Контент разработан на кафедре технологии и машин полиграфического производства.

ПРИРОДА ЦВЕТОВОГО ОЩУЩЕНИЯ (МЕХАНИЗМ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ)

Основные понятия

Цвет – одно из свойств объектов материального мира, воспринимаемое как осознанное зрительное ощущение. Тот или иной цвет "присваивается" человеком объектам в процессе их зрительного восприятия.

Цветность будет определяться отраженными от объекта излучениями, которые были зарегистрированы сетчаткой глаз наблюдателя – в этом заключается **механизм цветовосприятия**.

В подавляющем большинстве случаев цветовое ощущение возникает в результате воздействия на глаз потоков электромагнитного излучения из диапазона длин волн, в котором это излучение воспринимается глазом (видимый диапазон длины волн от 380 до 760 нм) (рис. 1).



Рис. 1. Свет, объект и наблюдатель

Иногда цветовое ощущение возникает без воздействия лучистого потока на глаз:

- при давлении на глазное яблоко; при ударе;
- при электрическом раздражении;
- по мысленной ассоциации с другими ощущениями (звука, тепла и т.д.);
- в результате работы воображения.

В общем случае цвет предмета обусловлен следующими факторами:

- окраской и свойствами поверхности предмета;
- оптическими свойствами источников света и среды, через которую свет распространяется;
- свойствами зрительного анализатора;
- особенностями психофизиологического процесса переработки зрительных впечатлений в мозговых центрах.

Эволюционно способность к восприятию цвета развилась для целей идентификации предметов вместе со способностями к восприятию других их свойств (размеров, твёрдости, теплоты и др.) и перемещений в пространстве, помогая обнаруживать и опознавать в жизненно важных ситуациях

отдельные предметы по их окраске при всевозможных изменениях освещения и состояния окружающей их среды. Например, зелёная листва деревьев признаётся зелёной даже при красноватом освещении на закате солнца.

Вырабатывающееся и закрепляющееся в человеческом сознании устойчивое представление об определённом цвете как неотъемлемом признаке привычных объектов наблюдения называется "*эффектом принадлежности цвета*", или "*явлением константности цвета*". Эта психологическая особенность зрительного восприятия наиболее сильно проявляется при рассматривании несамосветящихся предметов и обусловлена тем, что в повседневной жизни мы одновременно рассматриваем совокупности предметов, подсознательно сравнивая их цвета, либо сравниваем цветовые ощущения от разноокрашенных или разноосвещённых участков этих предметов. Эффект принадлежности цвета несамосветящихся объектов настолько значителен, что даже в неблагоприятных условиях рассматривания цвет предмета осознаётся в результате опознания предмета по другим признакам. Наименования многих цветов произошли от названия объектов, окраска которых очень сильно выражена: сиреневый, золотой, персиковый. Нередко даже цвет источника света описывают цветом какого-либо характерного несветящегося объекта: кроваво-красный диск Солнца.

Восприятие цвета может частично меняться в зависимости от психофизиологического состояния наблюдателя, например усиливаться в опасных ситуациях, уменьшаться при усталости и т.д. Несмотря на адаптацию глаза к условиям освещения, оно может довольно заметно отличаться от обычного при изменении интенсивности излучения.

При описании цвета используют три атрибута:

- 1) *цветовой тон*;
- 2) *насыщенность*;
- 3) *светлоту*.

Наиболее важный атрибут цвета – *цветовой тон*, который позволяет различать их как красный, желтый, зеленый, синий или как промежуточный между двумя соседними парами этих цветов. Например, зелёный тон присваивают предметам с окраской, близкой к окраске естественной зелени.

Насыщенность характеризует степень, уровень, силу выражения цветового тона. Этот атрибут в человеческом сознании связан с количеством краски, красителя.

Ахроматическими (бесцветные) цветами являются черный, белый и все оттенки серого, и считают, что они не имеют насыщенности и различаются лишь по светлоте. Цвет ахроматичных поверхностей, отражающих максимум света, называется "белым".

Поверхности, окрашенные в **хроматические** цвета (все остальные цвета), по-разному отражают свет с разной длиной волны.

Элементы цвета

Цвет является результатом взаимодействия *источник света, объекта и наблюдателя* (рис. 1). Чтобы цвет существовал, необходимо присутствие всех трех этих элементов.

Для существования нашей визуальной палитры цветов необходимо, чтобы присутствовали все три элемента – *свет, объект и наблюдатель*. Без *света* не будет электромагнитных волн различной длины; без *объектов* свет останется просто белым, а без *наблюдателя* не будет того сенсорного восприятия, благодаря которому волны различной длины распознаются или регистрируются как тот или иной уникальный "*цвет*".

Если нет наблюдателя, роза, по сути дела, бесцветна. Она лишь отражает определенное сочетание волн определенной длины, необходимое нам для того, чтобы видеть красный цвет...

...однако цвет, который мы воспринимаем и помним как "красный", является лишь порождением нашего ума.

Свет

Свет – это видимая часть электромагнитного спектра. Свет характеризуется тем, что имеет волновую природу. Каждая *волна* описывается своей длиной – расстоянием между двумя соседними гребнями (рис. 2). *Длина волны* измеряется в нанометрах (нм). *Нанометр* – это одна миллионная часть миллиметра.



Рис. 2. Характеристики волны

Область электромагнитного спектра, видимая человеческим глазом, занимает диапазон примерно от 400 до 700 нм. Этот диапазон составляет всего лишь малую часть огромного спектра электромагнитных волн. Помимо видимых волн человек использует и многие другие *невидимые волны*: начиная с самых коротких волн – рентгеновских лучей – и кончая длинными волнами, которые улавливаются нашими теле- и радиоприемниками (рис. 3).



Рис.3. Виды волн

Внутри человеческого глаза имеются сенсоры света, чувствительные к электромагнитным волнам (*палочки и колбочки*), длина которых попадает в видимый спектр.

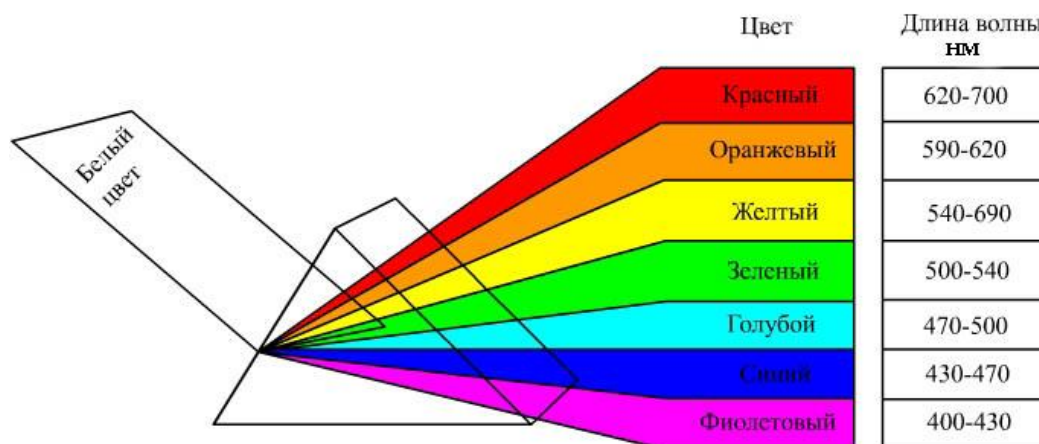


Рис. 4. Спектральный состав видимого цвета

Когда на эти сенсоры попадают световые волны, они посылают сигнал нашему мозгу. Затем этот сигнал интерпретируется мозгом как определенный цвет. Какой именно цвет получится в результате этой интерпретации, зависит от сочетания в свете волн различной длины. Например, если сенсоры зарегистрируют волны сразу всех длин из видимого спектра, то мозг будет воспринимать этот свет как *белый*. Если не будет зафиксировано никаких волн с длиной волны из видимого спектра, то это значит, что никакого света нет, и мозг будет интерпретировать эту информацию как *черный цвет*.

Пропустив луч белого света через призму (рис. 4), можно разбить его на составляющие и таким образом понять, как наши глаза реагируют на каждую отдельную длину волны. Этот эксперимент показывает, что волны разной длины интерпретируются нами как разные цвета. Можно выделить основные области видимого спектра: красную, оранжевую, желтую, зеленую, голубую, синюю и фиолетовую. Цвета плавно и непрерывно переходят друг в друга, образуя "радугу". Когда наша зрительная система регистрирует волны с длиной около 700 нм, мы видим "красный" цвет, а когда длина волны находится в диапазоне 450-500 нм, – "голубой"; длина волны 400 нм соответствует "фиолетовому" и так далее. Такая реакция глаза является основой для образования миллионов различных цветов, которые каждый день регистрирует наша зрительная система.

Отражающийся и пропускающийся свет

Когда световые волны попадают на объект, его поверхность *поглощает* некоторое количество энергии спектра, а оставшаяся часть спектра *отражается* от объекта. Модифицированный таким образом свет, отраженный от объекта, имеет совершенно иной состав длин волн. Разные поверхности, содержащие разное количество различных пигментов, красящих веществ и красителей, генерируют различные уникальные сочетания длин волн.

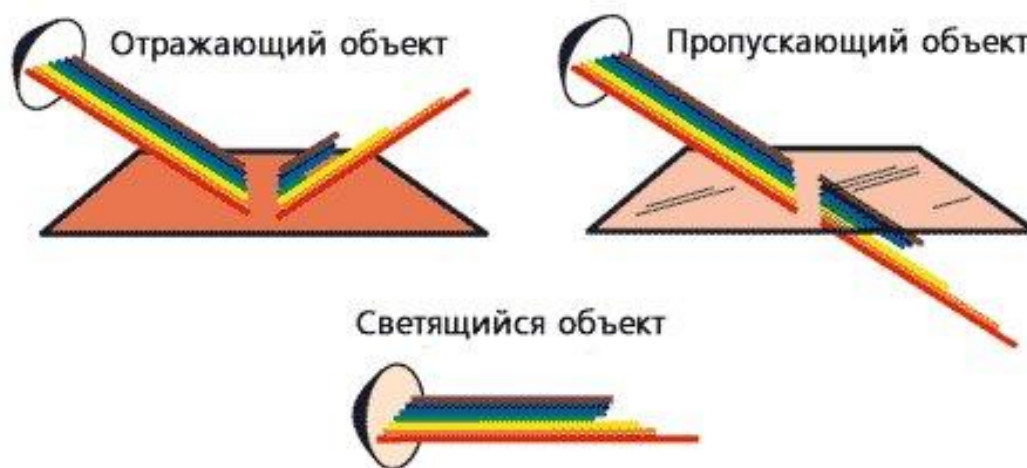


Рис. 5. Процессы отражения, поглощения и пропускания света объектом

При попадании на *отражающий* объект (такой, например, как бумага) или при прохождении через *пропускающий* объект (такой как пленка или слайд) свет может изменяться (рис. 5). Сами по себе источники света – испускающие объекты (такие как лампы искусственного освещения или мониторы компьютера) – тоже испускают свои собственные уникальные комбинации длин волн.

Отраженный, проникающий или испускаемый свет и составляет то, что мы называем "цветом объекта". Существует столько различных цветов, сколько поверхностей предметов – каждый объект влияет на цвет уникальным образом. Сочетание длин волн, исходящих от объекта, – это *спектральные данные*, которые часто еще называют "картой" цвета. Спектральные данные получаются в результате тщательного анализа – или *измерения* – длин всех волн. В ходе этого анализа определяется процентное содержание каждой из длин волн, отраженных обратно к наблюдателю, – *интенсивность их отражения*.

ПРИРОДА И ПСИХОЛОГИЯ ЦВЕТА

Особенности восприятия цвета человеком

Световые волны, излучаемые или отражаемые объектом, собираются хрусталиком и через стекловидное тело проецируются на сетчатку (рис. 6.8). Там они возбуждают определенные нервные клетки, физиологическое назначение которых состоит в распознавании световых волн. В результате возбуждения в нервных клетках возникает электрический сигнал, который по зрительному нерву поступает в зрительный центр мозга, где с помощью пока еще до конца не понятных механизмов и возникает зрительное восприятие цвета.

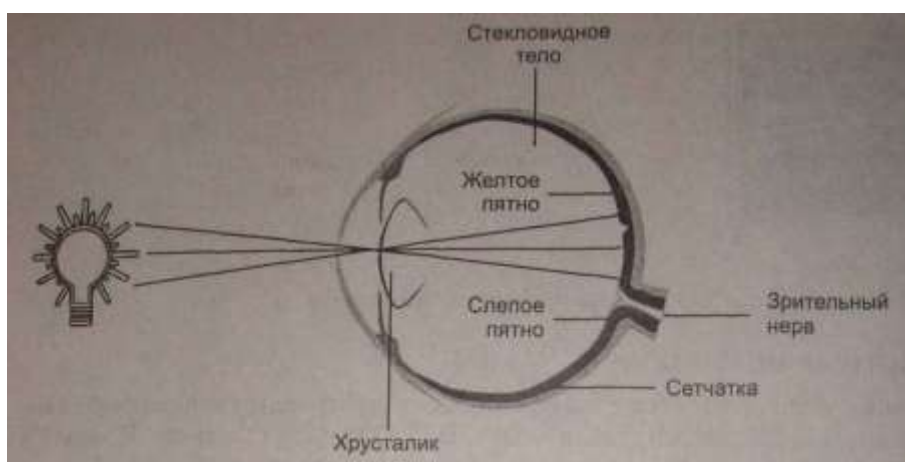


Рис. 6.8. Схема функционирования человеческого глаза

На самой сетчатке можно выделить две области, которые называют желтым пятном и слепым пятном. На слепом пятне нервные пути сетчатки переходят в зрительный нерв.

Поскольку в этом месте нервных клеток нет, то свет, попадающий на слепое пятно, не обнаруживается. На желтом пятне имеет место обратная картина. Оно расположено по центру зрительной оси и содержит много зрительных клеток, чувствительных к цвету (колбочек; см. ниже). При хорошем освещении глаз обычно фокусирует падающий свет на желтом пятне. Наоборот, ночью сильной фокусировки приходится избегать, поскольку из-за низкой чувствительности колбочек зрительное восприятие значительно ослабляется.

Колбочки и палочки

Зрение — канал, через который мы получаем около 90% всей информации об окружающем мире. Сам же процесс видения делится на три части:

- а) фокусирование изображения,
- б) фоторецепция и построение
- в) анализ наших представлений о том, что мы видим.

За цветовое и яркостное восприятие человеческого глаза отвечают два различных типа нервных клеток (рецепторов), называемых соответственно *колбочками* и *палочками* (рис. 1).

Палочки отвечают за сумеречное черно-белое зрение. Этот тип рецепторов равномерно распределен по сетчатке глаза и обладает очень высокой чувствительностью. Именно благодаря им обеспечивается возможность распознавания предметов в условиях плохой освещенности.

Колбочки предназначены для распознавания цветовой информации. Колбочки бывают трех сортов: "синие", с максимумом спектра поглощения 450 нм; "зеленые" ($I_{\max} = 530$ нм) и "желтые" ($I_{\max} = 570$ нм). Максимум спектра поглощения у палочек 500 нм, что соответствует синевато-зеленому цвету.

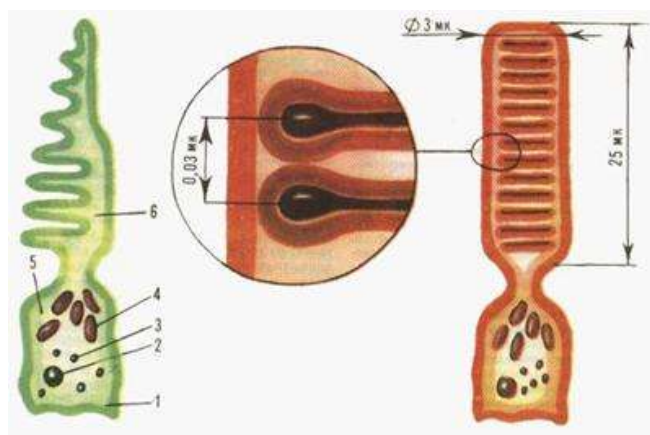


Рис. 1. Колбочка (слева) и палочка (справа): 1 – пресинаптический контакт; 2 – ядро; 3 – липосомы; 4 – митохондрии; 5 – внутренний сегмент; 6 – наружный сегмент

За цветовое и яркостное восприятие человеческого глаза отвечают два различных типа нервных клеток (рецепторов), называемых соответственно колбочками и палочками.

Процесс функционирования палочек и колбочек не имеет принципиальных отличий. В обоих случаях происходит поглощение световых волн и по достижении определенного порога вырабатывается нервный импульс. При этом оба вида нервных клеток реагируют на интенсивность падающего света. В чем же тогда проявляется их различие?

Палочки «отвечают» за черно-белое зрение, поскольку способны регистрировать только суммарную энергию света. Этот тип рецепторов равномерно распределен по сетчатке глаза и обладает очень высокой чувствительностью, примерно в 1000 раз превышающей чувствительность колбочек. Именно благодаря им обеспечивается возможность распознавания предметов в условиях плохой освещенности («ночью все кошки серы»).

Колбочки предназначены для распознавания цветовой информации. В отличие от палочек имеются три сорта колбочек, каждая из которых реагирует на определенный диапазон длин волн. Из экспериментальных данных видно, что первый тип воспринимает световые волны с длинами волн

в диапазоне 400-500 нм («синяя» составляющая спектра), второй — от 500 до 600 нм («зеленая» составляющая спектра) и третий — от 600 до 700 нм («красная» составляющая спектра). В зависимости от того, световые волны какой длины и интенсивности присутствуют в спектре, те или иные группы колбочек возбуждаются сильнее или слабее. Полученная с помощью зрительных рецепторов информация поступает в виде сигналов в мозг, который определяет, в каких соотношения возбуждены три вида колбочек, создавая на базе этого цветовое восприятие.

Таким образом, исходя из особенностей строения человеческого глаза можно сделать вывод, что цвет трехмерен по своей природе.



Рис. 6.9. Спектральная чувствительность различных типов колбочек

Принцип действия большинства технических устройств, предназначенных для обработки содержащейся в свете цветовой информации, также базируется на раздельном распознавании красной, зеленой и синей составляющих света.

Настало время разобраться с тем, как свойства палочек и колбочек влияют на чувствительность зрения к яркости света.

Спектральная чувствительность глаза к яркости

Как можно увидеть из рис. 6.9, области чувствительности различных типов колбочек значительно перекрываются. Поэтому, как правило, в процессе восприятия глазом падающего на него света возбуждаются все три сорта колбочек. А поскольку чувствительности разных типов колбочек отличаются очень сильно, то глаз человека имеет неодинаковую чувствительность к разным длинам волн. Особенно хорошо воспринимается зеленый цвет, красный — несколько слабее, а чувствительность к синему

цвету чрезвычайно низка. В результате отдельные цветовые составляющие цветного изображения вносят разный вклад в ощущение яркости.

На практике в качестве яркостной характеристики чувствительности глаза обычно используют кривую спектральной чувствительности (рис. 6.10). Для дневного освещения ее можно получить путем суммирования приведенных на рис. 6.10 спектральных составляющих трех типов колбочек с последующим нормированием полученной кривой (путем деления всех ее составляющих на максимальное значение яркости). По существу этот график представляет собой не что иное, как КПД человеческого глаза. По графику можно легко оценить, какая часть попавшего в глаз света вносит наибольший вклад в формирование ощущения цвета. Так, для получения с помощью синего цвета такого же ощущения яркости, как от зеленого цвета, его реальная энергия должна быть в несколько раз выше.

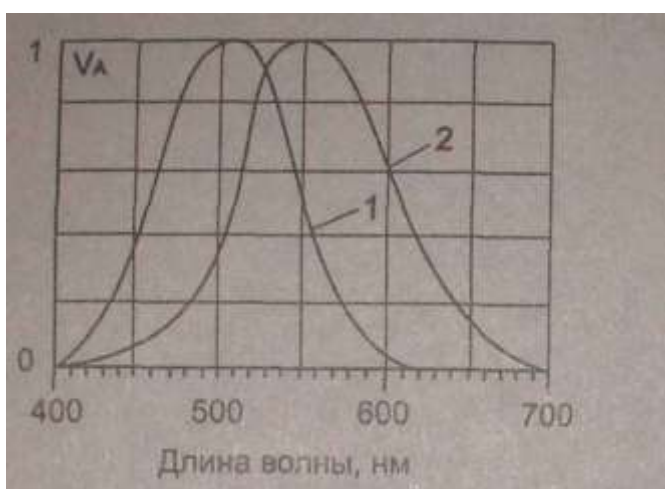


Рис. 6.10. Кривые спектральной чувствительности глаза при различных условиях внешнего освещения: 1- в сумерках, 2 - при дневном освещении

При получении кривой спектральной чувствительности в качестве нормирующего коэффициента используется принятая за единицу спектральная эффективность желто-зеленого излучения с длиной волны 555 нм. Для отображения интенсивности составляющей спектра используется обозначение V .

При оценке яркостной чувствительности цвета следует учитывать, что свой вклад в ощущение яркости вносят как колбочки, так и палочки (рис. 6.11). А поскольку максимальная чувствительность палочек по сравнению с колбочками лежит в более коротковолновой области спектра (соответственно 500 нм против 555 нм), то именно этим фактором объясняется зависимость спектральной чувствительности от внешней освещенности.

Вклад палочек и колбочек в результирующее значение яркости определяется условиями освещенности. Так, в темноте работают только палочки. В сумерках в формировании яркостного восприятия участвуют и палочки, и колбочки, а при повышении уровня освещенности начинают доминировать палочки.



Рис. 6.11. Спектральная чувствительность палочек и колбочек

Это легко проверить на практике. Если вам приходилось встречать рассвет за рыбалкой на реке или озере, то вы можете вспомнить, что поначалу серый окружающий фон с восходом солнца понемногу расцветивается в цветовые тона.

В результате проведения многочисленных психологических тестов наряду с теоретическими исследованиями было установлено, что для большинства людей ощущение яркости при восприятии цветных изображений определяется на 71,5% зеленой составляющей, 21 % — красной и 7,2% — синей. Таким образом, если известны зеленая, синяя и красная составляющие источника цвета, то воспринимаемая нашим глазом результирующая яркость такого источника может быть определена по формуле:

Яркость = $0,715160 \times \text{зеленый} + 0,212671 \times \text{красный} + 0,072169 \times \text{синий}$.

Существуют и другие выражения для определения яркости.

Для стандарта в области NTSC телевидения:

Яркость = $0,59 \times \text{зеленый} + 0,31 \times \text{красный} + 0,11 \times \text{синий}$.

Спектральная чувствительность наблюдателя

Спектральная чувствительность определяет диапазон принимаемых наблюдателем или приемником цветов. На рис. 6.12 представлена спектральная чувствительность глаза. Левее синей области частот — ультрафиолетовые волны, правее красной — инфракрасные волны. Наилучшую чувствительность глаз имеет в районе 555 нм (зеленый цвет). На спектральную чувствительность влияют качество источника света, а также различия в цветах фона и в углах обзора



Рис. 6.12. Спектральная чувствительность глаза

Роль фона легко понять, так как его цвет воспринимается теми же чувствительными органами, что и цвет объекта.

От углов обзора (углов, под которыми наблюдается данный объект) зависит интенсивность отражаемого света (для отражающих поверхностей), а также появление теней и различие в интенсивности излучения (для излучающих поверхностей). Прямое излучение является более сильным, чем излучение под углами.

Путем измерения спектральной чувствительности наблюдателя (или принимающего устройства) мы регистрируем его способность воспринимать свет с различными длинами волн.

ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ ЦВЕТА

Человеку на протяжении всей своей жизни часто приходится иметь дело с оценкой цвета, как на бытовом уровне, так и в профессиональной деятельности. Особенно это касается специалистов, практически постоянно сталкивающихся с цветовыми оценками в своей работе. Людям, чья профессия обязывает работать с цветом (полиграфисты, кинематографисты, дизайнеры и др.), необходимо знать численные характеристики цветов, определять точность воспроизведения цвета, уметь измерять цвет.

Так как ощущение цвета человеком очень индивидуально и к тому же сильно зависит от внешних факторов, все это приводит к субъективной оценке параметров цвета. Однако в практической деятельности часто возникает необходимость в точном описании цвета.

Измерить цвет означает выразить его через какие-либо величины, определяющие его место среди множества цветов, выраженных в некоторой системе.

Колориметрия – от лат. "колор" – цвет и "метрон" – мера.

Наука об измерении цвета называется **метрологией цвета**, или **колориметрией**. Наряду с собственно измерением цвета колориметрия изучает вопросы его систематизации и математического описания. Среди главных требований, предъявляемым к метрологии, – однозначность и воспроизводимость результатов. Однозначность подразумевает, что одна и та же величина должна всегда давать одинаковые численные значения, а воспроизводимость означает сопоставимость полученных результатов.

Колориметрия использует две основные системы измерения цвета:

- *Колориметрическая* состоит в определении цветовых координат, то есть численных характеристик, по которым можно не только описать цвет, но и воспроизвести его. Примером ее реализации могут служить разнообразные цветовые модели.
- *Система спецификаций* представляет собой набор цветов (атлас), в котором выбирается цвет, тождественный воспроизводимому (измеряемому). В большинстве современных графических программ ей соответствуют разнообразные палитры и системы соответствия цветов типа Pantone и Trumatch.

Системы спецификаций основаны на использовании цветовых таблиц (*атласы цветов*), где указываются цветовые координаты определяемых цветов.

Основные достоинства атласов цветов – их наглядность, компактность и простота использования. Недостатком является малая точность, обусловленная дискретным характером измерения и различием в спектральном составе источников освещения, при котором происходит сравнение цветов образца и атласа. Атласы цветов используются в тех случаях, когда нет необходимости в большой точности, а сам процесс измерения надо выполнить быстро и просто. Именно поэтому в дополнение к системам спецификаций были созданы колориметрические системы, позволяющие с помощью математических зависимостей определять степень различия между цветами.

Для корректного измерения цвета необходимо создание специальных цветовых моделей, обеспечивающих однозначность и воспроизводимость результатов измерений. Рассмотренные ранее RGB- и CMYK-модели не отвечают этим требованиям по причине ограниченного цветового охвата и аппаратной зависимости. Перцепционные модели на базе цветовой модели HSB также не подходят для этих целей, поскольку их компоненты определяются из RGB-модели.

МКО – международная комиссия по освещению (от фр. CIE (Commission Internationale de L'Eclairage))

Для решения этой проблемы в 1931 г. на VIII сессии Международной комиссии по освещению ([МКО](#)) были предложены два варианта аппаратнонезависимых колориметрических моделей:

- цветовая система *RGB МКО*;
- цветовая модель *XYZ*.

Цветовая система RGB МКО

Цветовая система *RGB МКО* является продолжением развития цветовой модели RGB. В данной системе учитываются свойства цветового зрения человека. По результатам [экспериментов](#) со смешением цветов были определены [кривые сложения](#) (рис. 1) линейно независимых цветов соответствующих монохроматическим излучениям с длинами волн 700,0 нм (красный), 546,1 нм (зелёный) и 435,8 нм (синий). При допущении отрицательных значений цветовой координаты уже все спектральные цвета можно выразить через выбранную тройку основных цветов.

В таких экспериментах выполняется зрительное уравнивание чистых спектральных цветов (т.е. цветов, соответствующих монохроматическому свету с различными длинами волн) со смесями 3 основных цветов.

При графическом построении зависимостей количеств основных цветов от длины волны получаются функции длины волны, называемые кривыми сложения цветов или просто кривыми сложения.

Система *RGB MKO* обладает рядом недостатков, основными из которых являются сложность расчетов и наличие отрицательных координат (рис. 3.1), что неизбежно в случае попытки воспроизведения всех цветов видимого спектра при использовании в качестве основных цветов компонентов RGB-модели.

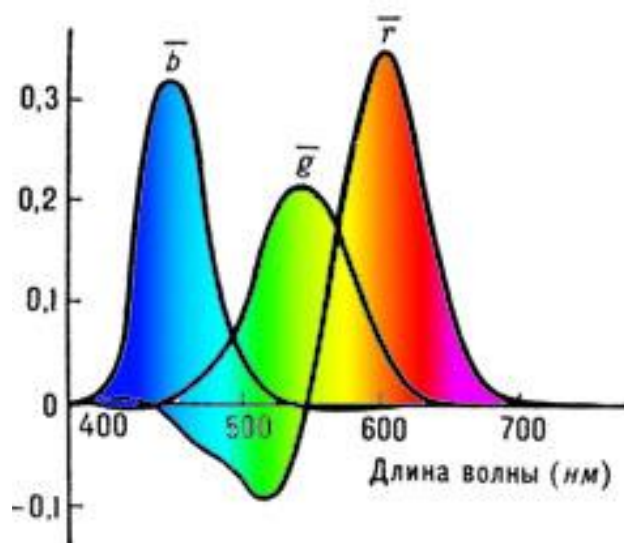


Рис. 1. Система RGB MKO. Распределение по спектру цветовых координат монохроматических излучений мощностью в 1 Вт

В настоящее время система *RGB MKO* в основном выполняет вспомогательную, а иногда контрольную функцию. Тем не менее именно эта система явилась основой цветовой системы XYZ.

Необходимость отрицательного компонента цвета

Как уже отмечалось, с помощью аддитивного синтеза невозможно создание всех цветов видимого спектра. Например, для получения сине-зеленого цвета необходимо объединить потоки синего и зеленого цветов, но их сумма выглядит светлее, чем необходимый цвет. Если попытаться сделать его темнее с помощью красного, то получим еще более светлый результирующий цвет, так как световые энергии при аддитивном синтезе складываются. То есть мы можем добавлять красный только для получения более светлого образца. С точки зрения математики для получения нужного нам цвета необходимо вычесть красный цвет из суммы двух оставшихся базовых цветов, то есть добавить отрицательный компонент красного цвета (рис. 1):

$$C = gG + bB - rR.$$

Однако физически это невозможно, так как отрицательной интенсивности света не существует.

Цветовая модель XYZ

Кривые сложения системы *МКО RGB* имеют отрицательные участки для некоторых спектральных цветов, что неудобно при расчётах. Поэтому наряду с системой *RGB МКО* приняли другую цветовую координатную систему *XYZ*, в которой отсутствовали недостатки системы *RGB*, и которая дала ряд других возможностей упрощения расчётов. Для получения данной системы были проведены эксперименты с группой наблюдателей, на базе которых была измерена цветовая реакция "стандартного" человека на свет различного спектрального состава. Результатом стало получение трех спектральных кривых, названных *X*, *Y* и *Z* (рис. 3.2). Эти кривые по внешней форме близки к спектральным кривым *R*, *G* и *B* цветовой модели *МКО RGB* (см. 1). Основными цветами (*X*), (*Y*), (*Z*) системы *XYZ* являются нереальные цвета, выбранные так, что кривые сложения этой системы (рис. 2) не имеют отрицательных участков.

В настоящее время колориметрическая система *XYZ* принята в качестве рабочей системы. В ней обычно выражают результаты измерений, и на ее базе построен ряд новых более совершенных цветовых систем, в частности *LAB*.

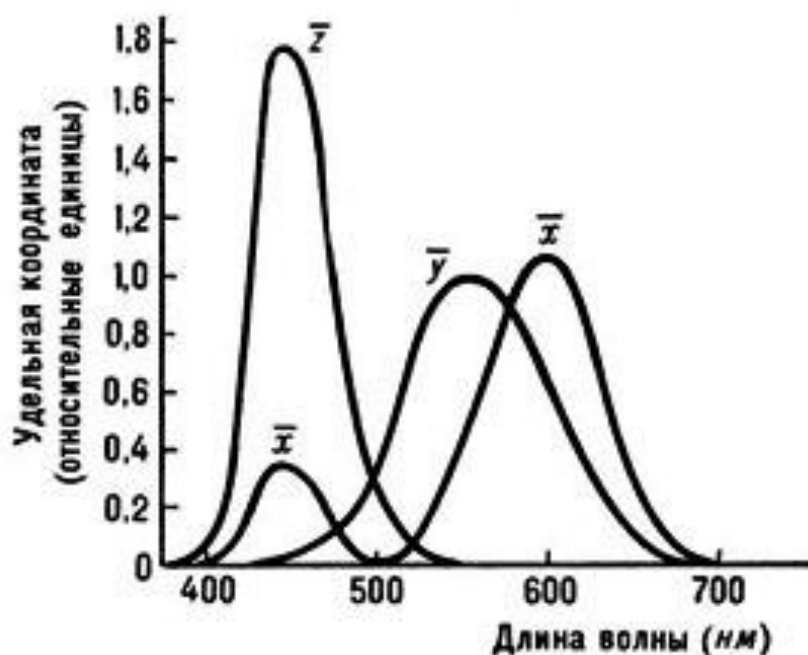


Рис. 2. Цветовая модель XYZ

Модель xyY – нормированный вариант модели XYZ

Работать с трехмерными графиками достаточно сложно, поэтому для удобства использования данного цветового пространства был разработан его нормированный вариант – xyY (рис. 3), являющийся двухмерным аналогом полного цветового пространства XYZ. В нем введены нормированные значения цветовых координат:

$$x = X/(X + Y + Z),$$

$$y = Y/(X + Y + Z),$$

$$z = Z/(X + Y + Z),$$

где $x + y + z = 1$.

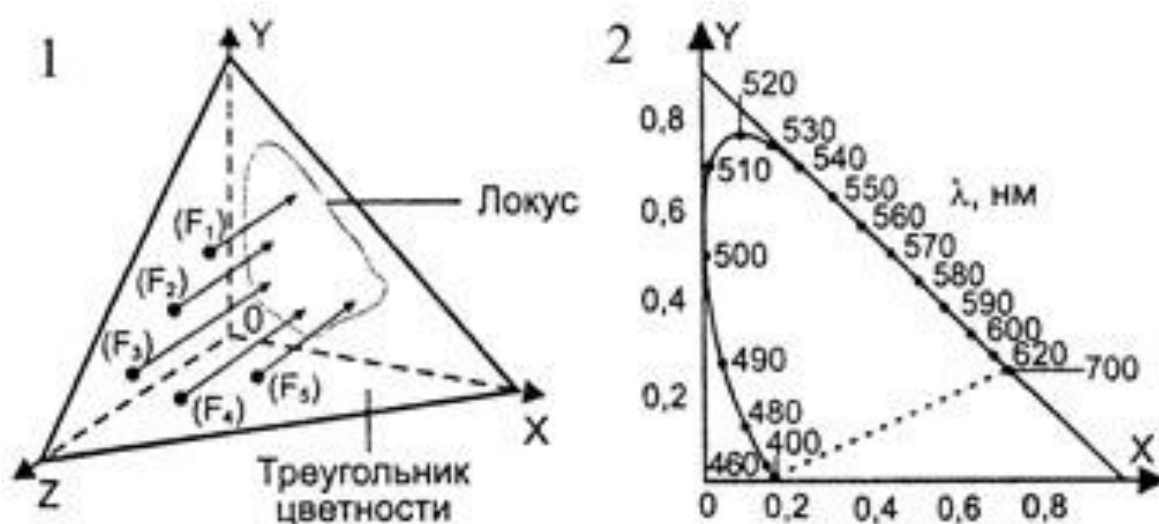


Рис. 3. Схема преобразования трехмерной цветовой системы XYZ в двухмерное нормированное цветовое пространство xyY

Поэтому величина z может быть легко определена на основе известных значений цветовых координат x и y : $z = 1 - y - x$.

В нормированном варианте xyY модели величина Y определяет не имеющую прямого отношения к цвету яркость, поскольку для полного описания цвета кроме цветности необходимо учитывать и ее.

Эта модель достаточно наглядна и популярна, поскольку именно в координатах xyY принято изображать *цветовой охват глаза (локус)*, включающий все наблюдаемые цвета. *Цветовые охваты (gamut)* всех реальных устройств, используемых в технологии работы с цветом, находятся внутри этого локуса (рис. 3.4), что удобно, например, при сопоставлении

цветовых охватов разных устройств, входящих в состав настольных издательских систем.

Международная комиссия по освещению решила ориентировать треугольник XYZ таким образом, что равные количества гипотетических основных цветов XYZ давали в сумме белый цвет. В центре треугольника находится *опорный белый цвет* – точка равных энергий с координатами $x = y = 0,33$.

Координаты точки *опорного белого цвета* зависят от источника освещения.

Для компьютерной графики можно отметить две наиболее важные области применения МКО-системы.

1. Определение цветового охвата устройств ввода, вывода и преобразования цветовой информации.
2. Выполнение взаимного конвертирования цветов различных цветовых моделей.

Все цвета, которые лежат внутри графика МКО или на его границе, являются физически реализуемыми. Поэтому их можно применять для получения новых цветов путем смешивания. Если отметить три таких цвета и соединить принадлежащие им точки прямыми линиями, то образуемая ими геометрическая фигура (треугольник) будет характеризовать цветовой охват устройства, в котором эти три цвета используются в качестве основных для аддитивного цветового синтеза. В цветовой охват полученного гипотетического устройства будут входить все цвета, попадающие внутрь построенного треугольника, включая и граничные линии (рис. 4).

Цветовой охват носителя информации не всегда имеет форму треугольника. В частности, для печатной продукции, где используется субтрактивный синтез (в процессе печати красками, чернилами, красителями и т.д.), цветовой охват принимает форму шестиугольника (рис. 4).

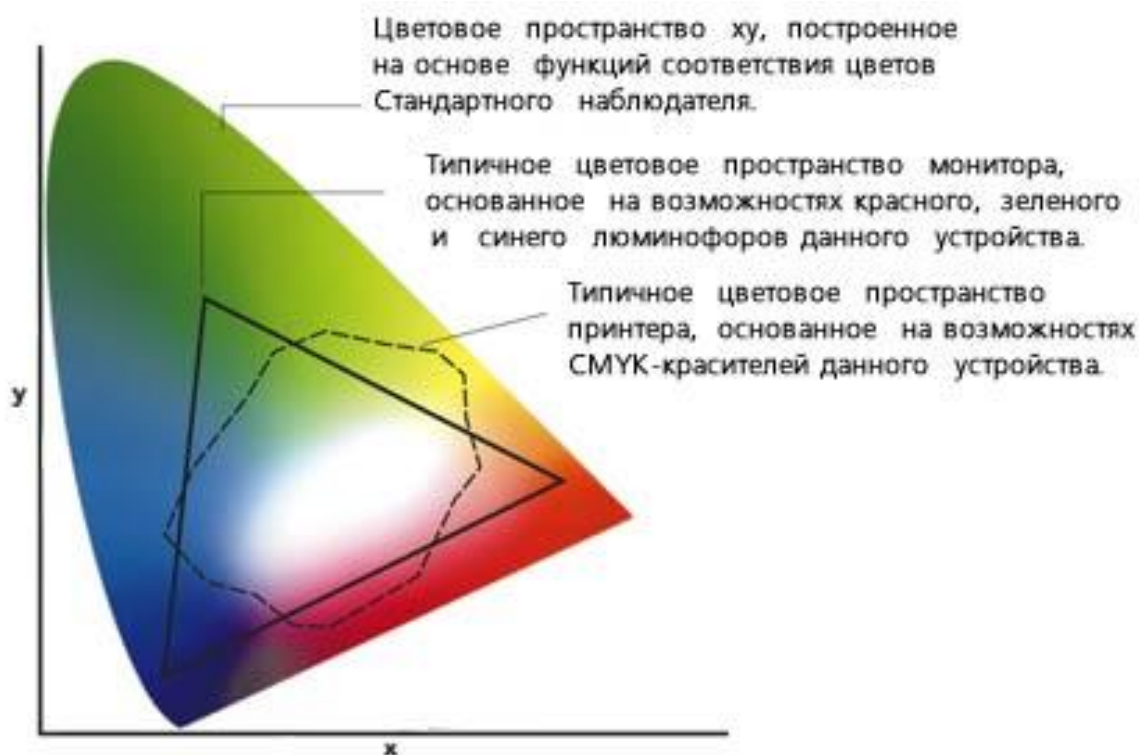


Рис. 4. Пример сопоставления цветовых охватов различных устройств с помощью системы МКО: сплошная линия – цветовой охват монитора; пунктир – цветовой охват принтера

Наряду с достоинствами цветовой системе xuY также присущи недостатки, это:

- *сложность учета яркости;*
- *неравномерность*, проявляющаяся в том, что небольшое изменение длины световой волны в одной области цветового пространства может остаться практически незамеченным, в то время как изменение на такую же величину другого цвета будет просто катастрофическим. Указанная неравномерность составляет 80:1.

Поэтому система xuY непригодна для оценки количественного выражения цветовых различий. Для проведения такого сравнения необходима система, в которой расстояние между точками для любых цветов было бы прямо пропорционально визуально наблюдаемому различию между ними. При этом единица длины, соответствующая одному порогу цветоразличия, должна быть постоянной в любой области цветового пространства. Система с такими свойствами называется *равноконтрастной*.

К настоящему времени разработано множество равноконтрастных колориметрических систем, основанных на различных принципах; среди них самое широкое практическое применение нашла система CIE Lab.

КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (цветовые модели-пространства), ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

При обработке изображений необходима объективность в восприятии цвета, так как для обеспечения одинакового воспроизведения одного и того же цвета различными устройствами ввода и вывода информации (мониторы, принтеры и сканеры разных фирм-изготовителей) необходимо наличие объективных измерительных систем, позволяющих установить однозначное определение цветовых координат. Для этих целей разработаны специальные средства, включающие:

- *цветовые модели;*
- *системы соответствия цветов;*
- *цветовые режимы.*

В основе создания цветовых моделей лежит использование универсальных языков, позволяющих реализовать способы точного описания цвета с помощью стандартных математических выражений. Без их помощи было бы невозможно выполнить ни один из этапов обработки цифровых изображений, включая сканирование, редактирование и печать.

В современных компьютерных программах манипуляции с цветом осуществляются с помощью *цветовых моделей и режимов.*

Понятие цветовой модели

Цветовые модели (color model) используются для математического описания определенных цветовых областей спектра. Большинство компьютерных цветовых моделей основано на использовании трех основных цветов, что соответствует восприятию цвета человеческим глазом. Каждому основному цвету присваивается определенное значение цифрового кода, после чего все остальные цвета определяются как комбинации основных цветов.

Цветовые модели удобны при использовании в компьютерных программах для однозначного определения выводимого цвета. Так, если послать на монитор цветовой сигнал R255 G000 B255, то на любом хорошо откалиброванном мониторе теоретически должен появиться один и тот же цвет (в данном случае пурпурный) (рис. 1).

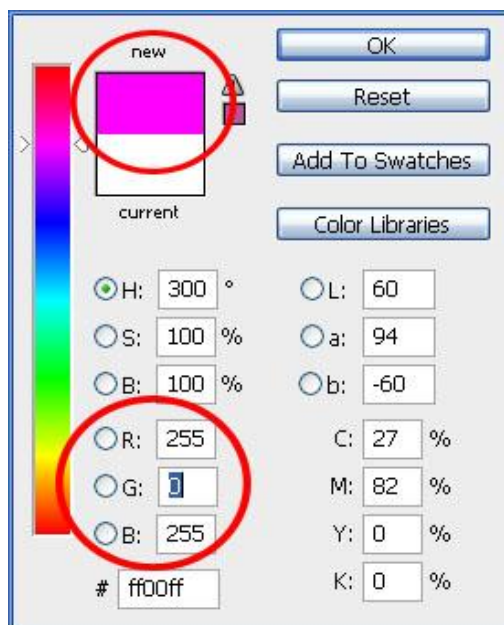


Рис. 1. Adobe Photoshop, R255 G000 B255 – пурпурный цвет

Типы цветковых моделей

По принципу действия цветковые модели условно разбивают на три класса:

- *аддитивные* (RGB), основанные на сложении цветов;
- *субтрактивные* (CMY, CMYK), основу которых составляет операция вычитания цветов (субтрактивный синтез);
- *перцепционные* (HSB, HLS, Lab, YCC), базирующиеся на восприятии.

Законы Г. Грассмана

В большинстве цветковых моделей для описания цвета используется трехмерная система координат. Она образует цветковое пространство, в котором цвет можно представить в виде точки с тремя координатами.

Законы Г. Грассмана:

1. *Трехмерность природы цвета.* Глаз реагирует на три различные цветковые составляющие. Примеры:

- красный, зеленый и синий цвета;
- цветовой тон (доминирующая длина волны), насыщенность (чистота) и яркость (светлость).

2. *Четыре цвета всегда линейно зависимы*, то есть: $cC = rR + gG + bB$,

где s , r , g , b – весовые коэффициенты для каждой из составляющих цвета. Для смеси двух цветов $(sC)_1$ и $(sC)_2$ имеет место равенство: $(sC)_1 + (sC)_2 = (rR)_1 + (gG)_1 + (bB)_1 + (rR)_2 + (gG)_2 + (bB)_2$, которое свидетельствует о том, что цвет смеси излучений C зависит только от их цвета, но не от спектрального состава.

Следствие: если цвет C_1 равен цвету C , и цвет C_2 тоже равен цвету C , то следует, что цвет C_1 равен цвету C_2 независимо от структуры спектров энергии цветов C , C_1 и C_2 .

3. *Цветовое пространство непрерывно.* Если в смеси трех цветов один непрерывно изменяется, а другие остаются постоянными, то цвет смеси будет меняться непрерывно.

АДДИТИВНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Аддитивный цвет получается путем соединения лучей света разных цветов. В основе получения аддитивного цвета лежат *законы Грассмана*, так как большинство цветов видимого спектра могут быть получены путем смешивания трех основных цветовых компонент (**первичные цвета** – красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue) или RGB (рис. 2)). При смешении основных цветов, например синего и красного, получается пурпурный (Magenta), при смешении зеленого и красного – желтый (Yellow), при смешении зеленого и синего – голубой (Cyan). При смешении всех трех цветовых компонентов получается белый цвет (White) (рис. 2). Голубой, пурпурный и желтый цвета называются **вторичными цветами**. Следует отметить, что первичные и вторичные цвета относятся к **базовым цветам**.

Базовыми цветами называют цвета, с помощью которых можно получить практически весь спектр видимых цветов.

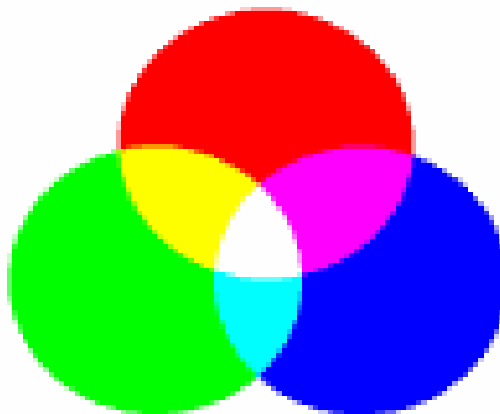


Рис. 2. Аддитивная цветовая модель

Цветовая модель RGB используется для цветовоспроизведения, например воспроизведения цвета на экранах телевизоров и компьютеров, также аддитивные цвета нашли широкое применение в системах освещения, сканерах и цифровых аппаратах.

Применение RGB-модели

В графических пакетах цветовая модель *RGB* используется для создания цветов изображения на экране монитора. Мельчайший элемент изображения, воспроизводимый монитором, называется *пикселом* (pixel от picture element).

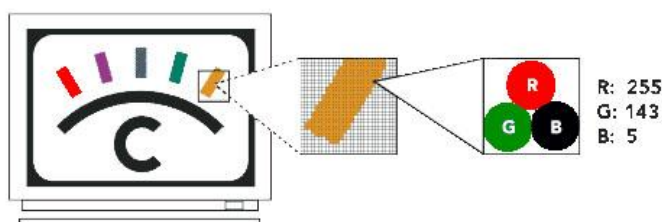


Рис. 3. Каждый пиксел экрана монитора содержит люминофоры RGB

При работе с низким разрешением отдельные пиксели не видны. Однако если рассматривать белый экран включенного монитора через лупу, то можно увидеть, что он состоит из множества отдельных точек красного, зеленого и синего цветов (рис. 3). Цвет каждого из пикселей (RGB-элементов изображения) получается в результате смешивания красного, синего и зеленого цветов точек. Пиксели так малы и так плотно прилегают друг к другу, что глаз "обманывается" и воспринимает RGB-цвета как множество разных цветов, тогда как реально существует всего три.

Для назначения цвета и яркости точек, формирующих изображение монитора, нужно задать значения *интенсивностей* для каждой из составляющих RGB-элемента и *цветовое разрешение* (*глубину цвета*), которые характеризуют максимальное количество воспроизводимых цветов. На рис. 4 приведена схема формирования 24-битового цвета, обеспечивающая возможность воспроизведения $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ млн цветов. Каждый из трех цветовых компонентов RGB-триады может принимать одно из 256 дискретных значений от максимальной интенсивности (255) до нулевой, соответствующей черному цвету.

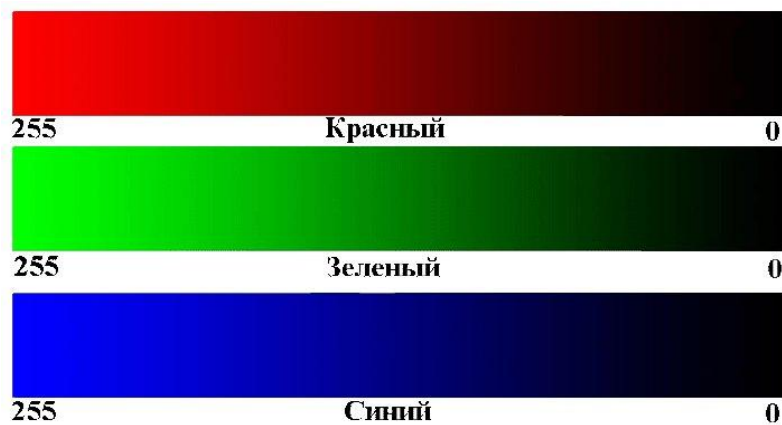


Рис. 4. Схема формирования 24-битового цвета

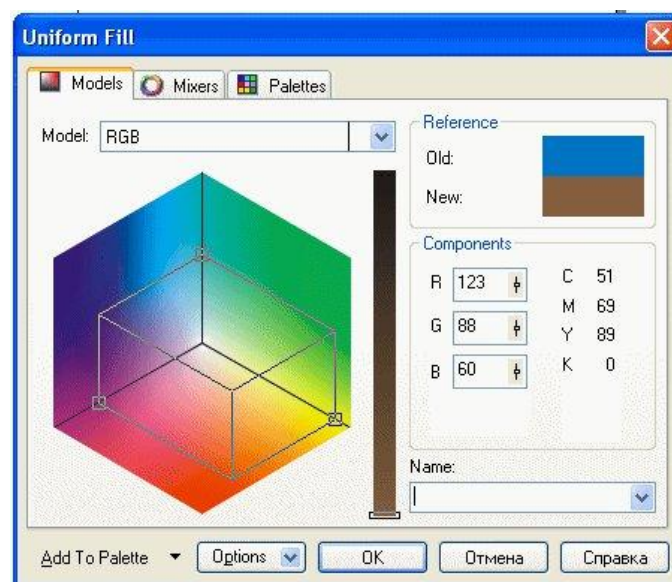


Рис. 5. Некоторые цвета, полученные на основе синтеза первичных цветов

Ограничения RGB-модели

Несмотря на то, что цветовая модель RGB достаточно проста и наглядна, при ее практическом применении возникают две серьезные проблемы:

- *Аппаратная зависимость*

Эта проблема связана с тем, что цвет на мониторах разных фирм производителей выглядит по-разному (присутствуют отличия в технологиях производства). Хотя если фирма производитель одна, проблемы все равно остаются, это связано с тем, что в процессе эксплуатации происходит старение люминофора и изменение эмиссионных характеристик электронных

проекторов. Для устранения (или по крайней мере минимизации) зависимости RGB-модели от аппаратных средств используются различные устройства и программы градуировки.

- *Ограничение цветового охвата*

Цветовой охват (color gamut) – это диапазон цветов, который может различать человек или воспроизводить устройство независимо от механизма получения цвета (излучения или отражения).

Ограниченность цветового охвата (рис. 10) объясняется тем, что с помощью аддитивного синтеза принципиально невозможно получить все цвета видимого спектра. В частности, некоторые цвета, такие как чистый голубой или чистый желтый, не могут быть точно воссозданы на экране. Но, несмотря на то, что человеческий глаз способен различать цветов больше, чем монитор, RGB-модели вполне достаточно для создания цветов и оттенков, необходимых для воспроизводства фотореалистических изображений на экране вашего компьютера.

Математически цветовую модель *RGB* удобнее всего представлять в виде куба (рис. 6). В этом случае каждая его пространственная точка однозначно определяется значениями координат *X*, *Y* и *Z*. Если по оси *X* откладывать красную составляющую, по оси *Y* – зеленую, а по оси *Z* – синюю, то каждому цвету можно поставить в соответствие точку внутри куба.

При использовании этой модели любой цвет может быть представлен в цветовом пространстве с помощью вектора, описываемого уравнением: $cC = rR + gG + bB$.

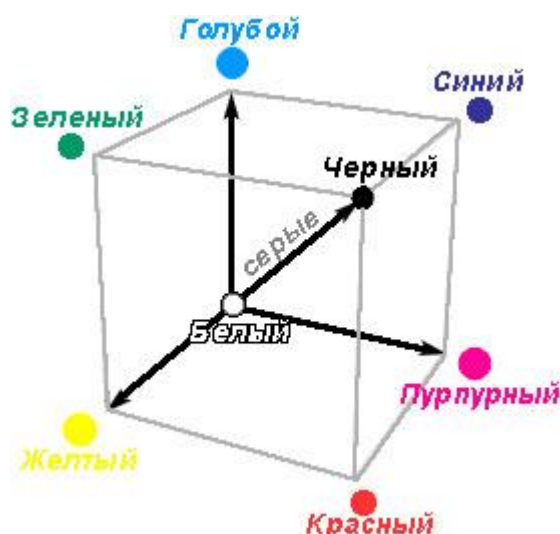


Рис. 6. Цветовая модель RGB

Уравнение идентично уравнению свободного вектора в пространстве, рассматриваемому в векторной алгебре. При этом направление вектора характеризует цветность, а его модуль выражает яркость.

На диагонали (*ахроматической оси*), соединяющей точки с координатами $(R, G, B) = (0, 0, 0)$ и $(R, G, B) = (255, 255, 255)$, расположены различные градации серого, для которых значения красной, зеленой и синей составляющих одинаковы. На рис. 7 приведен пример практической реализации RGB-модели в программе Corel PHOTO-PAINT.

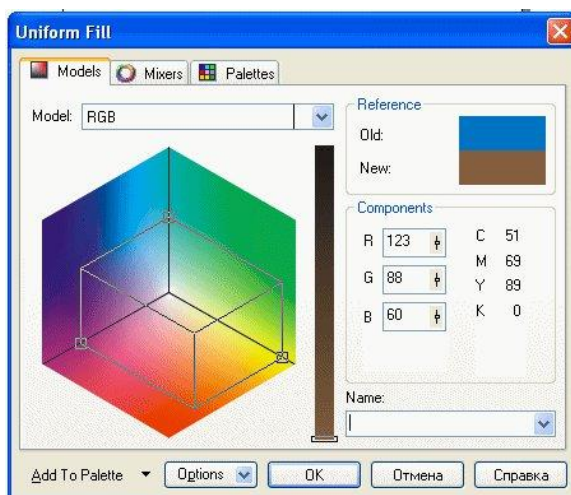


Рис. 7. RGB-модели в программе Corel PHOTO-PAINT

СУБТРАКТИВНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Для описания печатных цветов используется модель *СМУ*, базирующаяся на *субтрактивных* цветах. *Субтрактивные* цвета в отличие от *аддитивных* цветов получают вычитанием вторичных цветов из общего луча света. В этой системе белый цвет появляется как результат отсутствия всех цветов, тогда как их присутствие дает *черный цвет* (рис. 8).



Рис. 8. Субтрактивные цвета

Нанесение на бумагу трех базовых цветов: голубого (Cyan), пурпурного (Magenta) и желтого (Yellow) позволяет создать множество субтрактивных цветов.

Связь между аддитивными (красный, зеленый, синий) и субтрактивными (голубой, желтый, пурпурный) цветами:

Зеленый + Синий = Голубой
Зеленый + Красный = Желтый
Красный + Синий = Пурпурный
Зеленый + Синий + Красный = Белый
Голубой + Желтый + Пурпурный = Черный

При печати с наложением всех трех субтрактивных цветов результирующий цвет будет черным.

Правило коррекции цветового разбаланса:

При цветной печати: если изображение имеет излишне синий оттенок, то следует увеличить желтую составляющую, поскольку желтый поглощает синие составляющие. Соответственно избыточность зеленого цвета можно скорректировать увеличением пурпурной составляющей, а избыточность красного цвета увеличением голубой составляющей.

СМУ и СМУК

Существуют две наиболее распространенные версии субтрактивной модели: СМУ и СМУК [6]. В основе модели СМУ лежит использование трех субтрактивных (вторичных) цветов: голубого (Cyan), пурпурного (Magenta) и желтого (Yellow). Теоретически при смешивании этих цветов на белой бумаге в равной пропорции получается *черный* цвет.

Однако на практике получение черного цвета путем смешивания трех основных цветов для бумаги неэффективно по трем причинам:

- Невозможно произвести идеально чистые пурпурные, синие и желтые краски. Поэтому цвет получается не чисто черным, а грязно-коричневым.
- На создание черного цвета с помощью модели СМУ тратится в три раза больше краски.
- Любые цветные краски дороже обычных черных.

В силу перечисленных факторов при печати чистого черного цвета используется добавка дополнительной черной компоненты цвета. Эта технология приводит также к улучшению качества теней и серых оттенков. Интенсивность каждой из четырех компонент цвета может изменяться в диапазоне от 0 до 100 %. В аббревиатуре модели СМΥК используется буква "К" (англ. Black – черный цвет). Черный цвет не стали обозначать "В", чтобы не путать с "В" (англ. Blue – синий) из модели RGB, а стали обозначать "К" (по последней букве).

При просмотре с помощью лупы фрагмента печатного изображения можно увидеть, что он состоит из мельчайших прозрачных точек голубого, пурпурного, желтого и черного цветов, наложенных друг на друга. Однако в отличие от RGB-пикселей точки, полученные с помощью СМΥК-модели, могут быть окрашены только в один из четырех цветов (но размер отдельных точек может изменяться). Для получения светлых и темных тонов субтрактивных цветов используются соответственно точки маленьких или больших размеров.



Рис. 9. Сравнение фрагментов изображения в СМΥК- и RGB-моделях на экране монитора

Цвет, воспроизводимый при печати с помощью модели СМΥК, в значительной степени определяется качеством бумаги. Мелованная бумага обеспечивает воспроизведение более широкого спектра цветов по сравнению с немелованной. На обычной бумаге цвета получаются более темными и приглушенными. Это обусловлено тем, что она имеет более шероховатую поверхность, что приводит к дополнительному рассеиванию света.

Ограничения модели СМΥК

СМΥК-модель имеет те же два типа ограничений, что и RGB-модель: *аппаратная зависимость* и *ограниченный цветовой диапазон*.

В СМΥК-модели также нельзя точно предсказать результирующий цвет только на базе численных значений ее отдельных компонентов. В этом смысле она является даже более *аппаратнозависимой* моделью, чем RGB.

Это связано с различным составом цветных красителей, используемых для создания печатных цветов, с типом применяемой бумаги, способом печати и, не в последнюю очередь, внешним освещением. К тому же цветовая модель СМΥК имеет более *узкий цветовой диапазон* по сравнению с RGB-моделью (рис. 10). В частности, она не может воспроизводить яркие насыщенные цвета, а также ряд специфических цветов, таких, например, как металлический или золотистый. Как видно из [9](#), изображение в СМΥК-модели выглядит немного тусклее того же изображения в модели RGB. Этот факт как раз связан с ограниченным цветовым охватом СМΥК-модели (рис. 10).

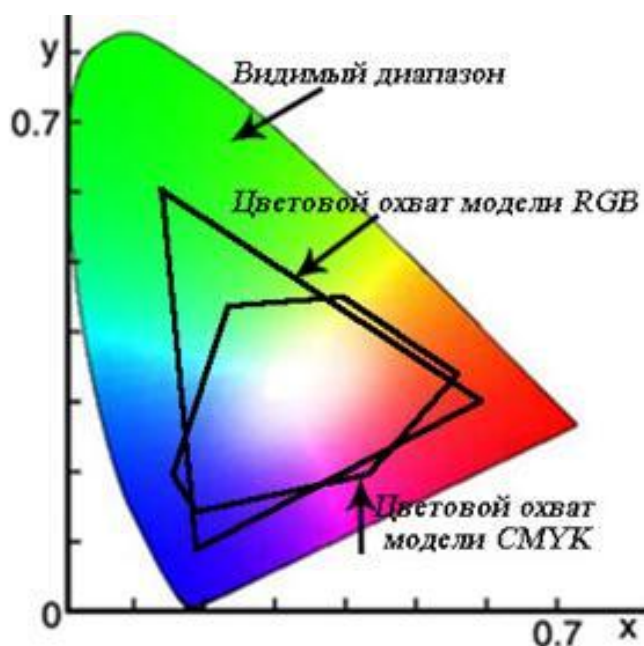


Рис. 10. Цветовые охваты моделей RGB и СМΥК

Плашечными (простыми, смесовыми) цветами называются цвета, которые воспроизводятся на бумаге готовыми смесовыми красками, созданными с помощью специальной технологии, базирующейся на использовании для каждого цвета соответствующего ему уникального красителя (чернил).

Расширения цветового охвата СМΥК

Специалисты в области полиграфии, рекламы, чьи доходы напрямую связаны с воздействием цветных публикаций на покупателя, уже давно имеют претензии к стандартной СМΥК-модели из-за относительно узкого диапазона воспроизводимых ею цветов. С помощью четырехцветной печати можно воспроизвести достаточно реалистичные красные цвета, но невозможно добиться ярких розовых, синих, фиолетовых и многих других цветов. Но даже те цвета, которые хорошо воспроизводятся с помощью этой модели, часто оказываются недостаточно насыщенными. По этой причине на

базе CMYK-модели разработан ряд новых технологий. Одной из них является расширение используемых при цветовой печати гаммы цветов за счет добавления новых цветов к четырем базовым цветам CMYK. Например, к цветовой модели CMYK, дополнительно к четырем цветам, добавляют два новых цвета: зеленый (G) и оранжевый (O). Это позволяет существенно расширить диапазон воспроизводимых цветов при офсетной печати и заметно поднять качество цветопередачи. Второй способ заключается в использовании [плашечных цветов](#). Поскольку *плашечные цвета* в отличие от триадных (CMYK) цветов не прозрачны, то отражают свет поверхностным слоем. Использование плашечных цветов совместно со стандартными цветами CMYK или вместо них позволяет добиться воспроизведения очень ярких тонов и специальных эффектов типа металлизации. Плашечные краски используют вместо триадных (CMYK) красок или в добавление к ним.

ПЕРЦЕПЦИОННЫЕ ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Как известно человеческий глаз обладает цветовым охватом, намного превышающим возможности любого технического устройства, будь то сканер или принтер, использующие цветовые системы RGB и CMYK соответственно. RGB- и CMYK-модели являются аппаратнозависимыми. Это значит, что воспроизводимый или создаваемый с их помощью цвет не только определяется составляющими модели, но и зависит от характеристик устройства вывода.

Для устранения аппаратной зависимости был разработан ряд так называемых *перцепционных* (иначе – интуитивных) цветовых моделей. В их основу заложено раздельное определение яркости и цветности. Такой подход обеспечивает ряд преимуществ:

- позволяет обращаться с цветом на интуитивно понятном уровне;
- значительно упрощает проблему согласования цветов, поскольку после установки значения яркости можно заняться настройкой цвета.

Существует несколько цветовых моделей, использующих концепцию разделения яркости и цветности:

- *HSV, HIS, HSB, HSL, YUV.*

Общим для них является то, что цвет задается не в виде смеси трех основных цветов: красного, синего и зеленого, – а определяется путем указания двух компонентов: *цветности (цветового тона и насыщенности)* и *яркости*.

Цветовая модель HSB

[Pixar Animation Studios](#) (Пиксар Энимэйшн Студиос) (NASDAQ: PIXR) – мультипликационная студия, работающая в жанре 3D-анимации.

Модель *HSB* была создана Элви Реем Смитом, одним из основателей [Pixar](#), в 1978 г. Она представляет собой нелинейное преобразование модели RGB. Данная модель (Hue – *цветовой тон*, Saturation – *насыщенность*, Brightness – *яркость*) представлена в большинстве современных графических пакетов. Из всех используемых в настоящее время моделей эта модель наиболее точно соответствует способу восприятия цветов человеческим глазом. Она позволяет описывать цвета интуитивно ясным способом. В HSB-модели все цвета определяются с помощью комбинации трех базовых параметров:

- *цветовой тон* (H);
- *насыщенность* (S);
- *яркость* (B).

Цветовой тон

Под *цветовым тоном* (Hue) понимается элементарный цвет, такой как, скажем, красный, розовый, синий или оранжевый, другими словами, это свет с доминирующей длиной волны. В данной модели каждый *цветовой тон* занимает определенное положение на периферии *цветового круга* и характеризуется величиной угла в диапазоне от 0 до 360° (рис. 11). Обычно для красного цвета берется угол 0°, для чисто зеленого – 120° и для чисто синего – 240°.

На цветовом круге первичные цвета расположены на равном расстоянии друг от друга. Вторичные цвета находятся между первичными. В свою очередь, каждый цвет расположен напротив дополняющего его цвета, причем он находится между цветами, с помощью которых получен.

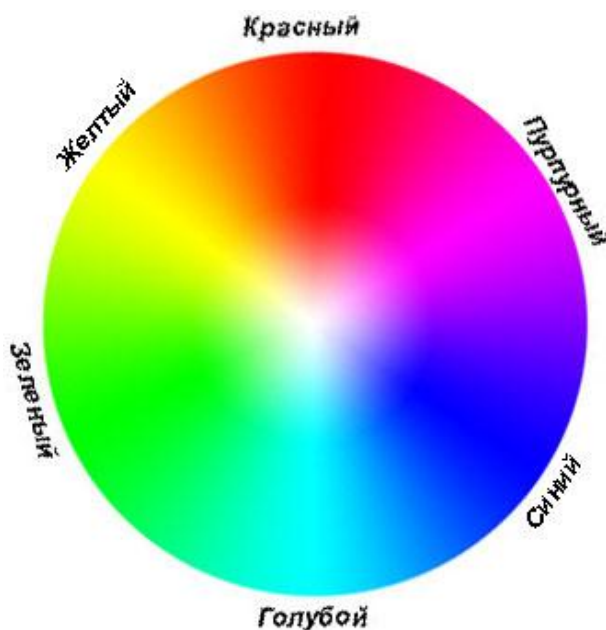


Рис. 11. Расположение цветов на цветовом круге

Насыщенность

Если длина волны определяет цветовой тон, то беспримесность волн обуславливает *насыщенность* цвета. Другими словами, *насыщенность* характеризует чистоту цвета. Данный параметр определяет соотношение между основной, доминирующей, компонентой цвета и количеством серого, участвующими в формировании цвета. Количественное значение этого параметра выражается в процентах – от 0 % (серый) до 100 % (полностью насыщенный). Чем выше значение насыщенности, тем сильнее и яснее ощущается цветовой тон.

Перемещение поперек цветового круга (в отличие от движения по окружности) приводит к уменьшению доли цвета, от которого вы удаляетесь, и возрастанию доли цвета, к которому вы приближаетесь. В итоге это приводит к понижению насыщенности, которая имеет максимальное значение (100 %) на поверхности окружности и минимальное (0 %) – в центре круга.

Яркость

Третьим компонентом характеристики цвета является *яркость* (светлота). Яркость характеризуется амплитудой (высота) световой волны. Яркость (V) характеризует интенсивность, с которой энергия света воздействует на рецепторы нашего глаза. Ее можно интерпретировать также как относительную освещенность или затемненность цвета (*светлоту* цвета).

Яркость не влияет на цветность, но от нее зависит, насколько сильно цвет будет восприниматься нашим глазом. При нулевой яркости мы не видим

ничего, поэтому любой цвет будет восприниматься как черный. Когда говорят о яркости как атрибуте цвета, под белым цветом понимают абсолютную яркость, а под черным цветом – полное отсутствие яркости. Серый цвет характеризует промежуточное значение яркости.

Ахроматические цвета, то есть белые, серые и черные, характеризуются только яркостью. Это проявляется в том, что одни цвета темнее, а другие светлее.

Величина яркости измеряется в процентах в диапазоне от 0 % (черный) до 100 % (белый). По мере снижения процентного содержания яркости цвет становится темнее, стремясь к черному.

Яркость и цветовой тон не являются полностью независимыми параметрами. Изменение яркости изображения влияет на изменение цветового тона, что создает нежелательный цветовой отлив (сдвиг) в изображении. Так, при значительном уменьшении яркости зеленые цвета синеют, синие приближаются к фиолетовым, желтые – к оранжевым, а оранжевые – к красным. Сильное увеличение яркости излучения вызывает другой эффект. Красные цвета переходят в оранжевые, затем в желтые и, наконец, в белые.

Яркость (светлота) – качество, присущее как хроматическим, так и ахроматическим цветам. Поэтому по яркости можно сравнивать между собой любые цвета и оттенки: бледно-зеленый с темно-зеленым, розовый с синим, красный с фиолетовым и т. д.

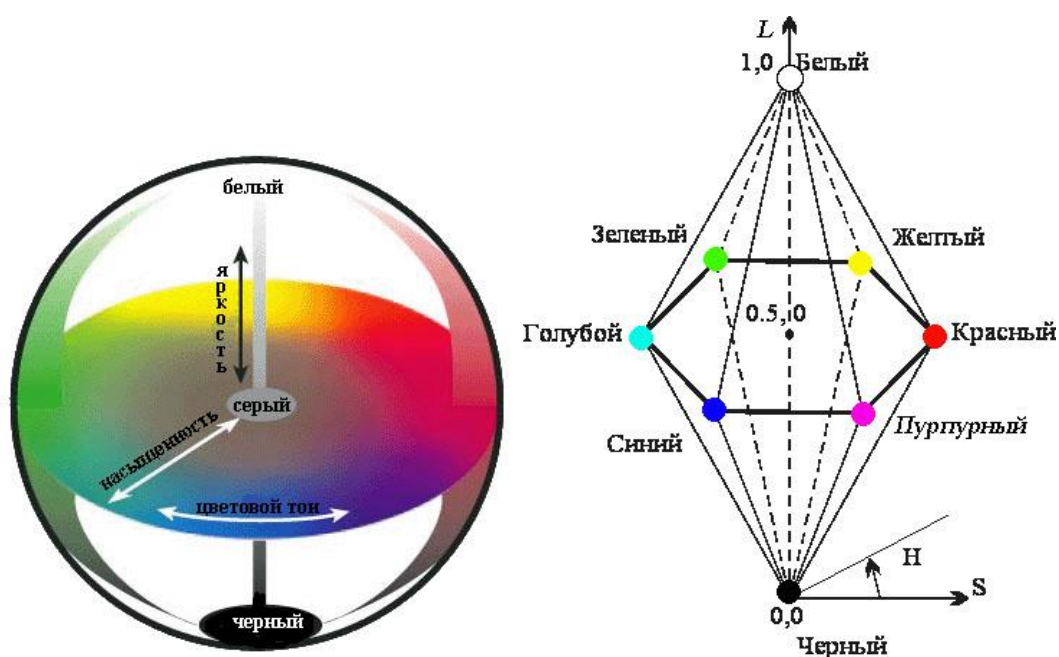


Рис. 12. Набор из трех параметров – цветовой тон, насыщенность и яркость – наглядно показывает, что видимый цвет трехмерен (цветовое пространство HSL)

Достоинства и ограничения

Цветовая модель HSB имеет то же цветовое пространство, что и RGB-модель, а значит, и присущий ей недостаток – ограниченное цветовое пространство.

Преимущества HSB-модели:

- *Аппаратная независимость.* Задание составляющих этой модели в виде значений цветового тона, насыщенности и яркости позволяют однозначно определить цвет без необходимости учета параметров устройства вывода.
- *Простой и интуитивно понятный механизм управления цветом.*

Это связано с тем, что цветовой тон, насыщенность и яркость представляют собой независимые характеристики цвета, чего не скажешь о RGB-модели, поскольку значения ее цветовых компонентов очень сильно зависят друг от друга. Поэтому при изменении одной из ее составляющих, например красной, это окажет влияние не только на цветовой тон, но одновременно и на насыщенность и яркость.

СИСТЕМЫ СООТВЕТСТВИЯ ЦВЕТОВ

Ограниченность цветового охвата и аппаратная зависимость цветовых моделей различных устройств приводят к возникновению ошибок в цветопередаче на этапе перехода от одной цветовой модели к другой. Причем при печати изображений нельзя выбирать нужный нам цвет непосредственно на мониторе, так как на цвет на экране монитора влияют различные факторы, такие как условия освещенности, срок эксплуатации, точность настройки монитора.

С целью повышения точности воспроизведения цвета на этапе печати в современные графические программы включены системы сопоставления цветов и палитры, которые являются альтернативой цветовым моделям.

Системы соответствия цветов (color managing system, CMS) были созданы ведущими фирмами, специализирующимися в области полиграфии и на производстве красителей. Суть этой технологии состоит в том, чтобы независимо от программного обеспечения цвет передавался от одного этапа обработки (например, сканирования) к другому (печати) без искажений. Таким образом, обеспечивается видимая однородность цветового пространства для всех периферийных устройств и приложений, работающих в системе.

Система соответствия цветов включает в себя набор следующих основных КОМПОНЕНТОВ:

- *эталонные таблицы* (атласы или каталоги) цветов, содержащихся в одноименных палитрах;
- *электронные палитры* (или просто палитры);
- *специальные программные и аппаратные средства* для калибровки устройств вывода.

Эталонные таблицы

Эталонные таблицы представляют собой набор цветов (образцов), которые могут быть адекватным образом отображены в процессе печати на соответствующей им бумаге.



Рис. 13. Эталонные таблицы

Изготовление эталона тщательно контролируется с целью минимизации вариаций цветов. Каждому цвету присваивается свое уникальное имя и указывается тип пигмента или состав смеси из различных пигментов, необходимых для его реализации. Указывается также идентифицированный с данным пигментом тип бумаги. В дополнение к этой таблице, используемой как справочник, пользователь получает образцы цветов, которые можно вырезать и прикрепить к изображению. Благодаря этим образцам система

обеспечивает точный визуальный контроль соответствия того, что мы видим на экране, с тем, что мы получим на печати.

Палитры

Палитры представляют собой электронные аналоги таблиц цветовых образцов (эталонов). В современных графических редакторах используется ряд стандартных палитр, также есть возможность создания своей (*пользовательской*) палитры.

Под *цветовой палитрой* в большинстве графических редакторов понимается библиотека заранее определенных цветов. На рис. 14 представлено несколько вариантов стандартных палитр программы CorelDraw.



Рис. 14. Стандартные палитры CorelDraw

КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (цветовые модели-пространства), ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

При обработке изображений необходима объективность в восприятии цвета, так как для обеспечения одинакового воспроизведения одного и того же цвета различными устройствами ввода и вывода информации (мониторы, принтеры и сканеры разных фирм-изготовителей) необходимо наличие объективных измерительных систем, позволяющих установить однозначное определение цветовых координат. Для этих целей разработаны специальные средства, включающие:

- *цветовые модели;*
- *системы соответствия цветов;*
- *цветовые режимы.*

В основе создания цветовых моделей лежит использование универсальных языков, позволяющих реализовать способы точного описания цвета с помощью стандартных математических выражений. Без их помощи было бы невозможно выполнить ни один из этапов обработки цифровых изображений, включая сканирование, редактирование и печать.

В современных компьютерных программах манипуляции с цветом осуществляются с помощью *цветовых моделей и режимов.*

Понятие цветовой модели

Цветовые модели (color model) используются для математического описания определенных цветовых областей спектра. Большинство компьютерных цветовых моделей основано на использовании трех основных цветов, что соответствует восприятию цвета человеческим глазом. Каждому основному цвету присваивается определенное значение цифрового кода, после чего все остальные цвета определяются как комбинации основных цветов.

Цветовые модели удобны при использовании в компьютерных программах для однозначного определения выводимого цвета. Так, если послать на монитор цветовой сигнал R255 G000 B255, то на любом хорошо откалиброванном мониторе теоретически должен появиться один и тот же цвет (в данном случае пурпурный) (рис. 1).

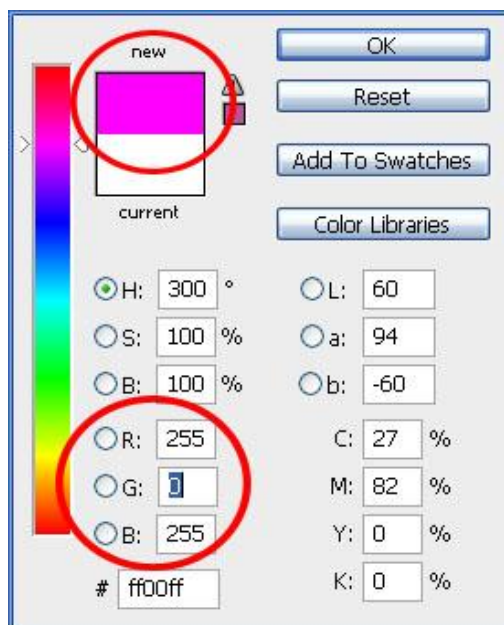


Рис. 1. Adobe Photoshop, R255 G000 B255 – пурпурный цвет

Типы цветковых моделей

По принципу действия цветковые модели условно разбивают на три класса:

- *аддитивные* (RGB), основанные на сложении цветов;
- *субтрактивные* (CMY, CMYK), основу которых составляет операция вычитания цветов (субтрактивный синтез);
- *перцепционные* (HSB, HLS, Lab, YCC), базирующиеся на восприятии.

Законы Г. Грассмана

В большинстве цветковых моделей для описания цвета используется трехмерная система координат. Она образует цветковое пространство, в котором цвет можно представить в виде точки с тремя координатами.

Законы Г. Грассмана:

1. *Трехмерность природы цвета.* Глаз реагирует на три различные цветковые составляющие. Примеры:

- красный, зеленый и синий цвета;
- цветовой тон (доминирующая длина волны), насыщенность (чистота) и яркость (светлость).

2. *Четыре цвета всегда линейно зависимы*, то есть: $cC = rR + gG + bB$,

где c , r , g , b – весовые коэффициенты для каждой из составляющих цвета. Для смеси двух цветов $(cC)_1$ и $(cC)_2$ имеет место равенство: $(cC)_1 + (cC)_2 = (rR)_1 + (gG)_1 + (bB)_1 + (rR)_2 + (gG)_2 + (bB)_2$, которое свидетельствует о том, что цвет смеси излучений C зависит только от их цвета, но не от спектрального состава.

Следствие: если цвет C_1 равен цвету C , и цвет C_2 тоже равен цвету C , то следует, что цвет C_1 равен цвету C_2 независимо от структуры спектров энергии цветов C , C_1 и C_2 .

3. *Цветовое пространство непрерывно.* Если в смеси трех цветов один непрерывно изменяется, а другие остаются постоянными, то цвет смеси будет меняться непрерывно.

АДДИТИВНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Аддитивный цвет получается путем соединения лучей света разных цветов. В основе получения аддитивного цвета лежат *законы Грассмана*, так как большинство цветов видимого спектра могут быть получены путем смешивания трех основных цветовых компонент (**первичные цвета** – красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue) или RGB (рис. 2)). При смешении основных цветов, например синего и красного, получается пурпурный (Magenta), при смешении зеленого и красного – желтый (Yellow), при смешении зеленого и синего – голубой (Cyan). При смешении всех трех цветовых компонентов получается белый цвет (White) (рис. 2). Голубой, пурпурный и желтый цвета называются **вторичными цветами**. Следует отметить, что первичные и вторичные цвета относятся к **базовым цветам**.

Базовыми цветами называют цвета, с помощью которых можно получить практически весь спектр видимых цветов.

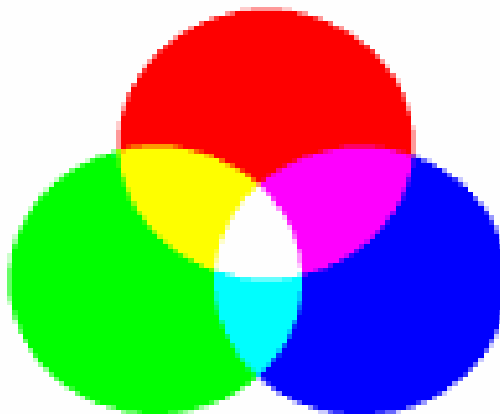


Рис. 2. Аддитивная цветовая модель

Цветовая модель RGB используется для цветовоспроизведения, например воспроизведения цвета на экранах телевизоров и компьютеров, также аддитивные цвета нашли широкое применение в системах освещения, сканерах и цифровых аппаратах.

Применение RGB-модели

В графических пакетах цветовая модель *RGB* используется для создания цветов изображения на экране монитора. Мельчайший элемент изображения, воспроизводимый монитором, называется *пикселом* (pixel от picture element).

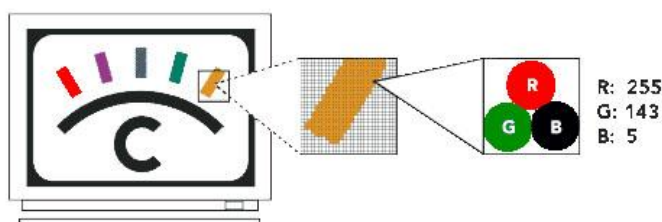


Рис. 3. Каждый пиксел экрана монитора содержит люминофоры RGB

При работе с низким разрешением отдельные пиксели не видны. Однако если рассматривать белый экран включенного монитора через лупу, то можно увидеть, что он состоит из множества отдельных точек красного, зеленого и синего цветов (рис. 3). Цвет каждого из пикселей (RGB-элементов изображения) получается в результате смешивания красного, синего и зеленого цветов точек. Пиксели так малы и так плотно прилегают друг к другу, что глаз "обманывается" и воспринимает RGB-цвета как множество разных цветов, тогда как реально существует всего три.

Для назначения цвета и яркости точек, формирующих изображение монитора, нужно задать значения *интенсивностей* для каждой из составляющих RGB-элемента и *цветовое разрешение* (*глубину цвета*), которые характеризуют максимальное количество воспроизводимых цветов. На рис. 4 приведена схема формирования 24-битового цвета, обеспечивающая возможность воспроизведения $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ млн цветов. Каждый из трех цветовых компонентов RGB-триады может принимать одно из 256 дискретных значений от максимальной интенсивности (255) до нулевой, соответствующей черному цвету.

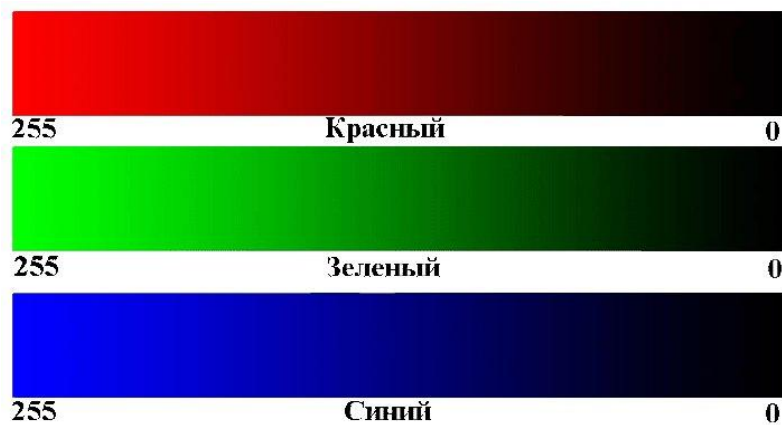


Рис. 4. Схема формирования 24-битового цвета

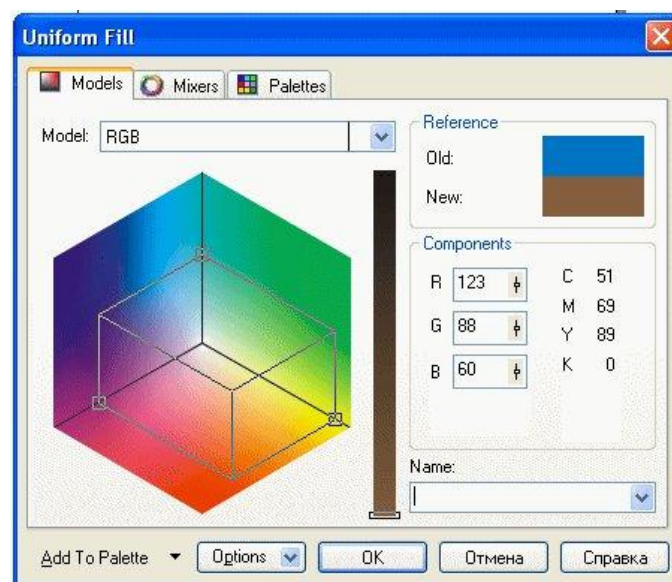


Рис. 5. Некоторые цвета, полученные на основе синтеза первичных цветов

Ограничения RGB-модели

Несмотря на то, что цветовая модель RGB достаточно проста и наглядна, при ее практическом применении возникают две серьезные проблемы:

- *Аппаратная зависимость*

Эта проблема связана с тем, что цвет на мониторах разных фирм производителей выглядит по-разному (присутствуют отличия в технологиях производства). Хотя если фирма производитель одна, проблемы все равно остаются, это связано с тем, что в процессе эксплуатации происходит старение люминофора и изменение эмиссионных характеристик электронных

проекторов. Для устранения (или по крайней мере минимизации) зависимости RGB-модели от аппаратных средств используются различные устройства и программы градуировки.

- *Ограничение цветового охвата*

Цветовой охват (color gamut) – это диапазон цветов, который может различать человек или воспроизводить устройство независимо от механизма получения цвета (излучения или отражения).

Ограниченность цветового охвата (рис. 10) объясняется тем, что с помощью аддитивного синтеза принципиально невозможно получить все цвета видимого спектра. В частности, некоторые цвета, такие как чистый голубой или чистый желтый, не могут быть точно воссозданы на экране. Но, несмотря на то, что человеческий глаз способен различать цветов больше, чем монитор, RGB-модели вполне достаточно для создания цветов и оттенков, необходимых для воспроизводства фотореалистических изображений на экране вашего компьютера.

Математически цветовую модель *RGB* удобнее всего представлять в виде куба (рис. 6). В этом случае каждая его пространственная точка однозначно определяется значениями координат *X*, *Y* и *Z*. Если по оси *X* откладывать красную составляющую, по оси *Y* – зеленую, а по оси *Z* – синюю, то каждому цвету можно поставить в соответствие точку внутри куба.

При использовании этой модели любой цвет может быть представлен в цветовом пространстве с помощью вектора, описываемого уравнением: $cC = rR + gG + bB$.

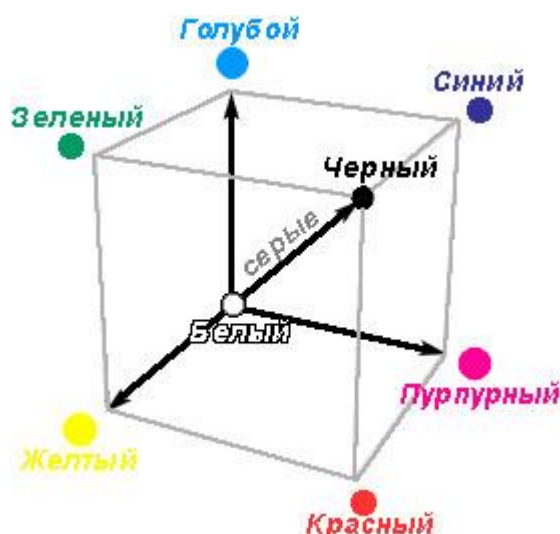


Рис. 6. Цветовая модель RGB

Уравнение идентично уравнению свободного вектора в пространстве, рассматриваемому в векторной алгебре. При этом направление вектора характеризует цветность, а его модуль выражает яркость.

На диагонали (*ахроматической оси*), соединяющей точки с координатами $(R, G, B) = (0, 0, 0)$ и $(R, G, B) = (255, 255, 255)$, расположены различные градации серого, для которых значения красной, зеленой и синей составляющих одинаковы. На рис. 7 приведен пример практической реализации RGB-модели в программе Corel PHOTO-PAINT.

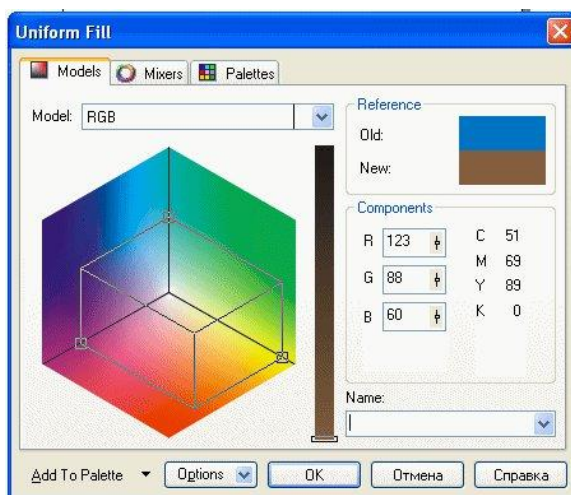


Рис. 7. RGB-модели в программе Corel PHOTO-PAINT

СУБТРАКТИВНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Для описания печатных цветов используется модель *СМУ*, базирующаяся на *субтрактивных* цветах. *Субтрактивные* цвета в отличие от *аддитивных* цветов получаются вычитанием вторичных цветов из общего луча света. В этой системе белый цвет появляется как результат отсутствия всех цветов, тогда как их присутствие дает *черный цвет* (рис. 8).



Рис. 8. Субтрактивные цвета

Нанесение на бумагу трех базовых цветов: голубого (Cyan), пурпурного (Magenta) и желтого (Yellow) позволяет создать множество субтрактивных цветов.

Связь между аддитивными (красный, зеленый, синий) и субтрактивными (голубой, желтый, пурпурный) цветами:

Зеленый + Синий = Голубой
Зеленый + Красный = Желтый
Красный + Синий = Пурпурный
Зеленый + Синий + Красный = Белый
Голубой + Желтый + Пурпурный = Черный

При печати с наложением всех трех субтрактивных цветов результирующий цвет будет черным.

Правило коррекции цветового разбаланса:

При цветной печати: если изображение имеет излишне синий оттенок, то следует увеличить желтую составляющую, поскольку желтый поглощает синие составляющие. Соответственно избыточность зеленого цвета можно скорректировать увеличением пурпурной составляющей, а избыточность красного цвета увеличением голубой составляющей.

СМУ и СМУК

Существуют две наиболее распространенные версии субтрактивной модели: СМУ и СМУК [6]. В основе модели СМУ лежит использование трех субтрактивных (вторичных) цветов: голубого (Cyan), пурпурного (Magenta) и желтого (Yellow). Теоретически при смешивании этих цветов на белой бумаге в равной пропорции получается *черный* цвет.

Однако на практике получение черного цвета путем смешивания трех основных цветов для бумаги неэффективно по трем причинам:

- Невозможно произвести идеально чистые пурпурные, синие и желтые краски. Поэтому цвет получается не чисто черным, а грязно-коричневым.
- На создание черного цвета с помощью модели СМУ тратится в три раза больше краски.
- Любые цветные краски дороже обычных черных.

В силу перечисленных факторов при печати чистого черного цвета используется добавка дополнительной черной компоненты цвета. Эта технология приводит также к улучшению качества теней и серых оттенков. Интенсивность каждой из четырех компонент цвета может изменяться в диапазоне от 0 до 100 %. В аббревиатуре модели СМΥК используется буква "К" (англ. Black – черный цвет). Черный цвет не стали обозначать "В", чтобы не путать с "В" (англ. Blue – синий) из модели RGB, а стали обозначать "К" (по последней букве).

При просмотре с помощью лупы фрагмента печатного изображения можно увидеть, что он состоит из мельчайших прозрачных точек голубого, пурпурного, желтого и черного цветов, наложенных друг на друга. Однако в отличие от RGB-пикселей точки, полученные с помощью СМΥК-модели, могут быть окрашены только в один из четырех цветов (но размер отдельных точек может изменяться). Для получения светлых и темных тонов субтрактивных цветов используются соответственно точки маленьких или больших размеров.



Рис. 9. Сравнение фрагментов изображения в СМΥК- и RGB-моделях на экране монитора

Цвет, воспроизводимый при печати с помощью модели СМΥК, в значительной степени определяется качеством бумаги. Мелованная бумага обеспечивает воспроизведение более широкого спектра цветов по сравнению с немелованной. На обычной бумаге цвета получаются более темными и приглушенными. Это обусловлено тем, что она имеет более шероховатую поверхность, что приводит к дополнительному рассеиванию света.

Ограничения модели СМΥК

СМΥК-модель имеет те же два типа ограничений, что и RGB-модель: *аппаратная зависимость* и *ограниченный цветовой диапазон*.

В СМΥК-модели также нельзя точно предсказать результирующий цвет только на базе численных значений ее отдельных компонентов. В этом смысле она является даже более *аппаратнозависимой* моделью, чем RGB.

Это связано с различным составом цветных красителей, используемых для создания печатных цветов, с типом применяемой бумаги, способом печати и, не в последнюю очередь, внешним освещением. К тому же цветовая модель СМΥК имеет более *узкий цветовой диапазон* по сравнению с RGB-моделью (рис. 10). В частности, она не может воспроизводить яркие насыщенные цвета, а также ряд специфических цветов, таких, например, как металлический или золотистый. Как видно из [9](#), изображение в СМΥК-модели выглядит немного тусклее того же изображения в модели RGB. Этот факт как раз связан с ограниченным цветовым охватом СМΥК-модели (рис. 10).

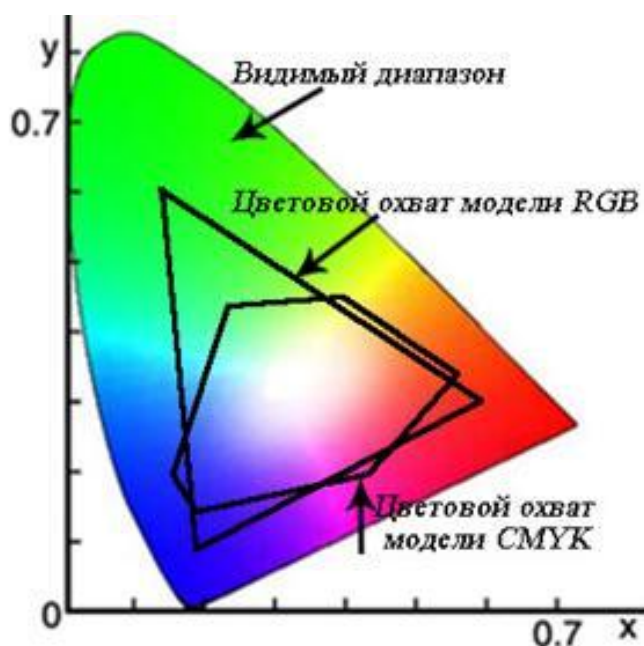


Рис. 10. Цветовые охваты моделей RGB и СМΥК

Плашечными (простыми, смесовыми) цветами называются цвета, которые воспроизводятся на бумаге готовыми смесовыми красками, созданными с помощью специальной технологии, базирующейся на использовании для каждого цвета соответствующего ему уникального красителя (чернил).

Расширения цветового охвата СМΥК

Специалисты в области полиграфии, рекламы, чьи доходы напрямую связаны с воздействием цветных публикаций на покупателя, уже давно имеют претензии к стандартной СМΥК-модели из-за относительно узкого диапазона воспроизводимых ею цветов. С помощью четырехцветной печати можно воспроизвести достаточно реалистичные красные цвета, но невозможно добиться ярких розовых, синих, фиолетовых и многих других цветов. Но даже те цвета, которые хорошо воспроизводятся с помощью этой модели, часто оказываются недостаточно насыщенными. По этой причине на

базе CMYK-модели разработан ряд новых технологий. Одной из них является расширение используемых при цветовой печати гаммы цветов за счет добавления новых цветов к четырем базовым цветам CMYK. Например, к цветовой модели CMYK, дополнительно к четырем цветам, добавляют два новых цвета: зеленый (G) и оранжевый (O). Это позволяет существенно расширить диапазон воспроизводимых цветов при офсетной печати и заметно поднять качество цветопередачи. Второй способ заключается в использовании [плашечных цветов](#). Поскольку *плашечные цвета* в отличие от триадных (CMYK) цветов не прозрачны, то отражают свет поверхностным слоем. Использование плашечных цветов совместно со стандартными цветами CMYK или вместо них позволяет добиться воспроизведения очень ярких тонов и специальных эффектов типа металлизации. Плашечные краски используют вместо триадных (CMYK) красок или в добавление к ним.

ПЕРЦЕПЦИОННЫЕ ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Как известно человеческий глаз обладает цветовым охватом, намного превышающим возможности любого технического устройства, будь то сканер или принтер, использующие цветовые системы RGB и CMYK соответственно. RGB- и CMYK-модели являются аппаратнозависимыми. Это значит, что воспроизводимый или создаваемый с их помощью цвет не только определяется составляющими модели, но и зависит от характеристик устройства вывода.

Для устранения аппаратной зависимости был разработан ряд так называемых *перцепционных* (иначе – интуитивных) цветовых моделей. В их основу заложено раздельное определение яркости и цветности. Такой подход обеспечивает ряд преимуществ:

- позволяет обращаться с цветом на интуитивно понятном уровне;
- значительно упрощает проблему согласования цветов, поскольку после установки значения яркости можно заняться настройкой цвета.

Существует несколько цветовых моделей, использующих концепцию разделения яркости и цветности:

- *HSV, HIS, HSB, HSL, YUV.*

Общим для них является то, что цвет задается не в виде смеси трех основных цветов: красного, синего и зеленого, – а определяется путем указания двух компонентов: *цветности (цветового тона и насыщенности)* и *яркости*.

Цветовая модель HSB

[Pixar Animation Studios](#) (Пиксар Энимэйшн Студиос) (NASDAQ: PIXR) – мультипликационная студия, работающая в жанре 3D-анимации.

Модель *HSB* была создана Элви Реем Смитом, одним из основателей [Pixar](#), в 1978 г. Она представляет собой нелинейное преобразование модели RGB. Данная модель (Hue – *цветовой тон*, Saturation – *насыщенность*, Brightness – *яркость*) представлена в большинстве современных графических пакетов. Из всех используемых в настоящее время моделей эта модель наиболее точно соответствует способу восприятия цветов человеческим глазом. Она позволяет описывать цвета интуитивно ясным способом. В HSB-модели все цвета определяются с помощью комбинации трех базовых параметров:

- цветовой тон (H);
- насыщенность(S);
- яркость (B).

Цветовой тон

Под *цветовым тоном* (Hue) понимается элементарный цвет, такой как, скажем, красный, розовый, синий или оранжевый, другими словами, это свет с доминирующей длиной волны. В данной модели каждый цветовой тон занимает определенное положение на периферии *цветового круга* и характеризуется величиной угла в диапазоне от 0 до 360° (рис. 11). Обычно для красного цвета берется угол 0°, для чисто зеленого – 120° и для чисто синего – 240°.

На цветовом круге первичные цвета расположены на равном расстоянии друг от друга. Вторичные цвета находятся между первичными. В свою очередь, каждый цвет расположен напротив дополняющего его цвета, причем он находится между цветами, с помощью которых получен.

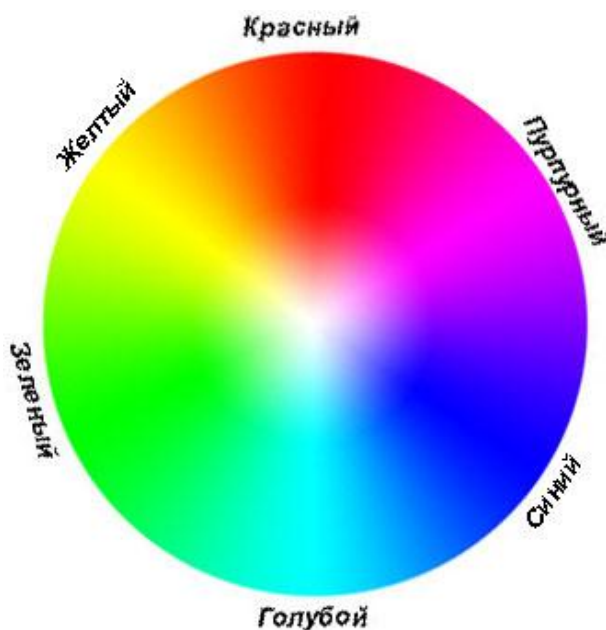


Рис. 11. Расположение цветов на цветовом круге

Насыщенность

Если длина волны определяет цветовой тон, то беспримесность волн обуславливает *насыщенность* цвета. Другими словами, *насыщенность* характеризует чистоту цвета. Данный параметр определяет соотношение между основной, доминирующей, компонентой цвета и количеством серого, участвующими в формировании цвета. Количественное значение этого параметра выражается в процентах – от 0 % (серый) до 100 % (полностью насыщенный). Чем выше значение насыщенности, тем сильнее и яснее ощущается цветовой тон.

Перемещение поперек цветового круга (в отличие от движения по окружности) приводит к уменьшению доли цвета, от которого вы удаляетесь, и возрастанию доли цвета, к которому вы приближаетесь. В итоге это приводит к понижению насыщенности, которая имеет максимальное значение (100 %) на поверхности окружности и минимальное (0 %) – в центре круга.

Яркость

Третьим компонентом характеристики цвета является *яркость* (светлота). Яркость характеризуется амплитудой (высота) световой волны. Яркость (V) характеризует интенсивность, с которой энергия света воздействует на рецепторы нашего глаза. Ее можно интерпретировать также как относительную освещенность или затемненность цвета (*светлоту* цвета).

Яркость не влияет на цветность, но от нее зависит, насколько сильно цвет будет восприниматься нашим глазом. При нулевой яркости мы не видим

ничего, поэтому любой цвет будет восприниматься как черный. Когда говорят о яркости как атрибуте цвета, под белым цветом понимают абсолютную яркость, а под черным цветом – полное отсутствие яркости. Серый цвет характеризует промежуточное значение яркости.

Ахроматические цвета, то есть белые, серые и черные, характеризуются только яркостью. Это проявляется в том, что одни цвета темнее, а другие светлее.

Величина яркости измеряется в процентах в диапазоне от 0 % (черный) до 100 % (белый). По мере снижения процентного содержания яркости цвет становится темнее, стремясь к черному.

Яркость и цветовой тон не являются полностью независимыми параметрами. Изменение яркости изображения влияет на изменение цветового тона, что создает нежелательный цветовой отлив (сдвиг) в изображении. Так, при значительном уменьшении яркости зеленые цвета синеют, синие приближаются к фиолетовым, желтые – к оранжевым, а оранжевые – к красным. Сильное увеличение яркости излучения вызывает другой эффект. Красные цвета переходят в оранжевые, затем в желтые и, наконец, в белые.

Яркость (светлота) – качество, присущее как хроматическим, так и ахроматическим цветам. Поэтому по яркости можно сравнивать между собой любые цвета и оттенки: бледно-зеленый с темно-зеленым, розовый с синим, красный с фиолетовым и т. д.

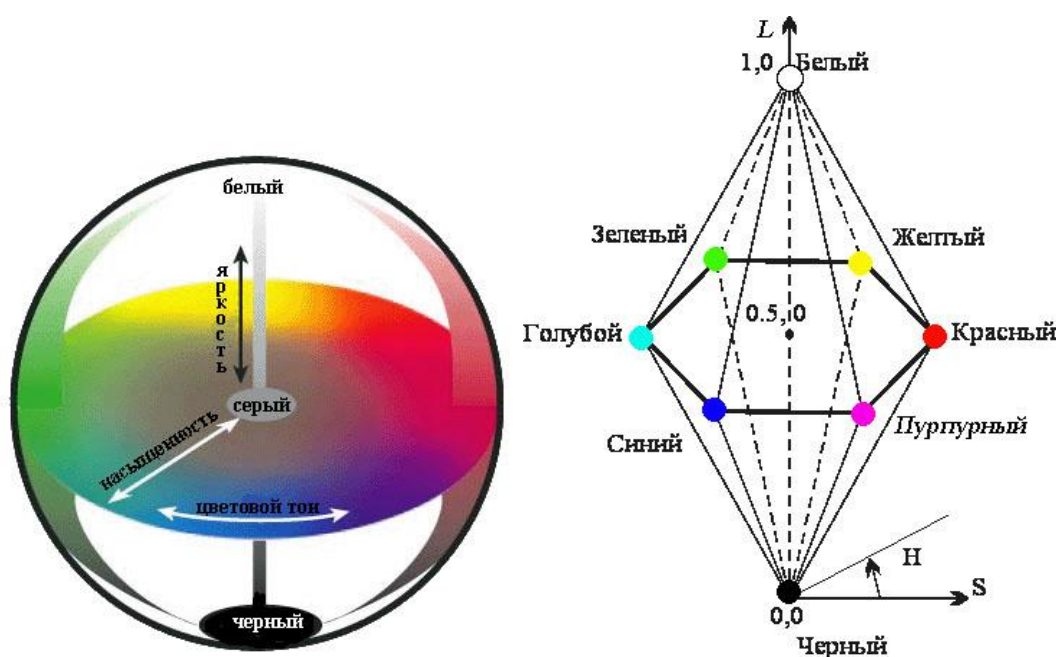


Рис. 12. Набор из трех параметров – цветовой тон, насыщенность и яркость – наглядно показывает, что видимый цвет трехмерен (цветовое пространство HSL)

Достоинства и ограничения

Цветовая модель HSB имеет то же цветовое пространство, что и RGB-модель, а значит, и присущий ей недостаток – ограниченное цветовое пространство.

Преимущества HSB-модели:

- *Аппаратная независимость.* Задание составляющих этой модели в виде значений цветового тона, насыщенности и яркости позволяют однозначно определить цвет без необходимости учета параметров устройства вывода.
- *Простой и интуитивно понятный механизм управления цветом.*

Это связано с тем, что цветовой тон, насыщенность и яркость представляют собой независимые характеристики цвета, чего не скажешь о RGB-модели, поскольку значения ее цветовых компонентов очень сильно зависят друг от друга. Поэтому при изменении одной из ее составляющих, например красной, это окажет влияние не только на цветовой тон, но одновременно и на насыщенность и яркость.

СИСТЕМЫ СООТВЕТСТВИЯ ЦВЕТОВ

Ограниченность цветового охвата и аппаратная зависимость цветовых моделей различных устройств приводят к возникновению ошибок в цветопередаче на этапе перехода от одной цветовой модели к другой. Причем при печати изображений нельзя выбирать нужный нам цвет непосредственно на мониторе, так как на цвет на экране монитора влияют различные факторы, такие как условия освещенности, срок эксплуатации, точность настройки монитора.

С целью повышения точности воспроизведения цвета на этапе печати в современные графические программы включены системы сопоставления цветов и палитры, которые являются альтернативой цветовым моделям.

Системы соответствия цветов (color managing system, CMS) были созданы ведущими фирмами, специализирующимися в области полиграфии и на производстве красителей. Суть этой технологии состоит в том, чтобы независимо от программного обеспечения цвет передавался от одного этапа обработки (например, сканирования) к другому (печати) без искажений. Таким образом, обеспечивается видимая однородность цветового пространства для всех периферийных устройств и приложений, работающих в системе.

Система соответствия цветов включает в себя набор следующих основных компонентов:

- *эталонные таблицы* (атласы или каталоги) цветов, содержащихся в одноименных палитрах;
- *электронные палитры* (или просто палитры);
- *специальные программные и аппаратные средства* для калибровки устройств вывода.

Эталонные таблицы

Эталонные таблицы представляют собой набор цветов (образцов), которые могут быть адекватным образом отображены в процессе печати на соответствующей им бумаге.



Рис. 13. Эталонные таблицы

Изготовление эталона тщательно контролируется с целью минимизации вариаций цветов. Каждому цвету присваивается свое уникальное имя и указывается тип пигмента или состав смеси из различных пигментов, необходимых для его реализации. Указывается также идентифицированный с данным пигментом тип бумаги. В дополнение к этой таблице, используемой как справочник, пользователь получает образцы цветов, которые можно вырезать и прикрепить к изображению. Благодаря этим образцам система

обеспечивает точный визуальный контроль соответствия того, что мы видим на экране, с тем, что мы получим на печати.

Палитры

Палитры представляют собой электронные аналоги таблиц цветовых образцов (эталонов). В современных графических редакторах используется ряд стандартных палитр, также есть возможность создания своей (*пользовательской*) палитры.

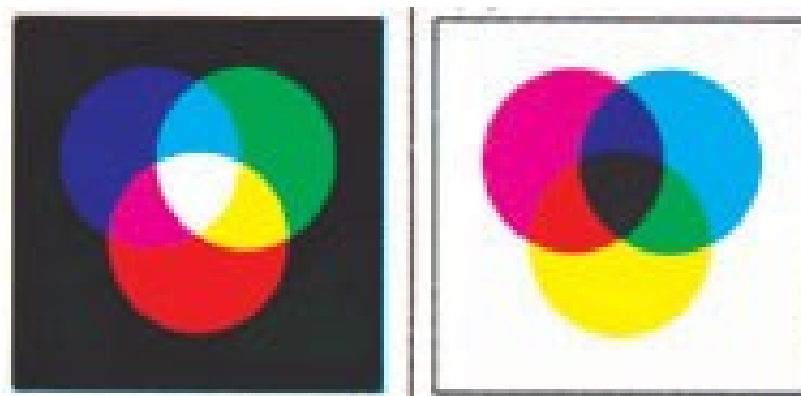
Под *цветовой палитрой* в большинстве графических редакторов понимается библиотека заранее определенных цветов. На рис. 14 представлено несколько вариантов стандартных палитр программы CorelDraw.



Рис. 14. Стандартные палитры CorelDraw

СИНТЕЗ ЦВЕТА

Процесс получения различных цветов с помощью нескольких основных (первичных) излучений или красок называется цветовым синтезом. Существует два принципиально различных метода цветового синтеза: аддитивный и субтрактивный синтезы.



В **аддитивном синтезе** смешиваются первичные излучения. В качестве первичных могут быть использованы два, три и более различных по цвету излучений, но наиболее распространен трехцветный **аддитивный синтез**. Первичные цвета и создающие их излучения называются основными. Основные излучения аддитивного синтеза - синие, зеленые и красные, т.е. излучения трех основных зон спектра. **Аддитивный синтез цвета** - воспроизведение цвета в результате оптического смешения излучений базовых цветов (красного, зелёного и синего - R, G, B). Используется в мониторах издательских систем при создании цветных изображений на экране, а также на экране телевизора.

Последовательное смешение или образование различных **цветов** при быстрой смене излучений вне глаза, например, на диске типа волчка или на экране цветного телевизора. При быстром вращении окрашенного в разные цвета диска цвета суммируются вследствие рассмотренных выше явлений инерционности зрения.

Пространственное смешение - это разновидность аддитивного способа. **Пространственное смешение** основано на том, что глаз не различает очень близко расположенные друг к другу мелкие разноцветные участки, а воспринимает их слитно, как одно целое. Если эти мелкие участки имеют различную окраску, то мы видим только их обобщенный цвет - цвет аддитивной смеси.

Если ряд очень мелких разноцветных пятнышек, лежащих близко одно от другого, рассматривать на достаточно большом удалении, то эти пятнышки в отдельности зрительно не различаются. Вместо разноцветных мелких

пятнышек мы видим одинаковые по цвету участки. Например, отдельные песчинки на берегу мы различаем лишь на близком расстоянии. Листы бумаги, слегка покрытые угольной пылью, на удалении мы видим серыми, не различая на них отдельных пылинок и просвечивающую между ними бумагу.



Смешение цветов мелких разноокрашенных участков с образованием единого для них цвета происходит по правилам **аддитивного синтеза**, т. е. оптическим смешением излучений. Это объясняется тем, что при взгляде на какой-либо предмет его изображение непрерывно перемещается по сетчатке глаза. Если отдельные цветные элементы малы в сравнении с непрерывными колебаниями глаза, то на одни и те же рецепторы попадают последовательные излучения от рядом расположенных разноцветных элементов. Пространственное смешение разноцветных мелких окрашенных участков имеет место при **синтезе цвета** на оттисках высокой и офсетной (плоской) печати, на картинах живописи, особенно, направление "пуантилизм". (Французские художники изобрели в живописи подобный автотипному синтезу художественный прием, назвав его пуантилизмом. Он был изобретен для создания ярких и чистых цветов на полотне. Суть приема состоит в нанесении на холст четких отдельных мазков (в виде точек или мелких прямоугольников) чистых красок в расчете на их оптическое смешение в глазу зрителя, в отличие от механического смешения красок на палитре. Изобрел пуантилизм французский живописец Жорж Сёра на основе теории дополнительных цветов. Было замечено, что оптическое смешение трех чистых основных цветов (красный, синий, желтый), и пар дополнительных цветов (красный - зеленый, синий - оранжевый, желтый - фиолетовый), дает значительно большую яркость, чем механическая смесь красок.

В **субтрактивном синтезе** новый цвет получают наложением одного на другой красочных слоев - желтого, пурпурного и голубого. Синие, зеленые и красные излучения поглощаются этими красками (т.е. последовательно вычитаются из белого света). Поэтому **цвет** окрашенного участка определяется теми излучениями, которые проходят через все три слоя и

попадают в глаз наблюдателя. Желтая, пурпурная и голубая краски - основные (первичные) для **субтрактивного синтеза**. Субтрактивный синтез цвета - получение цвета в результате вычитания отдельных спектральных составляющих из белого. Такой синтез наблюдается при освещении белым светом цветного оттиска. Свет падает на цветной участок; при этом часть его поглощается (вычитается) красочным слоем, а оставшая часть, отражаясь, в виде окрашенного потока попадает в глаз наблюдателя. Этот синтез используется при смешении окрашенных сред, например, красок вне машины, для получения нужных цветов или оттенков на оттиске при печати дополнительной краской, при наложении слоев разных красок на оттиске в глубокой печати, а также при наложении разнокрасочных растровых элементов на оттиске в высокой и плоской печати.

Само название цветового синтеза указывает на принцип образования различных цветов. Слово "**аддитивный**" - слагательный. **Субтрактивный** способ - вычитательный. При аддитивном синтезе цвета меняются от изменения соотношения интенсивности основных излучений, а при субтрактивном синтезе - от толщины слоев или концентрации в них красящих веществ. Поэтому помимо понятия о первичных цветах и красках для характеристики синтеза вводят понятие о количестве первичных излучений или красок. Эти величины, которые характеризуют количества первичных излучений или основных красок, называют аддитивными или субтрактивными координатами цвета.

Аддитивные координаты цвета указывают на относительные мощности смешиваемых (слагаемых) излучений при аддитивном синтезе. **Субтрактивные координаты цвета** указывают на относительные количества желтой, пурпурной и голубой красок, которыми воспроизводятся все другие цвета на оттиске.

Как и в **аддитивном**, в **субтрактивном** синтезе новый цвет может быть образован меньшим или большим, чем три, числом основных красок. На практике для **субтрактивного синтеза** часто используют большее число красок. Например, к трем цветным добавляют четвертую - черную.

В цветных репродукциях, изготовленных способом высокой и плоской печати, образование цветов происходит путем изменения относительной площади мелких, не видимых невооруженным глазом растровых элементов, закрашенных желтой, пурпурной и голубой красками.

Цветовой синтез, при котором разные цвета на запечатанных поверхностях образуются изменением относительной площади закрашенных растровых элементов, называется **автотипным (растровым) синтезом**.

Автотипный синтез может быть однокрасочным, когда печать ведется с одной растровой печатной формы и на бумагу переносится только одна

краска. Черно-белые иллюстрации, изготовленные способами высокой и плоской печати, - это однокрасочные изображения, полученные автотипным синтезом. Для изготовления цветных иллюстраций применяется иногда двухкрасочный автотипный синтез (дуплекс). Чаще применяется трехкрасочный и четырехкрасочный синтез. Наиболее распространен **четырёхкрасочный автотипный синтез**, когда, помимо трех основных однокрасочных изображений, на бумагу наносится еще черно-белое изображение. В некоторых случаях печать ведется и большим числом красок. (В последнее время после 1995 г. практическое применение находит технология Hi - Fi.) Однако в основе всех видов автотипного синтеза лежит принцип смешения излучений, отраженных от мелких разноокрашенных участков. Поэтому для выяснения закономерности автотипного синтеза необходимо рассматривать процесс наложения красок с трех растровых изображений. При трехкрасочном автотипном синтезе на бумагу последовательно накладываются слои желтой, пурпурной и голубой красок. Допустим, что первой печатается желтая краска. При нанесении пурпурной краски на бумаге запечатываются не только неокрашенные, но и уже окрашенные первой краской участки. Таким образом, на единице площади, ограниченной рядом расположенными линиями растровой решетки, получаются не только желтые и пурпурные однокрасочные участки, но также и двухкрасочные, полученные вследствие перекрывания некоторых из разноокрашенных растровых элементов. В рассмотренном примере двухкрасочные участки в результате наложения на желтый слой пурпурной краски имеют красный цвет. При наложении третьего растрового изображения голубая краска ложится на желтые, пурпурные и красные участки, в результате образуются новые двухкрасочные участки синего и зеленого цвета, а также трехкрасочные черного цвета. Таким образом, цвета двухкрасочных и трехкрасочных участков образуются **субтрактивным синтезом**. Краски для **автотипного синтеза** выбирают с тем расчетом, чтобы цвета при автотипном синтезе получались не только насыщенными, но и достаточно светлыми, яркими.

Таким образом, **автотипный синтез цвета** - это воспроизведение цвета в полиграфии на оттисках высокой и плоской печати. При автотипном синтезе цветное полутоновое изображение формируется разноцветными растровыми элементами (точками или микроштрихами). Растровые элементы отдельных печатных красок на оттиске имеют одинаковую светлоту, но различные размеры, частоты и формы, а также разный характер наложения (смешанный аддитивно-субтрактивный синтез цвета).

СТАДИИ ЦВЕТНОГО РЕПРОДУЦИРОВАНИЯ И ИХ КОНТРОЛЬ

Метамерные цвета

Все репродукционные процессы в полиграфии основаны на том, что различные цвета и оттенки изображаемых объектов мы воспроизводим смешением нескольких вполне определенных красок. Это возможно потому, что мы видим разные по спектральному составу излучения одинаковыми по цвету. Такие излучения называются метамерными.

Метамерия цветов — это способность нашего зрения видеть различные по спектральному составу излучения одинаковыми по цвету. Излучения, вызывающие одинаковые ощущения цвета в одних условиях рассматривания, создают одинаковые ощущения цвета и в других условиях. Но само ощущение цвета может заметно меняться в зависимости от условий рассматривания и освещения. Мы постоянно видим метамерные цвета. Более того, получение любых цветных изображений основано на метамерии. Например, оранжевый цвет можно получить на бумаге оранжевой краской или же наложением слоев двух красок: пурпурной и желтой (в большем количестве).

Наибольшей метамерией, то есть наибольшим разнообразием по спектральному составу, обладают белые излучения источников света. С увеличением насыщенности метамерия цветов уменьшается. Спектральные цвета не имеют метамеров, так как каждый из них создается единственным монохроматическим излучением. Среди красок наибольшей метамерией, то есть наибольшим разнообразием по спектральному составу, обладают темные, зачерненные цвета.

Уменьшение метамерии цвета с увеличением насыщенности имеет большое практическое значение, особенно при выборе красок и цветоделительных светофильтров. На метамерии цвета основаны все колориметрические методы, в которых для излучения сложного состава подбирается такая смесь некоторого монохроматического излучения с белым, которая зрительно неотличима от него по цвету.

С метамерией цвета связано понятие **дополнительных цветов** — это цвета двух излучений или двух красок, образующих в смеси ахроматический цвет.

Деградация цветового тона как оттенок цвета

Одним из неперенных свойств цвета является так называемая деградация тонов, когда один цветовой тон незаметно переходит в другой и далее, образуя перетекание одного цвета в другой и создавая таким образом

цветовую гамму, которую можно определить как созвучие близких по светлоте, насыщенности и цветовому тону цветов. Как правило, в живописном произведении художник разыгрывает несколько гамм, в целом образующих определенную тональность. Тональность характеризует доминирующее цветовое состояние изображения. Именно через определенную тональность в пейзаже, например, выражается время года, время суток, состояние погоды; в выражениях типа «серебристый колорит», «светло-коричневый» и т.д. речь идет скорее о тональности цвета, нежели о цвете.

В искусствоведческой литературе оттенок и нюанс — наиболее употребительные слова, которые, встречаясь в различных контекстах, выражают разные понятия: в одном случае это тона одной цветной краски, а в другом — цветовые тона разных по цвету красок. Французское слово «нюанс» в буквальном переводе значит «оттенок», и, казалось бы, эти два слова можно считать синонимами, однако довольно часто в них вкладывается разный смысл.

Оттенок — цветовой тон определенного цвета, к которому добавлен белый или черный цвет либо и тот и другой в определенном количестве. И чем больше это количество, тем сильнее оттенок отличается от насыщенного исходного цветового тона первичного базового цвета. Оттенок можно дополнительно определить как качество цветового пятна, дополнительно характеризующее его цветность в выражениях типа «серый красноватого оттенка», «голубовато-зеленый» и т.п.

Оттенком также называют и изменение цветового пятна в каком-либо направлении с преобладанием ахроматического цвета, например по светлоте или по цветовому тону. Последнее изменение более правильно называть нюансом.

Нюанс — это тонкая, количественно незначительная разновидность цветовых пятен, сближенных друг с другом по цветовому тону. Нюанс выражает всегда характеристику одного цветового тона относительно другого, например: более светлый коричневый цвет соломенного оттенка, телесный цвет без лилового оттенка.

Стадии репродуцирования цветного изображения на оттиске

Воспроизведение цветных изображений на оттиске основано на общих принципах синтеза цвета. Если на глаз действует смесь излучений, то реакции рецепторов на каждое из них складываются. Смешение окрашенных световых пучков дает пучок нового цвета, смесь красок также имеет иной

цвет. Такой эффект получения (синтеза) нового цвета называется сложением цветов.

Как уже было отмечено, различают два типа сложения цветов — аддитивное (смешение излучений) и субтрактивное (смешение вещественных сред). Законы аддитивного сложения цвета, которые сформулировал Г.Грассман в 1853 году, таковы:

1. Закон трехмерности: любой цвет однозначно выражается тремя цветами, если они линейно независимы (линейная независимость заключается в том, что нельзя получить ни один из указанных трех цветов сложением двух остальных).

2. Закон непрерывности: при непрерывном изменении излучения цвет также меняется непрерывно (не существует такого цвета, к которому невозможно было бы подобрать бесконечно близкий).

3. Закон аддитивности: цвет смеси излучений зависит только от их цветов, но не от спектрального состава.

Процесс цветного репродуцирования в полиграфии состоит из четырех стадий:

- считывание с оригинала информации о цвете каждой микрообласти (микроучастка) изображения и ее представление в виде трех величин, соответствующих пропускаемым (отражаемым) световым потокам в трех зонах видимого спектра: красной, зеленой и синей. Эта стадия называется аналитической;
- преобразование изображения в форму, пригодную для последующего воспроизведения на оттиске. Данная стадия включает преобразование цветового пространства (из RGB в CMYK, Pantone, Hexachrome или в иную модель), отображение цветового пространства оригинала в пространство оттиска (gamut mapping) с градационным преобразованием, обеспечивающим психологически точное воспроизведение цвета на оттиске. Эта стадия носит название градационной (редакционной) стадии;
- регистрация (запись) выделенных составляющих обработанного изображения (цветоделенных изображений). Запись производится на фотографическом материале, на магнитных носителях, на формных материалах (пластинах) или на формных цилиндрах (в глубокой печати, цифровой печати, в DI-технологии). Сюда же относятся необходимые технологические преобразования: растривание, коррекция нелинейности устройства записи и т.д. Такая стадия носит название переходной, или стадии записи фотоформ и печатных форм;

- собственно печатание изображения на материальном носителе (бумага, пластик и пр.) и получение оттиска (репродукции). Здесь производятся наложение цветоделенных изображений, окрашенных в соответствующие цвета соответствующего синтеза, и формирование изображения на оттиске.

Черно-белое изображение в цветной репродукции на оттиске

При изменении насыщенности цветов оригиналов в зависимости от цели их воспроизведения и от стабильности полиграфических процессов возникает необходимость в создании такой системы формирования черно-белого изображения, которая позволяет регулировать степень зачернения хроматических цветов черной краской — начиная от идеального цветного изображения, созданного чистыми хроматическими цветами, и кончая полностью ахроматическим изображением, созданным одной черной краской.

Известно, что трехкомпонентная теория зрения является теоретической базой цветного синтеза при многокрасочном репродуцировании цветных оригиналов средствами полиграфической технологии, где используют триаду цветных красок ГПЖ (СМУ): голубая (Г, cyan, С), пурпурная (П, magenta, М) и желтая (Ж, yellow, Y). Применение четвертой, черной краски (Ч, black, key, К) не противоречит принципу трехкрасочного воспроизведения цветов, так как черную краску теоретически и практически можно рассматривать как смесь трех цветных красок. Черная краска одновременно заменяет три цветные и вместе с тем увеличивает их общее количество за один краскопрогон (одноразовое нанесение краски на запечатываемый материал) в печатной машине.

В полиграфии при воспроизведении цветных оригиналов способами офсетной и высокой печати, ввиду растрового построения многокрасочной репродукции, имеет место синтез цветов, характеризующийся признаками как аддитивного, так и субтрактивного синтеза, где в создании цветовых оттенков на цветной репродукции участвуют 16 разноокрашенных растровых элементов: незапечатанная бумага, три одинарные (основные цветные печатные краски — Ж, П, Г) краски и черная (Ч), три бинарных (парных) наложения трехцветных печатных красок (Ж+П, Ж+Г, П+Г), двойные наложения цветная + черная (Ж+Ч, П+Ч, Г+Ч), тройные наложения основных печатных красок (цветные и черная — Ж+П+Ч, Ж+Г+Ч, П+Ч, Ж+П+Г) и их четырехкратное наложение друг на друга с участием черной краски (Ж+П+Г+Ч). Восемь из них образованы с добавлением черной краски. Этот синтез, как было сказано в начале статьи, называется автотипным, а способы печати, в которых он используется, — способами автотипной печати.

В традиционной автотипной печати черная печатная краска выполняет вспомогательную роль и вводится не только с целью расширения цветового охвата за счет увеличения количества темных тонов, но и с целью создания благоприятных условий для использования чистых цветных печатных красок (красок с узкими зонами спектрального поглощения). Чистые печатные краски обладают меньшей степенью вредного поглощения (имеют узкий спектр, в краске нет черного компонента), что также ведет к расширению цветового охвата изображения на оттиске за счет синтеза его насыщенных (незачерненных) ярких одинарных и бинарных цветов.

В полиграфическом автотипном воспроизведении изображений особенно сложна для воспроизведения однокрасочная репродукция, для которой свойственно отличие в любом цвете всегда только одной его характеристики, а именно светлоты, яркости цвета. Самая качественная однокрасочная светлотная репродукция получается при печати на белой бумаге либо на материале, покрытом толстым слоем белил или черной краски, а самая нечитаемая однокрасочная репродукция — при использовании желтой краски. Светлотное различие на оттиске однокрасочной репродукции создается благодаря аддитивному смешению световых потоков, образуемых бумагой (подложка репродукции) и микроштрихами черной краски (если световым потоком можно назвать отсутствие светлоты, пустоту) или любой другой краски.

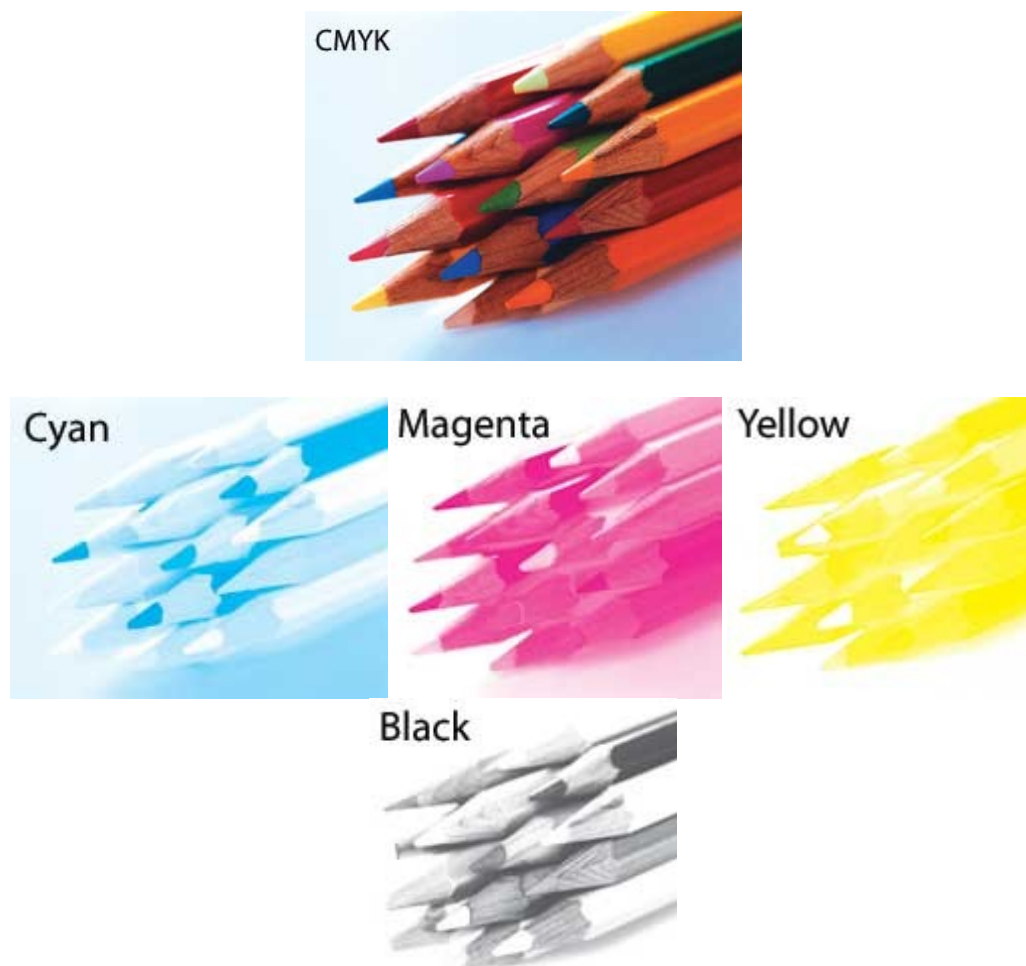
Однокрасочная репродукция стремится передать контрасты оригинала только по одной светлоте и, в отличие от многокрасочной цветной репродукции, может называться, как предлагает Н.Д.Нюберг, «светлотной репродукцией».

Двухкрасочная репродукция (дуплекс) скорее относится к однокрасочной, а не к цветной репродукции, так как вторая краска — вспомогательная.

Дуплекс — способ автотипной печати (автотипия), применяемый для репродуцирования черно-белых полутоновых оригиналов двумя печатными красками, одна из которых обычно черная, а вторая — серая, палевая, голубая, коричневая и пр. Дуплекс делает печатное изображение, особенно воспроизведенное с черно-белых фотографий, более выразительным, чем обычное однокрасочное, а при использовании серой краски увеличивается интервал оптических плотностей изображения. Дуплекс не следует путать с репродуцированием изображения на сплошном цветном фоне (сетке) или на фоновой плашке. Если очень кратко, то дуплекс — это печать двумя красками разного цвета, печать черной и серой красками.

Главная задача двух красок при дуплексе остается такой же, как и при печати в одну краску. При дуплексе получается и дополнительный эффект:

изменение яркостей (светлот) на оттиске сопровождается изменением цветового тона и насыщенности. Дуплекс печатается красками, одна из которых в большей или меньшей степени поглощает свет длин волн, отражаемых другой. В этом случае цвет решает в основном градационные задачи, но уже за счет слабого цветового контраста, так как для удовлетворительного воспроизведения даже однородно окрашенного предмета должна быть передана игра светотени на его поверхности.



Игра светотени на поверхности предмета, окрашенного в цвет, совпадающий с цветом одной из красок дуплекса, более или менее укладывается в возможности двухкрасочной репродукции, которые крайне ограничены и не пригодны для синтеза цвета при полиграфическом воспроизведении цветных оригиналов на оттиске.

В полиграфии полноценный синтез цвета на оттиске при автотипном воспроизведении цветных оригиналов начинается при синтезе с применением не менее трех красок разного цвета. И даже в тех случаях, когда общее число красок (ранее оно приближалось к 20) значительно больше, синтез все равно остается трехцветным.

Однако здесь необходимо акцентировать внимание на следующем положении: принципиальное значение имеют случаи воспроизведения оригиналов на оттиске одной и тремя красками, а все остальные случаи группируются вокруг них.

В отличие от фотографического воспроизведения натуральных объектов, в полиграфическом репродуцировании оригинал и оттиск представляют собой плоские однотипные изображения и рассматриваются при одинаковых или сравнимых условиях освещения. Это делает задачу цветного репродуцирования достаточно определенной. На каждом участке оттиска необходимо получить такие количества трех красок, при которых эти участки совпадут по цвету с соответствующими участками оригинала, то есть получить колориметрически или физиологически точную репродукцию.

Многолетняя практика и исследования показали, что можно получить репродукции, по цвету не совпадающие с оригиналом на многих или даже на всех участках изображения, но вместе с тем при отсутствии оригинала воспринимающиеся как высококачественные. Советский ученый Н.Д.Нюберг назвал такие репродукции психологически точными. Этот феномен подтверждает уже установленный психологами факт, что глаз менее критичен к ошибкам в воспроизведении цвета, чем к ошибкам в градации и в серых тонах.

Синтез цвета на оттиске в трехкрасочной и четырехкрасочной репродукции

Основная задача синтеза цвета при автотипном воспроизведении цветных оригиналов — выбор спектральных характеристик красок, используемых при печатании оттисков. Установлено, что многие излучения, несмотря на различие в спектральном составе, зрительно воспринимаются одинаковыми по цвету. Так, визуально тождественными являются пары дополнительных монохроматических излучений, которые, взятые в определенной пропорции, создают такое же ощущение белого цвета, как и излучение с равноэнергетичным спектром.

Цвета с различными спектральными составляющими, зрительно воспринимающиеся одинаковыми, как мы уже отмечали в начале статьи, называются метамерными. Наибольшее количество визуально тождественных излучений соответствует ахроматическим цветам средней яркости, а наименьшее — сильно насыщенным. Наиболее насыщенные цвета (спектральные) вообще могут быть созданы только определенными монохроматическими излучениями. Уменьшение количества визуально тождественных излучений с возрастанием насыщенности цветов имеет большое значение в практике автотипного воспроизведения цветных

оригиналов, а в частности, при выборе спектральных характеристик печатных красок.

Присутствие ярких насыщенных цветов в цветных оригиналах маловероятно, и при автотипном воспроизведении можно отказаться от синтеза на оттисках ярких насыщенных цветов в пользу менее ярких и менее насыщенных, применяя печатные краски с побочным спектральным поглощением. Выбор оптимальных спектральных характеристик печатных красок, применяемых при автотипном воспроизведении цветных оригиналов, связан главным образом с воспроизведением на оттиске малонасыщенных по цвету излучений, среди которых наиболее часто встречаются визуально тождественные.

Цветные оттенки черного цвета на оттиске

Наряду с трехкрасочным синтезом цвета при автотипном воспроизведении цветных изображений на оттиске в полиграфии при печатании цветных оригиналов широкое распространение получил синтез четырьмя печатными красками. В качестве четвертой обычно применяют краску, не имеющую явно выраженного цветового оттенка. Она выбирается с учетом специфических особенностей используемой триады хроматических красок, что расширяет цветовой охват синтеза. Сокращение рабочего цветового охвата, создаваемого при синтезе тремя хроматическими красками, происходит из-за селективного спектрального их поглощения, ограниченного количества краски, которая может быть перенесена на подложку (бумагу), и светорассеяния, особенно заметного при сильном впитывании красок бумагой. Это приводит к осветлению темных цветов и исчезновению деталей в тенях изображения. Применение печатных красок с широкими зонами спектрального поглощения при трехкрасочном цветовом синтезе, уменьшая искажения темных цветов и улучшая их воспроизведение, не позволяет получить изображение с сильно насыщенными, яркими цветами.

При четырехкрасочном синтезе применение четвертой ахроматической краски не только расширяет цветовой охват благодаря увеличению числа темных цветов, но и создает благоприятные условия для использования селективных (чистых) хроматических красок (красок с узкими зонами спектрального поглощения). Селективные хроматические краски обладают меньшей степенью вредного поглощения, что также ведет к расширению цветового охвата за счет синтеза на оттиске насыщенных ярких цветов изображения. Несмотря на то что технологический процесс автотипного воспроизведения цветных оригиналов сложен и дорог, цветовой синтез четырьмя красками в полиграфии имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с трехкрасочным синтезом, особенно с в плане расширения цветового охвата и улучшения качества оттиска. Во всех случаях, когда на

оттиске необходимо печатать текст, при печати должна использоваться черная краска, так как текст печатают не тремя цветными красками (голубой + пурпурной + желтой), а только одной черной либо, в редких случаях, только голубой или только пурпурной.

Были проведены исследования по изменению цветового тона и яркости в зависимости от количества красок в парных и тройных смесях. Определено число градаций каждой из красок, необходимых для воспроизведения в репродукции всех визуально различимых цветов, создаваемых при цветовом четырехкрасочном синтезе. С учетом того что число градаций по каждой краске не должно существенно превосходить число визуально различимых в этой цветовой области разнотипных порогов, был сделан следующий вывод: количество воспроизводимых в репродукции градаций должно быть равно по желтой краске — 10, по пурпурной — 20, по голубой — 16 и по черной — 24. Такое воспроизведение градаций каждой из четырех красок позволяет получить в репродукции 680 различных по цветности, но имеющих относительную одинаковую яркость, или 16 320 различных как по цветности, так и по яркости цветов.

Для того чтобы повысить насыщенность цветного изображения на оттиске, полученном методом офсетной печати, и расширить таким образом цветовой охват, некоторые авторы предлагают использовать для синтеза цвета с целью увеличения числа красок дублирование основных двухзональных красок, применяемых в трехцветной печати. Так, вместо одной желтой, одной голубой и одной пурпурной красок рекомендуют использовать две желтые, две голубые и две пурпурные. По ряду причин наиболее целесообразно применять разносветлые и разнонасыщенные краски, например голубую (более светлую и менее насыщенную), красную (менее светлую и более насыщенную) и розовую (более светлую и менее насыщенную). Подобные пары красок, кроме различия по светлоте и насыщенности, могут иметь и некоторые различия в цветовом тоне. Опытные данные дублирования желтой краски не дали значительного эффекта — оказалось возможным дублирование только двух красок. Шестикрасочный цветовой синтез в офсетном репродуцировании получил значительное распространение в 40-50-х годах. По сравнению с четырехкрасочным синтезом шестикрасочный не только расширяет цветовое многообразие (охват) офсетных репродукций, но и облегчает регулирование градации и стабилизирует процесс печатания. Если вдуматься и провести аналогию, то получается, что при такой технологии шестикрасочной печати, мы печатаем дуплексом, используя две краски, два цветоделенных изображения (для голубой и пурпурной красок), а остальные два цветоделенных изображения печатаем черной и желтой краской. Технологии Hexachrome и Hi-Fi Color применялись в отечественной полиграфии еще в 50-х годах прошлого века.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(СГАУ)

ИЗУЧЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ЦВЕТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

САМАРА

2014

1

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗУЧЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ЦВЕТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

1 Цель работы

Изучение аддитивных цветовых пространств с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

2 Содержание работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. С помощью палитры цвета графического редактора Adobe Photoshop ознакомиться с аддитивной цветовой моделью RGB. Изучить взаимодействие цветовых каналов изображения в цветовой модели RGB.
3. Оценить результаты о проделанной работе.

3 Теоретическое обоснование

Современные графические пакеты оперируют большим количеством специфических терминов, к которым относятся:

- цветовые модели;
- цветовые палитры, которые в свою очередь подразделяются на плашечные цветовые палитры и основные цветовые палитры;
- системы соответствия цветов;
- системы управления цветами.

Для характеристики цвета используются следующие атрибуты.

1. Цветовой тон. Цветовой тон позволяет отличать один цвет от другого — например, зеленый от красного, желтого и других.

2. Яркость. Определяется энергией, интенсивностью светового излучения. Выражает количество воспринимаемого света.

3. Насыщенность или чистота тона. Выражается долей присутствия белого цвета. В идеально чистом цвете примесь белого отсутствует. Если, например, к чистому красному цвету добавить в определенной пропорции белый цвет, то получится светлый бледно-красный цвет.

Указанные три атрибута позволяют описать все цвета и оттенки. То, что атрибутов именно три, является одним из проявлений трехмерных свойств цвета.

Наука, которая изучает цвет и его измерения, называется **колориметрией**. Она описывает общие закономерности цветового восприятия света человеком. Одними из основных законов колориметрии являются законы смешивания цветов. Эти законы в наиболее полном виде были сформулированы в 1853 году немецким математиком *Германом Грассманом*.

Первый закон (трехмерности)

Любой цвет однозначно выражается тремя, если они линейно независимы. Линейная независимость заключается в том, что ни один из этих трех цветов нельзя получить сложением двух остальных.

Второй закон (непрерывности)

При непрерывном изменении излучения цвет смеси также меняется непрерывно. Не существует такого цвета, к которому нельзя было бы подобрать бесконечно близкий.

Третий закон (аддитивности)

Цвет смеси зависит только от цветов смешиваемых компонентов и не зависит от их спектральных составов. Смысл третьего закона становится более понятным, если учесть, что один и тот же цвет (в том числе и цвет смешиваемых компонентов) может быть получен разными способами. Например, смешиваемый компонент может быть получен, в свою очередь, смешиванием других компонентов.

На теоретической базе этих законов существуют все современные цветовые модели.

Понятие цветовой модели

Мир, окружающий человека, воспринимается по большей части цветным. Цвет имеет не только информационную, но и эмоциональную составляющую. Человеческий глаз — очень тонкий инструмент, но, к сожалению, восприятие цвета субъективно. Очень трудно передать другому человеку свое ощущение цвета.

Вместе с тем для многих отраслей производства, в том числе для полиграфии и компьютерных технологий, необходимы более объективные способы описания и обработки цвета.

Большинство графических пакетов позволяют оперировать широким кругом цветовых моделей, часть из которых создана для специальных целей, а другая для особых типов красок. Основные используемые на практике цветовые модели - это RGB, CMYK, CMY, Lab модели.

Цветовая модель представляет совокупность методов и средств, необходимых для представления определённых цветовых пространств.

Цветовая модель состоит из цветовых координат и способа их реализации. В зависимости от способа реализации цветовых координат и принципа действия цветовые модели условно можно разделить на:

Аддитивные (RGB), основанные на сложении цветов;

Субтрактивные (CMY, CMYK), основанные на вычитании цветов (субтрактивный синтез);

Перцепционные (HSB, Lab, HLS и др.), базирующиеся на восприятии.

Аддитивный цвет получается на основе законов Грассмана путем соединения лучей света разных цветов. В основе этого явления лежит тот факт, что большинство цветов видимого спектра могут быть получены путем смешивания в различных пропорциях трех основных цветовых компонент. Этими компонентами, которые в теории цвета называются **первичными цветами**, являются **красный (Red)**, **зеленый (Green)** и **синий (Blue)** цвета. При попарном смешивании первичных цветов образуются вторичные цвета: **голубой (Cyan)**, **пурпурный (Magenta)** и **желтый (Yellow)**. Следует отметить, что первичные и вторичные цвета относятся к базовым цветам.

Базовыми цветами называют цвета, с помощью которых можно получить практически весь спектр видимых цветов.

Для получения новых цветов с помощью аддитивного синтеза можно использовать и различные комбинации из двух основных цветов, варьирование состава которых приводит к изменению результирующего цвета.

На рис. 1 приведена схема получения новых цветов на базе двух первичных путем использования источников зеленого и красного цветов, интенсивностью каждого из которых можно управлять с помощью фильтра. Можно увидеть, что равные пропорции первичных цветов дают желтый цвет (1, 2); снижение в смеси интенсивности зеленого цвета при той же интенсивности красного позволяет синтезировать оранжевый цвет (3, 4); подобные колориметрические схемы позволяют создать желтый и оранжевый цвета в виде геометрического места цветовых точек — локуса (2,4). Однако таким способом нельзя получить некоторые цвета, например голубой, для создания которого требуется наличие третьего первичного цвета — синего.

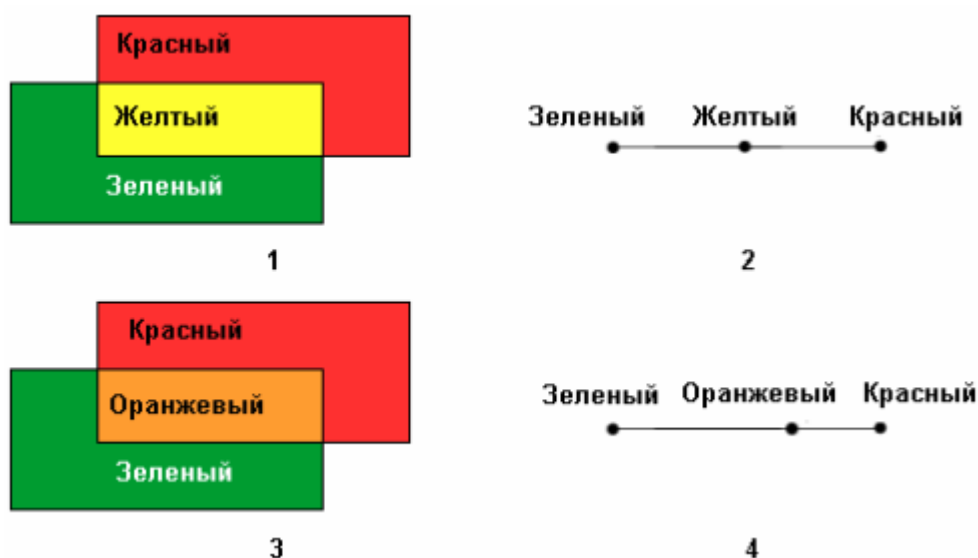


Рис. 1. Аддитивный синтез новых цветов на базе разного процентного соотношения двух первичных цветов: красного и зеленого



Рис. 2. Цветовая (слева) и колориметрическая (справа) схемы получения цветового пространства RGB-модели с помощью трех первичных цветов.

Аддитивные цвета нашли широкое применение в системах освещения, видеосистемах, устройствах записи на фотопленку, мониторах, сканерах и цифровых камерах.

Путем проекции трех цветов: красного, синего и зеленого на светлую поверхность можно получить большинство цветов видимой области спектра. При смешении двух основных цветов результирующий цвет освещается: из смешения красного и зеленого получается желтый, из смешения зеленого и синего получается голубой, синий и красный дают пурпурный. При одновременном смешивании трех чистых цветов получается белый цвет. (рис. 3)

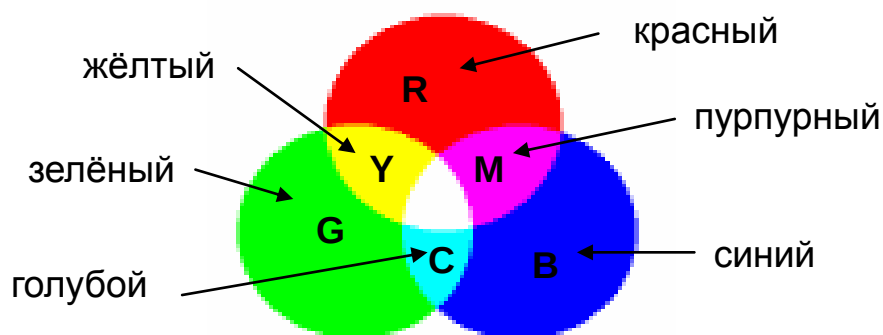


Рис. 3. Принцип действия аддитивной цветовой модели RGB.

При использовании этой модели любой цвет может быть представлен в цветовом пространстве с помощью вектора, описываемого уравнением:

$$\mathbf{cC} = r\mathbf{R} + g\mathbf{G} + b\mathbf{B}.$$

Уравнение идентично уравнению свободного вектора в пространстве, рассматриваемому в векторной алгебре. При этом направление вектора характеризует цветность, а его модуль выражает яркость. Математически цветовую модель RGB удобнее всего представлять в виде куба (рис. 4). В этом случае каждая его пространственная точка однозначно определяется значениями координат X, Y и Z. Если по оси X откладывать красную составляющую, по оси Y — зеленую, а по оси Z — синюю, то каждому цвету можно поставить в соответствие точку внутри куба.

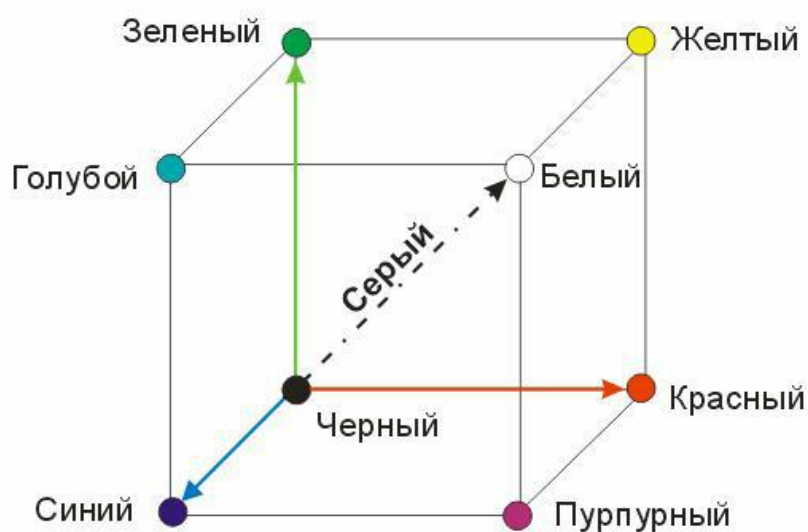


Рис. 4. Получение цветности через куб.

На диагонали (*ахроматической оси*), соединяющей точки с координатами $(R,G,B)=(0,0,0)$ и $(R,G,B)=(255,255,255)$, расположены различные градации серого – от белого до черного. Это происходит потому, что все три составляющих одинаковы и располагаются в диапазоне от нуля до максимального значения. Этот диапазон называют серой шкалой (Grayscale). На рис. 5 приведен пример практической реализации RGB-модели в программе CorelDraw.

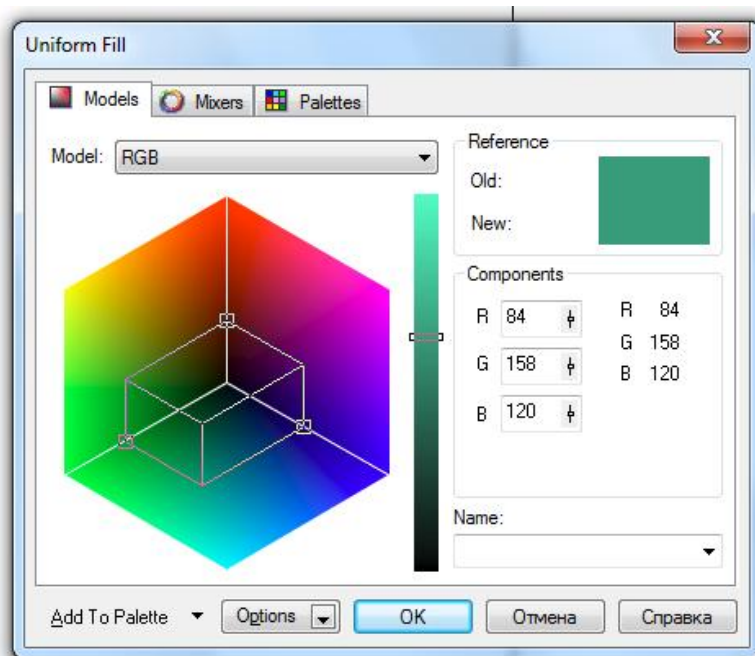


Рис. 5. Представления RGB-модели в виде куба

К настоящему времени система RGB — это официальный стандарт. Решением Международной Комиссии по Освещению — *МКО (CIE — Commission International de VEclairage)* в 1931 году были стандартизированы основные цвета, которые было рекомендовано использовать в качестве *R*, *G* и *B*.

В графических пакетах цветовая модель RGB используется для создания цветов изображения на экране монитора.

Представление информации в компьютере, основывается на двоичной системе счисления, то есть, проще говоря, на комбинациях нулей и единиц. Элементарная логическая ячейка компьютера может быть только в двух состояниях: "включено" или "выключено".

Пиксель (это слово, происходит от английских слов "picture element", означающих "элемент изображения") - это элементарная ячейка, множество которых равномерно располагается в виде строк и столбцов на экране монитора. В одном дюйме экранного пространства размещается 72 пикселя. В простейшем случае эти пиксели могут быть "включены" или "выключены", передавая, таким образом, два цвета: белый и черный. На самом деле на экране большинства компьютеров может отображаться гораздо больше цветов.

Возможность демонстрировать множество цветовых оттенков (до 16,7 миллиона) на экранах современных мониторов является следствием того, что каждому пикселю присуща определенная *глубина цвета*. Она характеризует количество оттенков, которые может воспроизводить отдельный пиксель изображения. Пиксель

с глубиной цвета в 8 бит может передавать 2 в восьмой степени, то есть 256 цветов. Глубина цвета в 16 бит обеспечивает уже возможность воспроизведения 65536 оттенков. При глубине цвета в 24 бита допустимое число оттенков достигает более 16,7 миллиона, или, точнее, 2 в 24-й степени, цветов. (рис. 6)

Глубина цвета оказывает решающее влияние на качество воспроизведения изображений, но у всего положительного есть и отрицательная сторона: чем четче, ярче и жизненнее выглядит изображение, тем больше компьютерной памяти требуется для его хранения.

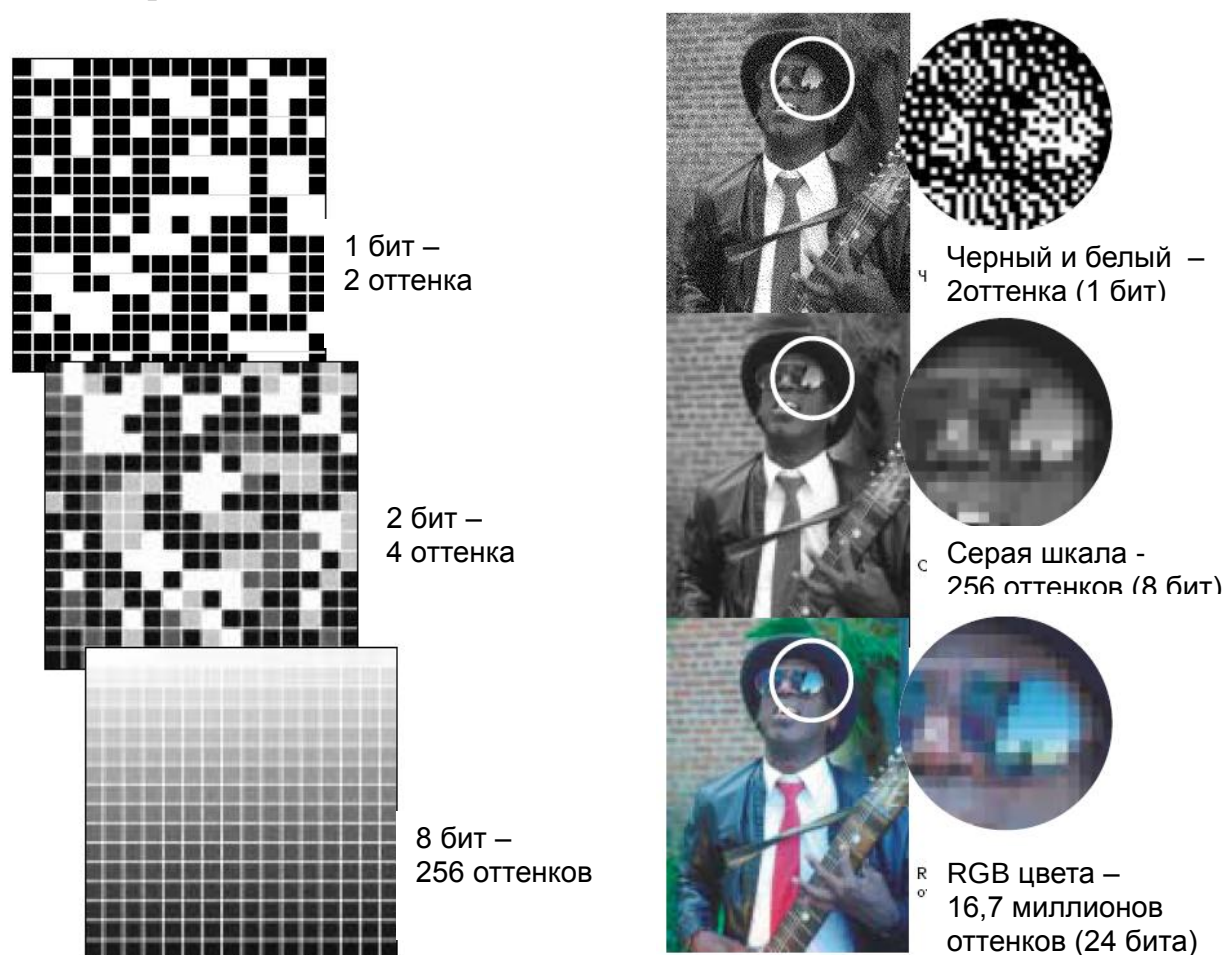


Рис. 6

При работе с низким разрешением отдельные пиксели не видны. Однако если вы будете рассматривать белый экран включенного монитора через лупу, то увидите, что он состоит из множества отдельных точек красного, зеленого и синего цветов (рис. 7), объединенных в RGB-элементы в виде триад основных точек. Цвет каждого из воспроизводимых кинескопом пикселей (RGB-элементов изображения) получается в результате смешивания красного, синего и зеленого цветов. При просмотре изображения на экране с некоторого расстояния эти цветовые составляющие RGB-элементов сливаются, создавая иллюзию результирующего цвета.

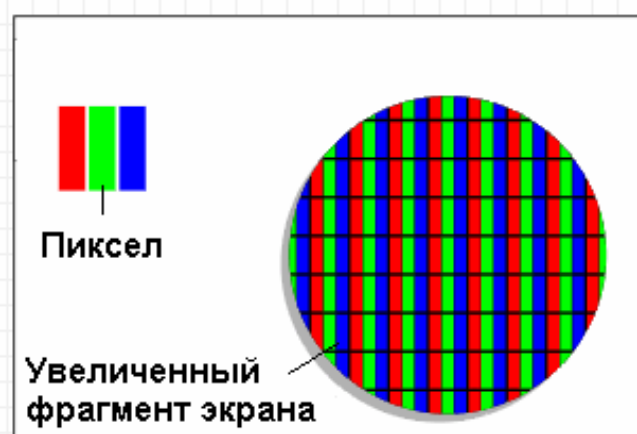


Рис. 7

Для назначения цвета и яркости точек, формирующих изображение монитора, нужно задать значения интенсивностей для каждой из составляющих RGB-элемента (пиксела). Число градаций интенсивности определяет *цветовое разрешение*, или, иначе, *глубину цвета*, которые характеризуют максимальное количество воспроизводимых цветов. На рис. 8 приведена схема формирования 24-битового цвета, обеспечивающая возможность воспроизведения $256 \times 256 \times 256 = 16,7$ млн цветов.

Графические редакторы (например, CorelDRAW, Corel Photo-Paint, Photoshop) наряду со стандартной 8-битовой глубиной цвета поддерживают 16-битовую глубину цвета, которая позволяет воспроизводить 65 536 оттенков серого. В случае, когда все три цветовые компоненты имеют максимальную интенсивность, результирующий цвет кажется белым. Если все компоненты имеют нулевую интенсивность, то результирующий цвет — чистый черный.



Рис. 8. Каждый из трех цветовых компонентов RGB-триады может принимать одно из 256 дискретных значений— от максимальной интенсивности (255) до нулевой интенсивности, соответствующей черному цвету.



Рис. 9. Иллюстрация формирования 6 из 16,7 млн возможных цветов путем вариации интенсивностей каждой из трех компонент R, G и B цветовой модели RGB.

Несмотря на то что цветовая модель RGB достаточно проста и наглядна, при ее практическом применении возникает проблема ограничения *цветового охвата*. Ограниченность цветового охвата объясняется тем, что с помощью аддитивного синтеза принципиально невозможно получить все цвета видимого спектра (это доказано теоретически!). В частности, некоторые цвета, такие как чистый голубой или чистый желтый, не могут быть точно воссозданы на экране. Но несмотря на то, что человеческий глаз способен различать цветов больше, чем монитор, RGB-модели вполне достаточно для создания цветов и оттенков, необходимых для воспроизводства фотореалистических изображений на экране вашего компьютера.

4 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. **С помощью цветовой палитры** графического редактора Adobe Photoshop определить и задать цвет объекту произвольного размера по заданным координатам (в соответствии с вариантом), полученные данные занести в отчет в виде таблицы. (**Задание 1**).
3. С помощью графического редактора Adobe Photoshop на основе предложенных графических файлов (в соответствии с вариантом) выполнить работу с цветовыми моделями изображений, создать смешение цветовых каналов. Полученные данные занести в отчет (**Задание 2**).
4. Оформить отчет о проделанной работе (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
5. С помощью интернет-ресурса <http://print-do.ssau.ru> отправить отчет преподавателю.
6. Ответить на устные вопросы преподавателя.

Задание 1

№ варианта	(R,G,B)=(..., ..., ...)		Изображение цвета
1	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	

		RGB (215, 0, 85) RGB (113, 14, 128)	
	б	Для предыдущих примеров произвольно уменьшить первую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (... , ... , ...)	
2	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (76, 74, 37) RGB (255, 0, 0)	
	б	Для всех предыдущих примеров произвольно увеличить вторую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (... , ... , ...)	
3	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (141, 56, 201) RGB (0, 255, 240)	
	б	Для всех предыдущих примеров произвольно уменьшить третью координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (... , ... , ...)	
4	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (115, 40, 55) RGB (255, 0, 15)	
	б	Для всех предыдущих примеров произвольно уменьшить первую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (... , ... , ...)	
5	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (0, 90, 45) RGB (180, 40, 15)	
	б	Для всех предыдущих примеров произвольно увеличить вторую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.	
		RGB (... , ... , ...)	

6	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (17, 12, 16) RGB (255, 200, 2)
	б	Для всех предыдущих примеров произвольно увеличить третью координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)
7	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (10, 70, 255) RGB (2, 13, 200)
	б	Для всех предыдущих примеров произвольно увеличить первую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)
8	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (0, 255, 97) RGB (250, 255, 12)
	б	Для предыдущих примеров произвольно уменьшить вторую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)
9	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (250, 138, 0) RGB (200, 78, 15)
	б	Для предыдущих примеров произвольно уменьшить первую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)
10	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (18, 0, 250) RGB (25, 240, 14)
	б	Для предыдущих примеров произвольно увеличить первую координату, записать полученные параметры и добавить

		изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)
11	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (255, 0, 255) RGB (25, 140, 190)
	б	Для предыдущих примеров произвольно уменьшить третью координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)
12	а	Определить цвет по заданным координатам, добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (15, 25, 190) RGB (255, 0, 250)
	б	Для предыдущих примеров произвольно увеличить вторую координату, записать полученные параметры и добавить изображение цвета, соответствующее координатам.
		RGB (... , ... , ...)

Задание 2

№ варианта	Название файла
1	lab_01_pic_01.jpg
2	lab_01_pic_02.jpg
3	lab_01_pic_03.jpg
4	lab_01_pic_04.jpg
5	lab_01_pic_05.jpg
6	lab_01_pic_06.jpg
7	lab_01_pic_07.jpg
8	lab_01_pic_08.jpg
9	lab_01_pic_09.jpg
10	lab_01_pic_010.jpg
11	lab_01_pic_011.jpg
12	lab_01_pic_012.jpg

Методика выполнения задания 2

1. Откройте изображение (в соответствии с вариантом). В заголовке окна полноцветного изображения указана цветовая модель. Это документ в модели RGB (рис. 1).

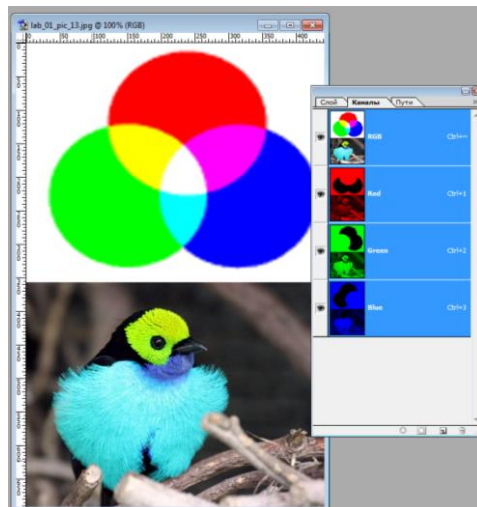


Рис. 1. Активные каналы документа выделены синей подсветкой

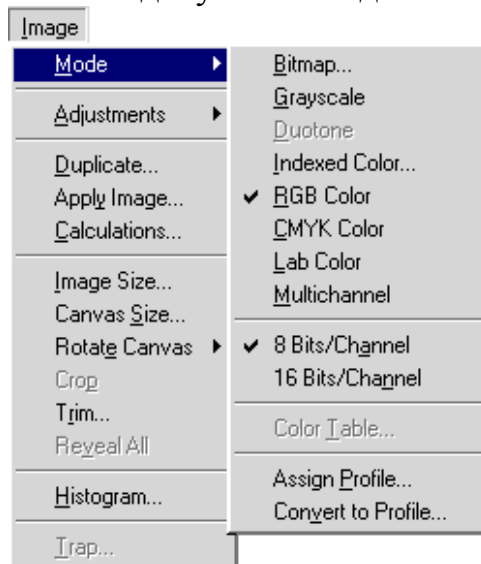
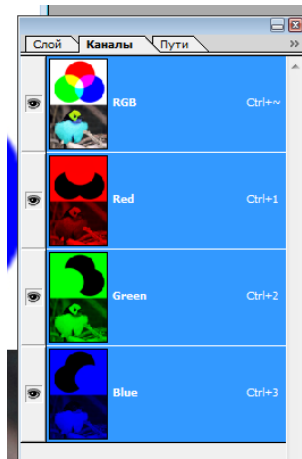
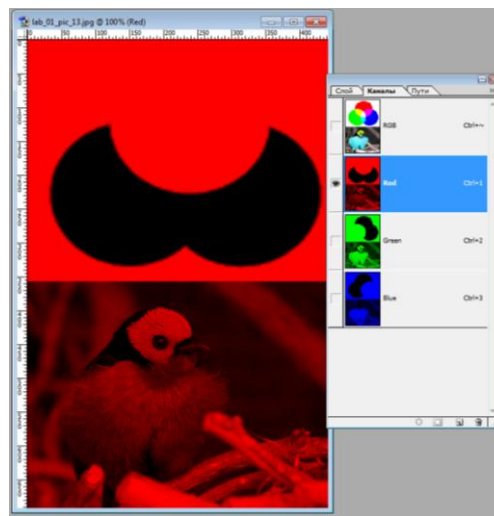


Рис. 2. Подменю Mode (Режим)

2. Раскройте меню Image (Изображение) подменю Mode (Режим)
3. Для изучения взаимодействий каналов полноцветного изображения удобно отображать их в цвете. Для этого зайдите в меню Edit (редактирование или правка), затем Preferences (установки или предпочтения), затем в группе Display&Cursors (отображение и курсоры) установите флажок Channels in Color (цветовые каналы в цвете). Если флажок установлен, то содержимое каналов отображается в соответствующем цвете, при снятом флажке — в оттенках серого.
4. Откройте палитру Channels (Каналы). В палитре представлены цветовые каналы изображения, каждый — своим цветом (рис. 3, а, б).



а. Изображение каналов в цвете



б. Активный канал Red

Рис.3. Канал Red в системе RGB

В верхней строке отображается результат совмещения цветовых каналов. Это условность. На самом деле в изображении только три канала. Строка совмещенного канала введена для удобства. Она позволяет переходить от просмотра отдельных каналов к просмотру суммарного изображения и редактировать одновременно все три цветовых канала. Выбранные для просмотра или редактирования каналы называются активными. Все операции проводятся в активных каналах. В палитре Channels (Каналы) они выделены подсветкой. По умолчанию активным является совмещенный канал, и в палитре выделены все строки цветовых каналов. Редактирование производится для всех цветовых каналов одновременно.

5. Щелкните мышью на имени канала Red (Красный). Строки всех остальных каналов станут серыми, а активный канал Red будет подсвечен синим. Изображение в окне документа станет черно-красным (рис. 3, б), а в заголовке окна документа появится название активного канала. *(В отчет вставить изображение с примером своего варианта)*

6. Выберите названия каждого из цветовых каналов и проследите,

как меняется изображение в окне. Снова вернитесь на название совмещенного канала. Теперь активны все каналы изображения (рис. 3, а). Чтобы сделать несколько каналов активными, следует при выделении каналов мышью удерживать нажатой клавишу Shift. Сделайте активными одновременно два любых канала. *(В отчет вставить изображение с примером своего варианта)*

Обратите внимание на указанные в строке каждого канала клавиатурные эквиваленты. Они позволяют быстро выбирать активный канал. Проверьте эти комбинации клавиш в действии. Клавиша Shift не действует при выборе каналов с помощью клавиатуры.

Значок с изображением глаза  определяет режим отображения канала по признаку «видимый/невидимый». Можно любой канал сделать видимым или невидимым. В программе понятия «видимый канал» и «активный канал» не совпадают. Можно, например, переключать только режим отображения, не меняя активного канала.

7. Щелкните на значке с изображением глаза у строки совмещенного канала. Изображение приобрело обычные цвета, но активным остается только канал Red, и все изменения будут относиться именно к нему.
8. Выберите названия каждого из цветовых каналов. Активность переводится с одного канала на другой, но изображение в окне документа не меняется, поскольку в любом случае отображается совмещенный канал.

В нижней части палитры (слева направо) располагаются четыре кнопки:

-  загрузка канала в качестве выделенной области;
-  сохранение выделенной области в новом канале;
-  создание нового канала;
-  удаление канала.

Эти операции применяются к дополнительным каналам изображения (альфа-каналам). Загрузить в качестве выделения можно и цветовой канал. Эта операция применяется для цветовой и тоновой коррекции.

9. Для иллюстрации процесса получения цвета в этой модели оставьте видимым только один зеленый канал. *(В отчет вставить изображение с примером своего варианта)*
 - Изображение получило оттенки зеленого цвета и стало гораздо темнее. При отключении каналов (уменьшении количества света) изображение затемняется.
 - Яркие зеленые участки исходного изображения остались неизменным. Они содержат только этот базовый цвет.
 - Белая область приобрела яркий зеленый цвет, поскольку белый образуется из сочетания всех трех базовых цветов в наибольшем количестве. Черные участки не содержат ни одного из компонентов, поэтому они останутся черными для любого канала. Серая шкала имеет оттенки зеленого.
 - Участки, заполненные другими базовыми цветами, стали черными,

поскольку зеленого в них нет. В областях смешанных цветов участки, в цвете которых присутствует некоторое количество зеленого компонента, приобрели темно-зеленый цвет разной интенсивности. Чем больше содержание зеленого, тем ярче данный участок.

10. Включите отображение красного канала в дополнение к зеленому. Изображение стало светлее. Участки, содержащие только зеленый цвет, а также черные области остались неизменными. Красные участки изображения окрасились в оттенки красного.

- При сложении красного и зеленого цветовых лучей образуется желтый. Область яркого желтого цвета и белые участки имеют наибольшую яркость. Серая шкала отображается в оттенках жёлтого.

- Другие области смешанного цвета также получили оттенки желтого, зеленого и оранжевого цветов, ведь они состоят из смешения разных компонентов, а синий цвет пока не виден. По этой же причине синие области пока имеют черный цвет.

11. Добавьте отображение синего канала. Изображение стало еще более ярким. Стали видны оттенки синего цвета, а также цвета, полученные смешением трех базовых цветов, — это белый, оттенки серого, голубого, фиолетового и пр. *(В отчет вставить изображение с примером своего варианта)*

5 Оборудование и материалы

1. Станция обработки графической информации с программным обеспечением (Adobe Photoshop, Microsoft Word).
2. Графические оригиналы в электронном виде.

6 Вопросы

1. Понятие цветовой модели.
2. Типы цветовых моделей.
3. Аддитивная цветовая модель.
4. Базовые цвета.
5. Области применения аддитивной цветовой модели.
6. Принцип действия аддитивной цветовой модели RGB на примере трех пересекающихся цветовых кругов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № ____

Тема _____
Студента _____ гр. _____

1. Цель работы.
2. Технические средства и программное обеспечение.
3. Результаты работы.
4. Выводы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(СГАУ)

ИЗУЧЕНИЕ СУБТРАКТИВНЫХ ЦВЕТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

(Основы теории цвета)

САМАРА
2014

Лабораторная работа №2

ИЗУЧЕНИЕ СУБТРАКТИВНЫХ ЦВЕТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ

1 Цель работы

Изучение субтрактивных цветовых пространств с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

2 Содержание работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. С помощью палитры цвета графического редактора Adobe Photoshop ознакомиться с субтрактивной цветовой моделью СМΥΚ. Изучить взаимодействие цветовых каналов изображения в цветовой модели СМΥΚ.
3. Оценить результаты о проделанной работе.

3 Теоретическое обоснование

Некоторые предметы мы видим потому, что они излучают свет, а другие — потому, что они его отражают. Когда предметы излучают свет, они приобретают тот цвет, который мы видим. Когда они отражают свет (бумага, например), их цвет, определяется цветом падающего на них света и цветом, который эти объекты отражают.

Таким образом, **излучаемый свет** — это свет, выходящий из активного источника: солнца, лампочки, экрана монитора; **отраженный свет** — это свет, "отскочивший" от поверхности объекта. Именно его можно видеть, если смотреть на какой-либо предмет, не излучающий собственного света.

Излучаемый свет может содержать все цвета (белый свет), любую их комбинацию или только один цвет. Излучаемый свет, идущий непосредственно из источника к нашему глазу, сохраняет в себе все цвета, из которых он был создан. Некоторые волны отраженного света поглощаются объектом отражения, поэтому доходят до нас и воспринимаются глазом только непоглощенные, отраженные волны.

В отличие от экрана монитора, воспроизведение цветов которого основано на излучении света, печатная страница может только отражать цвет. Поэтому RGB-модель в данном случае неприемлема. Вместо нее для описания печатных цветов используется модель СМΥ, базирующаяся на **субтрактивных** цветах (рис. 1).

Субтрактивные цвета, в отличие от аддитивных цветов (RGB-модели), получают вычитанием вторичных цветов из общего луча света. В этой системе *белый* цвет появляется как результат отсутствия всех цветов, тогда как их присутствие дает *черный* цвет (рис. 1). Система субтрактивных цветов работает с отраженным светом, например, от листа бумаги. Белая бумага отражает все цвета, окрашенная — некоторые поглощает, а остальные отражает.

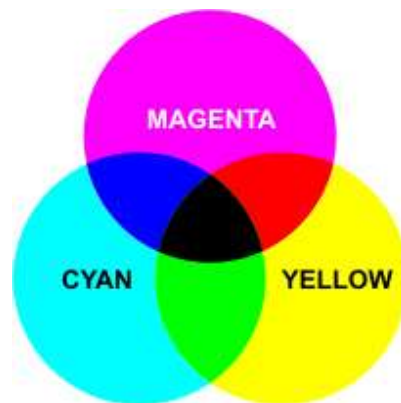


Рис. 1. Субтрактивное смешение цветов

При рассмотрении системы RGB речь шла в основном об источниках света. Большинство окружающих нас объектов источниками не являются. Они не излучают, а поглощают и отражают падающий свет в разных пропорциях. Как возникает цветность подобных объектов? Все пассивные объекты, т. е. объекты, не являющиеся излучателями, мы видим в отраженном цвете. Если яблоко имеет красный цвет, то это значит, что оно отражает длинные волны, принадлежащие красной, начальной части спектра, и поглощает короткие. Для описания таких явлений используется цветовая модель, которая объясняет порождение цветов не как результат сложения, а как результат вычитания базовых цветов.

Почему некоторый предмет окрашен, например, в синий цвет? Это происходит потому, что он поглощает красную и зеленую составляющие, и отражает только синюю. Или как при отражении получается голубой цвет? Например, голубой цвет представляет собой смешение синего и зеленого. Следовательно, поверхность голубого цвета отражает синий и зеленый цвет, а значит, поглощает красную составляющую. Пурпурный краситель поглощает зеленый и отражает красный и синий. Пурпурная составляющая поглотит зеленую, голубая - красную, желтая - синюю. На рис. 2 показаны примеры поведения световых волн различной длины на примере отражения от белого бумажного листа с различными красителями, нанесенными на него.

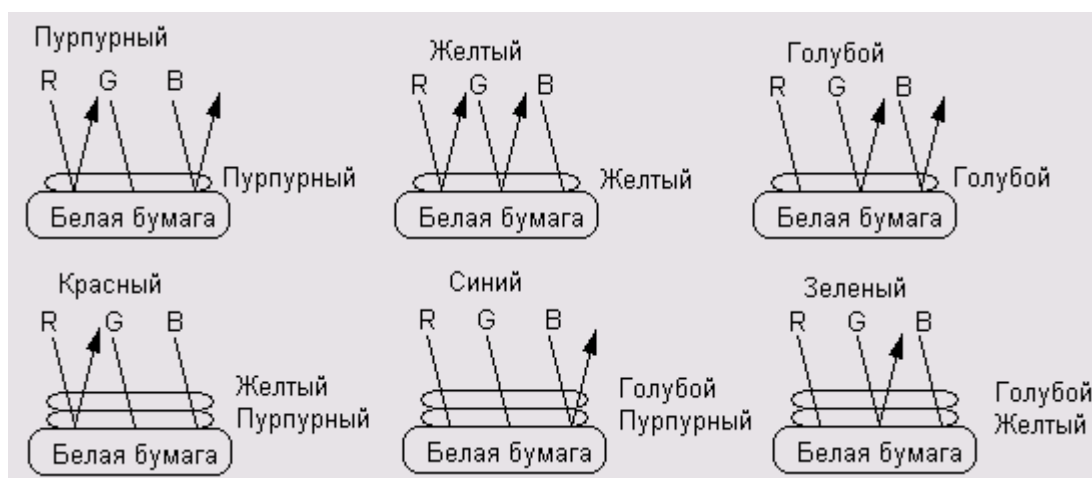


Рис. 2. Поглощение и отражение световых волн.

Смешивая попарно пурпурный, желтый и голубой красители, можно получить в отраженном свете оттенки основных цветов - красного, зеленого и

синего. Сочетания основных цветов позволяют синтезировать множество производных цветов, поэтому пурпурный, желтый и голубой могут быть приняты в качестве базиса субтрактивной (вычитательной) цветовой модели. Субтрактивная модель, в которой цвета получаются смешением **C** - голубой (Cyan), **M** - пурпурной (Magenta) и **Y** - желтой (Yellow) красок, называется CMY.

Если нанести на белый лист красители пурпурного, желтого и голубого цвета, то они поглотят все три составляющие падающего света, и такой лист должен выглядеть черным. В это теоретически правильное заключение практика вносит свои поправки. Существующие красители по своим химическим свойствам далеки от идеала и часто содержат примеси. Смешение таких красителей дает не черный цвет, а грязно-коричневый темного оттенка. Свой вклад вносит и бумага, поверхность и цвет которой никогда не бывают идеальными. Для повышения качества печати применяется специальный черный краситель, который позволяет получить ровный и глубокий черный цвет. Большинство современных репродуцирующих устройств (принтеров и типографских машин) печатают в четыре краски, и только самые дешевые струйные принтеры используют только три краски.

Система CMY с дополнительной черной составляющей называется CMYK. Черный цвет (black) представлен в названии последней буквой для того, чтобы не путать его в сокращениях и аббревиатурах с синим (Blue) (рис. 3). Эта система служит теоретической основой цифровой печати.

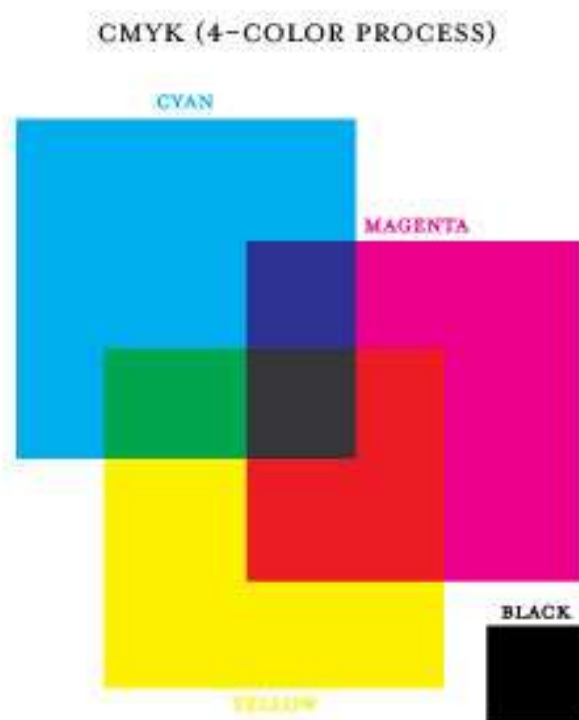


Рис. 3.

CMY или CMYK

Модель **CMY** используется в том случае, если изображение или рисунок будут выводиться на черно-белом принтере, позволяющем заменять черный картридж на цветной (color upgrade). В ее основе лежит использование трех *субтрактивных* (вторичных) цветов: **голубого (Cyan)**, **пурпурного (Magenta)** и **желтого (Yellow)**. Теоретически при смешивании этих цветов на белой бумаге в равной пропорции получается **черный** цвет.

Однако в реальном технологическом процессе получение черного цвета путем смешивания трех основных цветов для бумаги неэффективно по трем причинам.

- Невозможно произвести идеально чистые пурпурные, синие и желтые краски. Поэтому цвет получается не чисто черным, а грязно-коричневым.
- На создание черного цвета с помощью модели СМУ тратится в три раза больше краски.
- Любые цветные краски дороже обычных черных.

В силу перечисленных факторов при печати чистого черного цвета используется добавка дополнительной черной компоненты цвета. Эта технология приводит также к улучшению качества теней и серых оттенков.

СМУК – цветовая модель, используемая на компьютере, а, значит, без цифр не обойтись. **Цветовые координаты** рассматриваются как красители, которые наносятся на поверхность бумаги, поэтому интенсивность каждой координаты измеряется в процентах от **0 (отсутствие краски)** до **100 (максимальная плотность краски)**. Например, для получения цвета «хаки» следует смешать 30% голубой краски, 45% пурпурной краски, 80% жёлтой краски и 5% чёрной. Это можно обозначить следующим образом: (30,45,80,5). Иногда пользуются таким обозначением: C30 M45 Y80 K5.

Цифровое значение не описывает реальный цвет. Оно лишь означает набор аппаратных данных, которые будут использованы для изготовления цвета. На практике все будет зависеть от характеристик и качества бумаги, состояния печатной машины, условиями просмотра отпечатка и даже влажности в помещении.

Если подвести баланс преимуществ и недостатков цветовой модели СМУК, то можно сказать следующее: модель дает плохо предсказуемые результаты и имеет очень узкий цветовой охват. Но без нее трудно обойтись, поскольку вся технология современной печати построена на модели СМУК.

Все файлы, предназначенные для вывода в типографии, должны быть конвертированы в СМУК. СМУК актуален при любом способе печати.

Цветоделение в современной полиграфии — процесс подготовки цветных изображений к печати несколькими красками. Данная технология использует принцип субтрактивного синтеза цвета, предполагающий, что на материал, отражающий или пропускающий свет (например, бумагу или прозрачную пленку) наносятся слои цветных красителей, каждый из которых «вычитает» из белого цвета свою долю спектра (рис. 4).



Рис. 4.

Традиционно цветоделение осуществлялось в типографиях с помощью оптических фильтров и системы растров. В настоящее время, процесс растривания и цветоделения автоматизирован и реализован программно для доредакционной подготовки изображений, в частности в графическом редакторе Adobe Photoshop. Цветоделение здесь представляет собой преобразование цветного изображения в четыре цветоделённых, из которых изготавливаются четыре офсетных печатных формы, последовательно наносящие цветные типографские краски на бумагу, образуя полноцветное изображение на оттиске.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выполнить **Задание 1**.
3. Выполнить **Задание 2**.
4. Выполнить **Задание 3**.
5. Оформить отчет о проделанной работе (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
6. С помощью интернет-ресурса <http://print-do.ssau.ru> отправить отчёт преподавателю.
7. Ответить на устные вопросы преподавателя.

Задание 1

С помощью графического редактора Adobe Photoshop самостоятельно создать субтрактивное смешение цветов.

Методика выполнения задания 1

1. Запустить графический редактор Adobe Photoshop.
2. Создать новое изображение. File (файл) > New (новый). Далее задать необходимые параметры нового изображения. (размер изображения – 500/500 пикселей, цветовая модель - CMYK). (рис. 5)

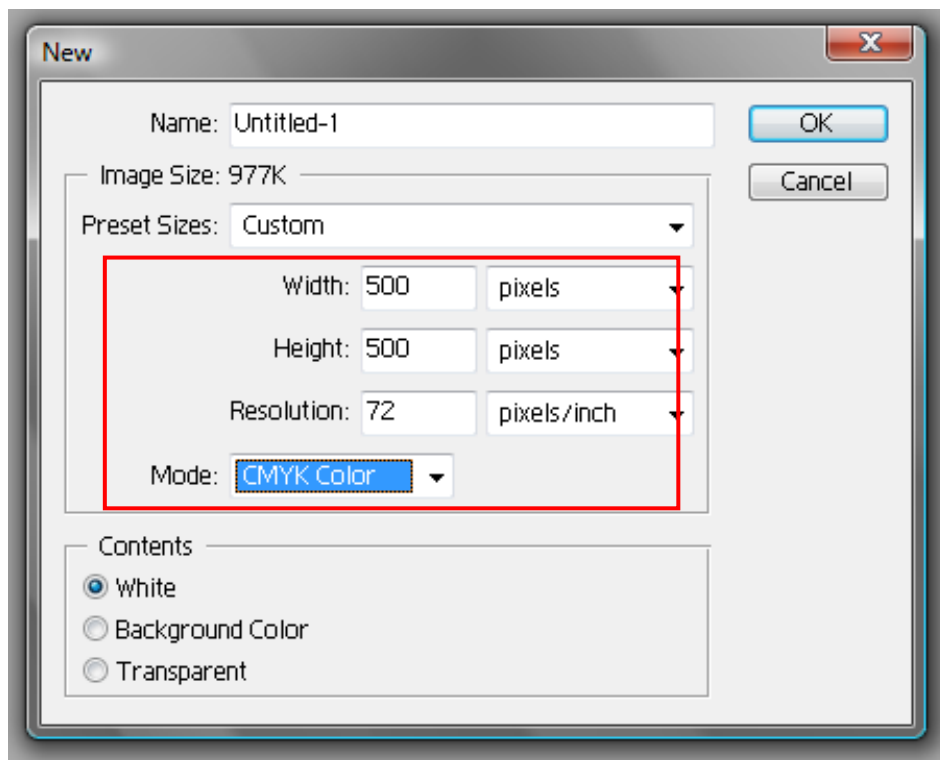


Рис. 5.

3. Откройте палитру Channels (Каналы). В палитре представлены цветовые каналы изображения цветовой модели CMYK, каждый — своим цветом.
4. Щелкните мышью на имени канала Cyan (голубой). Строки всех остальных каналов станут серыми, а активный канал Cyan будет подсвечен синим.
5. На панели инструментов графического редактора выберите инструмент «Эллиптическое выделение». Находясь на цветовом канале Cyan (голубой), выделите объект в форме круга (при выделении нужной области курсором, одновременно удерживайте нажатой клавишу Shift, тогда получится окружность правильной формы).
6. С помощью палитры Color Picker (выбор цвета), в цветовой модели CMYK задать значение Cyan (голубой) краски = 100%, значение пурпурной, желтой и черной краски = 0%.
7. С помощью инструмента «Заливка» (ковш) закрасить выделенную область круга голубым цветом (рис. 6).

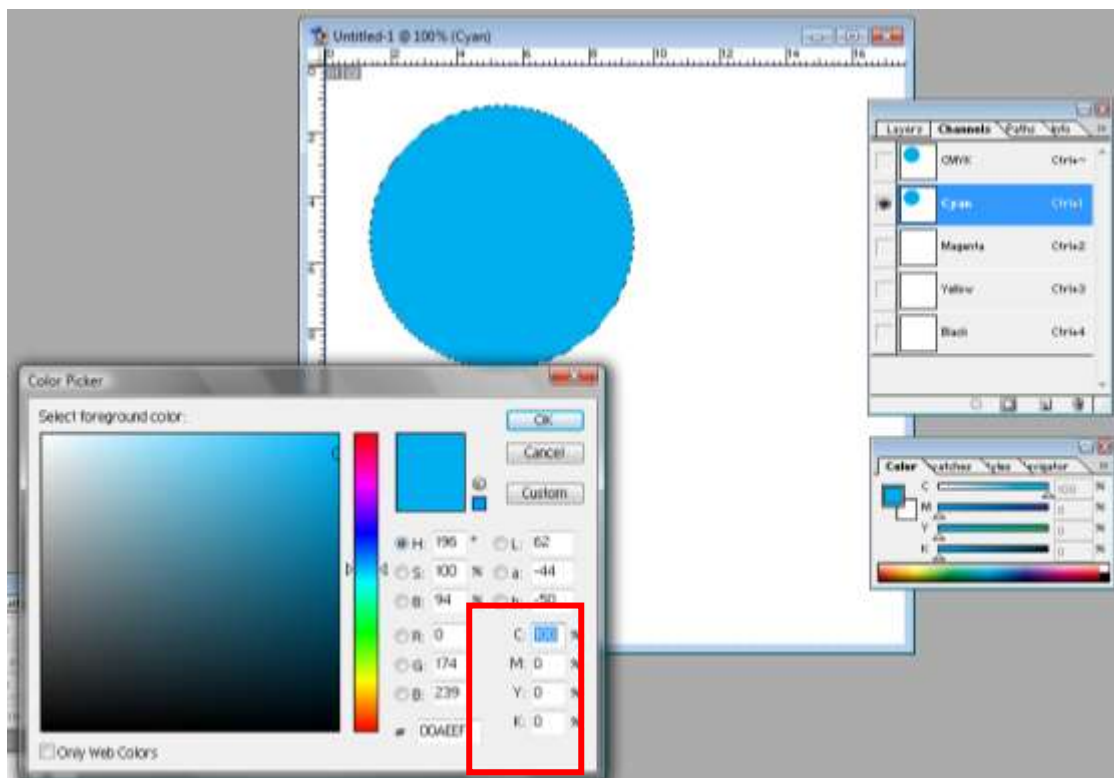


Рис. 6.

8. Щелкните мышью на имени канала Magenta (пурпурный). Строки всех остальных каналов станут серыми, а активный канал Magenta будет подсвечен синим.
9. На канале Magenta (пурпурный), проделайте операции, описанные в пунктах №5,7 данной методики выполнения задания. Выделенную область закрасьте максимальным значением пурпурной краски. Сместите выделенную область круга немного правее (рис. 7).

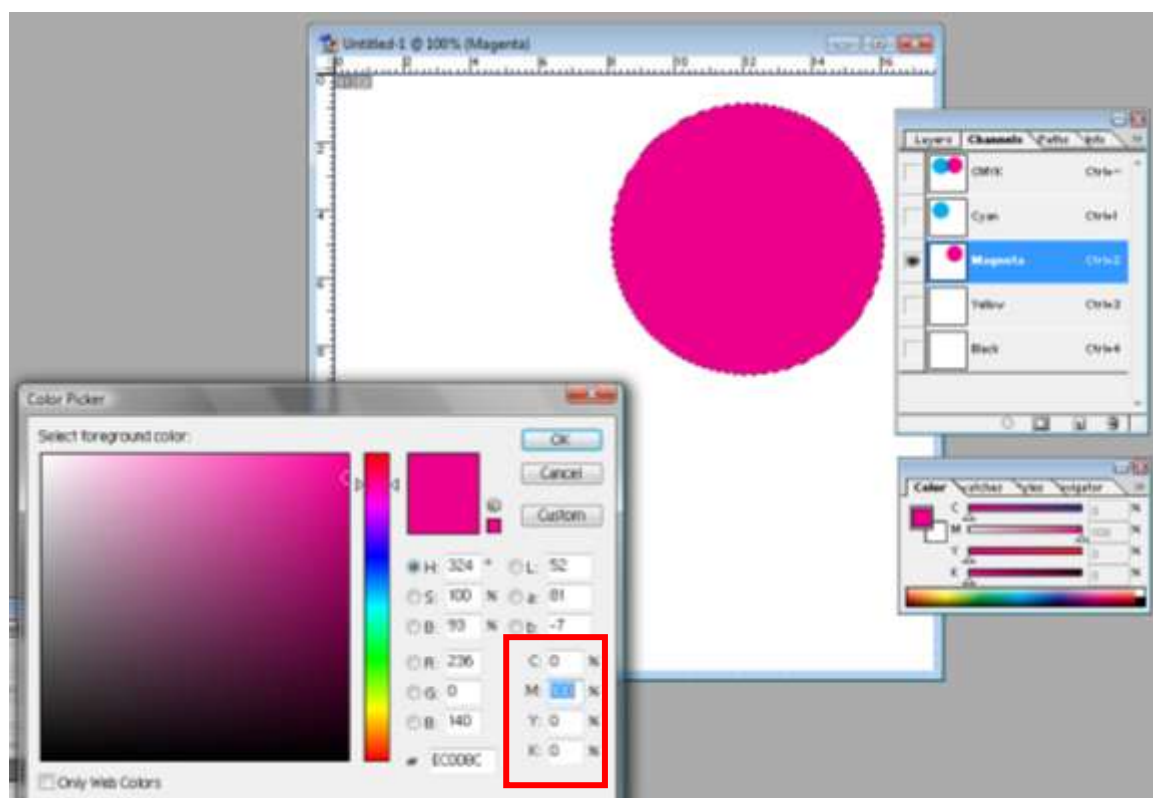


Рис. 7.

10. На канале Yellow (желтый), проделайте операции, описанные в пунктах №5,7 данной методики выполнения задания. Выделенную область закрасьте максимальным значением желтой краски. Сместите выделенную область круга немного ниже и сцентрируйте область.
11. Активизируйте верхнюю строчку каналов на палитре, чтобы увидеть и оценить результат совмещения цветовых каналов. *(В отчет поместить изображение с полученным результатом и дать буквенное обозначение каждому цвету).*

Задание 2

Определить интенсивность координат заданных основных чистых цветов с помощью самостоятельно созданного цветового круга. Полученные данные занести в отчет в виде таблицы.

	С, %	М, %	Y, %	К, %
Красный				
Зеленый				
Синий				
белый				
черный				
голубой				
желтый				
пурпурный				

Задание 3

С помощью графического редактора Adobe Photoshop на основе предложенных графических файлов (в соответствии с вариантом) выполнить работу с цветовыми моделями изображений, создать смещение цветовых каналов. Полученные данные занести в отчет.

№ варианта	Название файла
1	lab_02_pic_01.jpg
2	lab_02_pic_02.jpg
3	lab_02_pic_03.jpg
4	lab_02_pic_04.jpg
5	lab_02_pic_05.jpg
6	lab_02_pic_06.jpg
7	lab_02_pic_07.jpg
8	lab_02_pic_08.jpg
9	lab_02_pic_09.jpg

10	lab_02_pic_010.jpg
11	lab_02_pic_011.jpg
12	lab_02_pic_012.jpg

Методика выполнения задания 3

1. В графическом редакторе откройте изображение, соответствующее вашему варианту. В заголовке окна полноцветного изображения указана цветовая модель (рис. 8). Если исходное изображение не соответствует цветовой модели СМЮК, его нужно перевести в эту модель. Для этого в главном меню выбрать Image (изображение), затем - Mode (модель), затем - СМЮК. В палитре каналов присутствует 5 строк — 4 строки для цветовых каналов и одна — для совмещенного канала. Активизация и регулирование видимости каналов производятся точно так же, как для RGB - изображения.

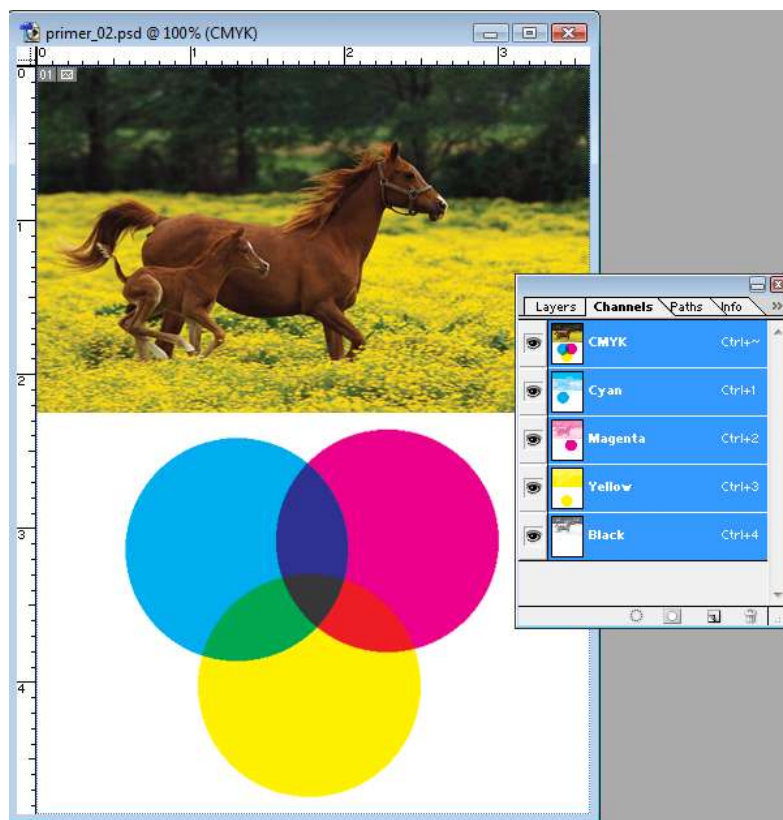


Рис. 8. Изображение в модели СМЮК

2. Отключите видимость всех каналов, кроме голубого. Изображение стало светлее.
 - Каналы СМЮК складываются так же, как краски, положенные на бумагу. Практически перед вами голубая форма для печати файла primer_02.psd. Именно таким образом будет распределяться краска на отпечатке.
 - Насыщенность цвета максимальна в голубой и синей областях. Они окрашены насыщенным голубым цветом. Голубой есть также в областях смешанных цветов, в оттенках серого. Это означает, что в СМЮК оттенки серого формируются из смеси равного количества всех компонентов модели.
 - Области черного цвета и очень темных оттенков изображаются на печати

черной краской, поэтому они пока остаются белыми.

3. Активизируйте изображение черного канала, не отключая голубой. Вы видите форму, в соответствии с которой будет наноситься черная краска. Отключите видимость черного канала.
4. Добавьте к голубому отображение желтого канала. Смешение красок в модели происходит по гораздо более понятному принципу — при сложении голубой и желтой составляющей получаются оттенки зеленого. Зеленый цвет получили также серые участки, поскольку они состоят из равных количеств каждого из базовых компонентов. Изображение темнее, чем больше каналов видно на экране.
5. Сделайте видимым и пурпурный канал. Изображение в средних тонах и в светах уже приобрело нормальный вид. В тенях же остались белые участки — все они будут напечатаны черным, а не смесью трех цветных красок. *(В отчет поместить изображения с полученными результатами).*

5 Оборудование и материалы

1. Станция обработки графической информации с программным обеспечением (Adobe Photoshop).
2. Графические оригиналы в электронном виде.

6 Вопросы

1. Как образуется излучаемый свет?
2. Как образуется отраженный свет?
3. Понятие субтрактивной цветовой модели.
4. Области применения субтрактивной цветовой модели.
5. Принцип действия субтрактивной цветовой модели СМΥК на примере трех пересекающихся цветовых кругов.
6. Поглощение и отражение световых волн на примере пурпурной краски.
7. В чем измеряются координаты цветовой модели СМΥК?
8. Что представляет собой цветоделение?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № ____

Тема _____
Студента _____ гр. _____

1. Цель работы.
2. Технические средства и программное обеспечение.
3. Результаты работы.
4. Выводы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(СГАУ)

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ГРАДАЦИОННОЙ КОРРЕКЦИИ ПОЛУТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

(Основы теории цвета)

САМАРА
Издательство СГАУ
2014

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ГРАДАЦИОННОЙ КОРРЕКЦИИ ПОЛУТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

1 Цель работы

Изучение методов градационной коррекции полутонового изображения с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

2 Содержание работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Изучить методы градационной коррекции полутонового изображения с помощью графического редактора Adobe Photoshop.
3. Оценить результаты о проделанной работе.

3 Теоретическое обоснование

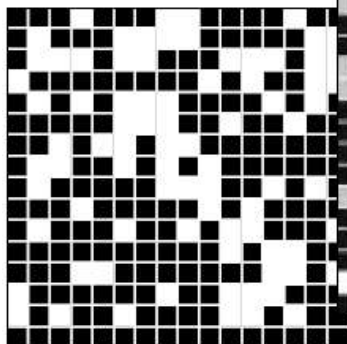
Полутоновое изображение



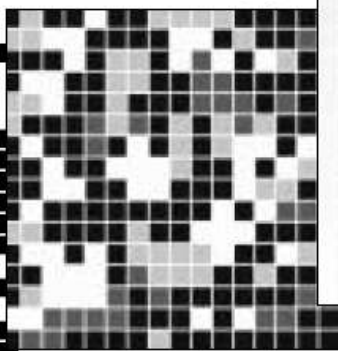
Пиксель полутонового изображения (grayscale) кодируется 8 битами. Пиксель с глубиной цвета в 8 бит может передавать 2 в 8 степени, т.е. 256 различных значений (оттенков) (рис. 1).

Значения, принимаемые пикселями, называются серой шкалой (grayscale). Серая шкала имеет 256 градаций серого цвета, каждая из которых характеризуется значением яркости в диапазоне от 0 (черный) до 255 (белый). Серая шкала может выражаться и в процентных отношениях, в этом случае 0% представляет белый цвет (отсутствие краски на белой бумаге), а 100% - черный цвет (глубокая черная краска).

1 бит –
2 оттенка
(черно-белые
штриховые
изображения)



2 бит –
4 оттенка
(полутоновые
изображения)



8 бит -
256 оттенков
(полутоновые
изображения)

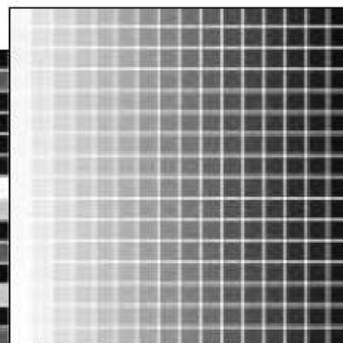


Рис. 1.



Полутонное изображение имеет промежуточные переходные тона между самым темным и самым светлым участками. Чем меньше количество полутонов, тем контрастнее изображение, а если полутона отсутствуют, изображение - **штриховое**.

В Adobe Photoshop наряду со стандартной 8-битовой глубиной цвета имеется поддержка изображений с 16-битными каналами, позволяющими увеличить количество передаваемых цветов или оттенков серого. Так, в режиме с 16-битными каналами полутонное изображение может содержать не 256, а 65 536 оттенков серого. Соответственно и размер файла с 16-битными каналами в два раза больше, чем с традиционными, 8-битными.

Любое изображение можно превратить в полутонное. Если исходный материал, например, цветная фотография, то она станет черно-белой.

В полутонном изображении пиксели отличаются только одной характеристикой — **яркостью**.

Основная задача тоновой (градационной) коррекции — обеспечить правильное распределение яркостей пикселей в изображении.

Диапазон (пределы изменения) яркостей пикселей изображения называется **тоновым диапазоном изображения** (значения яркости пикселей в Adobe Photoshop изменяются от 0 до 255). Например, если тоновый диапазон изображения лежит в пределах от 100 до 255, то такое изображение выглядит слишком светлым, так как в нем отсутствуют темные оттенки. При тоновом диапазоне от 0 до 70 изображение, наоборот, будет очень темным из-за отсутствия светлых тонов.

Для каждого изображения Adobe Photoshop строит **гистограмму** — график распределения яркостей пикселей (рис. 2). Гистограмма дает возможность проанализировать тоновый диапазон любого изображения.

В Adobe Photoshop диалоговое окно гистограммы можно открыть через главное меню, выбрав **Image (Изображение) > Histogram (Гистограмма)**.

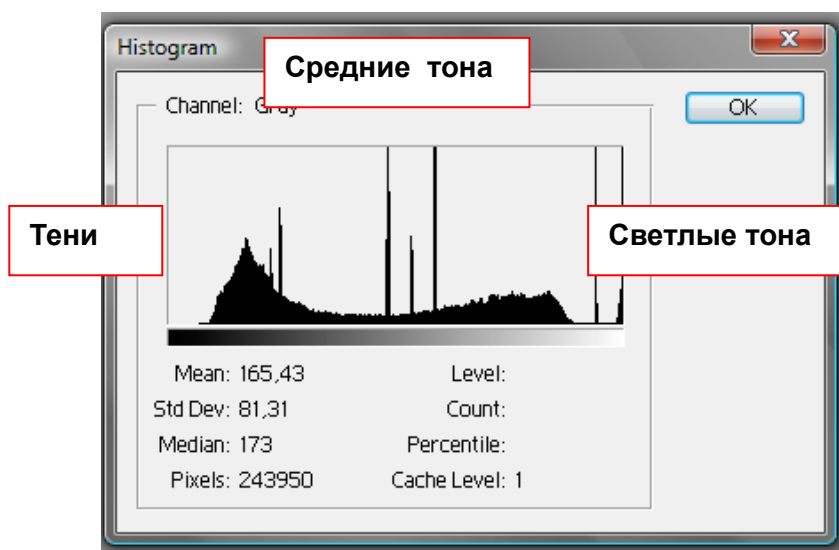


Рис. 2. Гистограмма изображения

По горизонтальной оси располагаются значения яркостей: от 0 до 255, а по вертикальной – количество пикселей каждого уровня яркости.

Тени – самая темная часть изображения с малым значением яркости.

Светлые тона (светА) – самая светлая часть с большим значением яркости.

Средние тона – находятся между тенями и светлыми тонами.

С точки зрения яркости изображения можно разделить на следующие:

- темные (Рис.3а),
- светлые (Рис.3б),
- тусклые (Рис. 3в),
- нормальные (Рис. 3г).

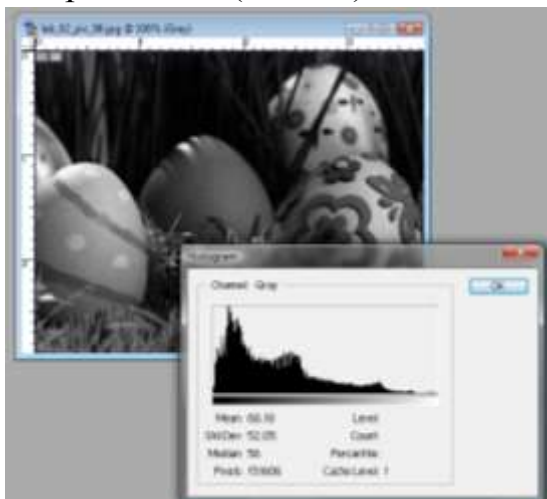


Рис. 3а.

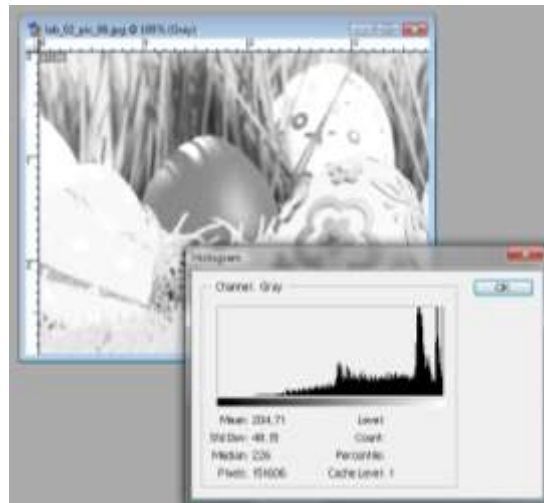


Рис. 3б.

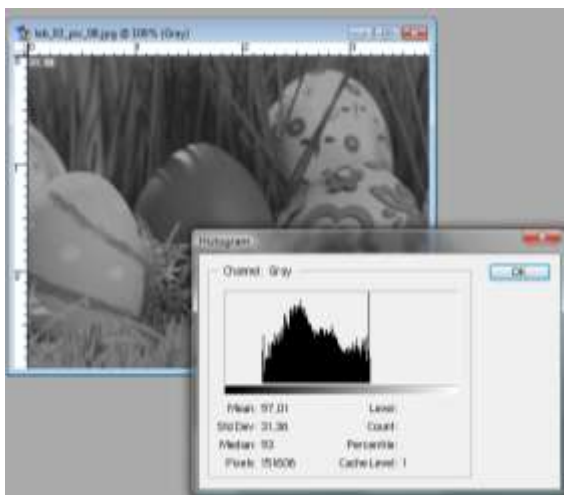


Рис. 3в.

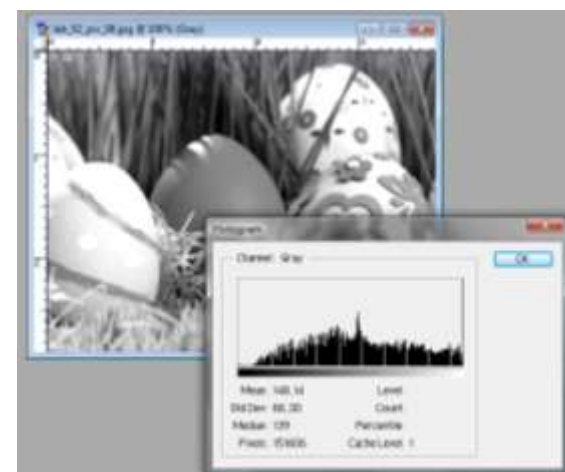


Рис. 3г.

Гистограмма **темного** изображения показывает, что большая часть пикселей имеет малое значение яркости (Рис. 3а).

На гистограмме **светлого** изображения видно преобладание пикселей с большим значением яркости (Рис. 3б).

Тусклое изображение имеет явное преобладание средних тонов и почти полное отсутствие светов и теней (Рис. 3в).

Изображение является **нормальным**, так как светлых и темных тонов в нем примерно поровну (Рис. 3г).

Для коррекции тона используются следующие команды графического редактора Adobe Photoshop:

- **Brightness/Contrast** (Яркость/Контраст)
- **Levels** (Уровни)
- **Auto Levels** (Автоматическая тоновая коррекция)
- **Curves** (Кривые)

Команда **Brightness/Contrast** (Яркость/Контраст) – самое простое, но наиболее грубое средство. Команда **Levels** (Уровни) более эффективна, однако наилучшие результаты обеспечивает команда **Curves** (Кривые). Нередко используют команду **Auto Levels** (Автоматическая тоновая коррекция), регулирующую тоновый диапазон изображения автоматически.

Команда Brightness/Contrast (Яркость/Контраст)

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Brightness/Contrast** (Яркость/Контраст) (Рис. 4) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Brightness/Contrast** (Яркость/Контраст).

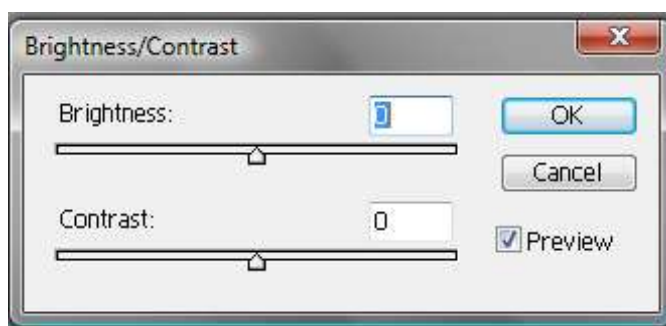


Рис. 4. Диалоговое окно команды **Brightness/Contrast** (Яркость/Контраст)

Для изменения яркости используется верхний регулятор. Перемещение его вправо осветляет изображение, а влево – затемняет. Нижняя шкала управляет контрастностью (четкостью). Команда **Brightness/Contrast** (Яркость/Контраст) регулирует **сразу весь тоновый диапазон** (тени, света и средние тона) изображения или выделенного фрагмента и поэтому обладает наименьшей гибкостью.

С помощью этой команды решаются несложные проблемы тоновой коррекции изображения, например, когда его нужно немного осветлить.

Команда Levels (Уровни)

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Levels** (Уровни) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Levels** (Уровни).

Диалоговое окно команды **Levels** (Уровни) содержит гистограмму активного изображения и ряд инструментов для настройки его тонового диапазона (Рис. 5).

В качестве примера, можно улучшить яркость тусклого изображения (Рис. 5).

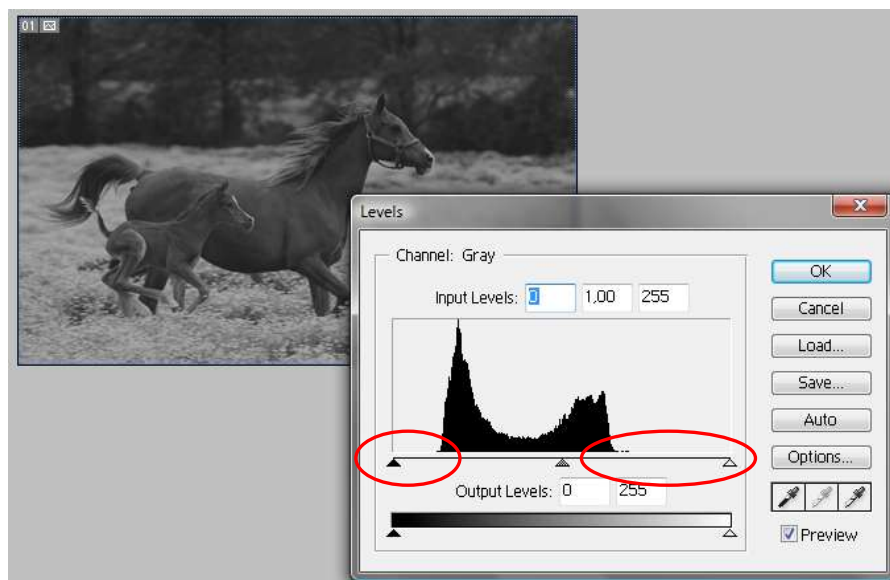


Рис. 5.

Следует обратить внимание на то, что между черным треугольником в левом конце гистограммы и самыми темными пикселями изображения находится пустое пространство (Рис. 5). В правом конце гистограммы между самыми светлыми пикселями и белым треугольником также остается пустое пространство. Тоновый диапазон этого изображения расположен приблизительно в пределах от 90 до 220. Это означает, что пиксели с яркостью от 0 до 90 и от 220 до 255 отсутствуют или их очень мало, т.е. фрагментов изображений с такими уровнями яркости нет.

Таким образом, гистограмма показывает преобладание средних тонов и отсутствие темных и светлых. Именно поэтому изображение выглядит тусклым. Тоновая коррекция тусклого изображения состоит в следующем:

- самый темный пиксель изображения определить как черную точку,
- самый светлый пиксель изображения определить как светлую точку,
- растянуть тоновый диапазон между черной и белой точками на полный диапазон яркостей (от 0 до 255). Эту операцию называют **расширением тонового диапазона**.

Черную и белую точки можно определить с помощью **треугольных регуляторов**, расположенных под гистограммой, либо инструментами **Set Black Point** (Черная точка) и **Set White Point** (Белая точка), их также называют **черной и белой пипетками** (Рис. 6).

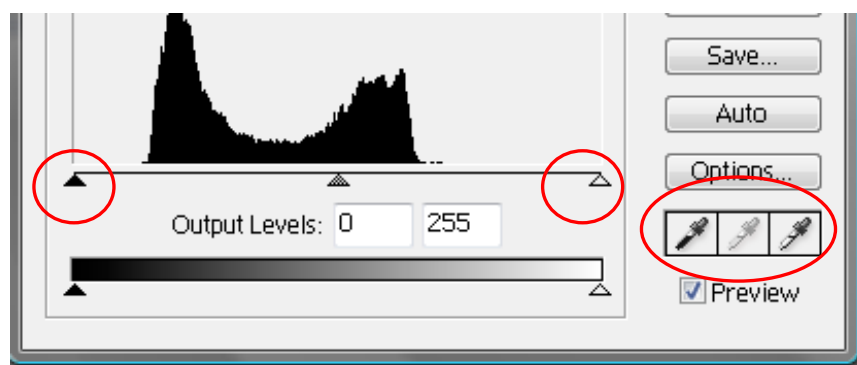


Рис. 6.

Сначала нужно воспользоваться треугольными регуляторами. Черный и белый треугольники используются для обозначения черной и белой точек. С помощью среднего треугольника производится подбор яркости для средних тонов. В данном примере нужно переместить черный регулятор вправо до точки, от которой берут начало пиксели на гистограмме. Это будет черная точка (Рис. 8). Белый регулятор необходимо передвинуть влево, где кончаются пиксели изображения. Это будет белая точка. Средний регулятор следует переместить влево, чтобы слегка осветлить изображение. В результате расширения тонового диапазона между черной и белой точками на полный диапазон яркостей (от 0 до 255), изображение станет более ярким, а его гистограмма изменится (Рис. 9).

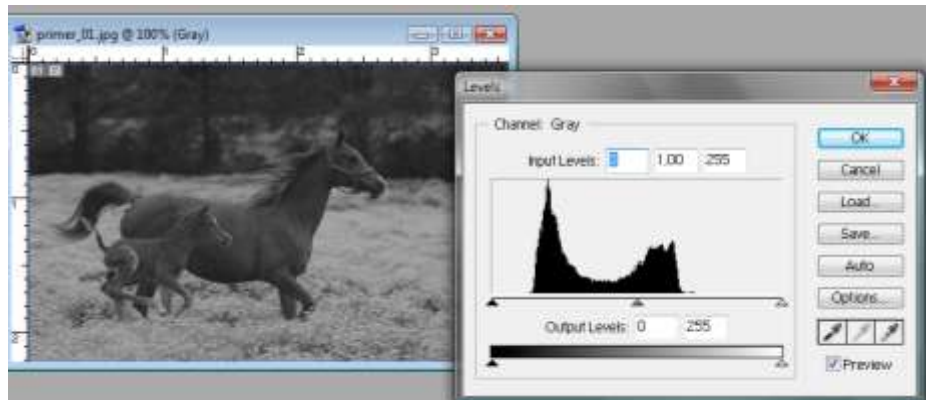


Рис. 7. Тусклое изображение и его гистограмма до тоновой коррекции

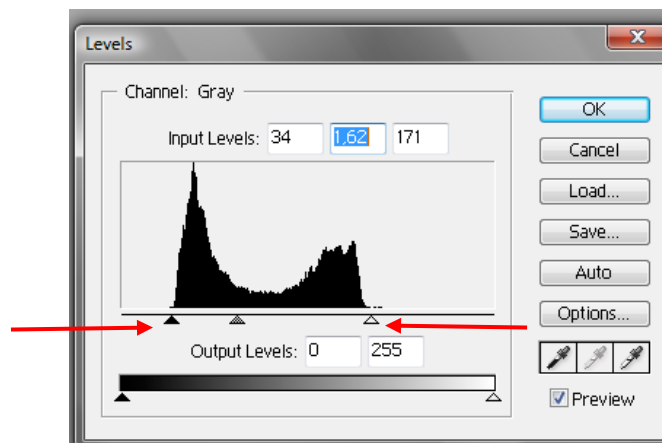


Рис. 8. Тусклое изображение и его гистограмма в процессе тоновой коррекции

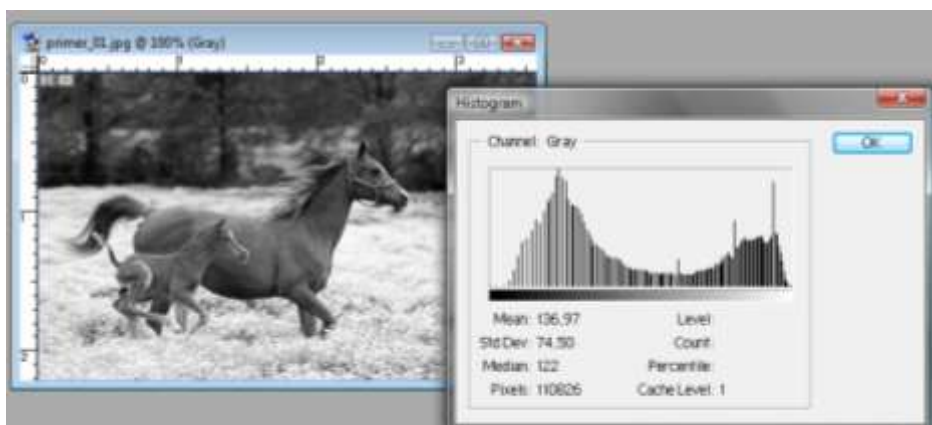


Рис. 9. Тусклое изображение и его гистограмма после тоновой коррекции

Гистограмма нового изображения заполнила всю шкалу яркостей и из сплошного стала полосатой. Дело в том, что тоновый диапазон расширился, а количество яркостей осталось тем же, как в исходном изображении, изменились только значения этих яркостей. Поэтому на новой гистограмме появились пробелы. Эти пробелы означают отсутствие пикселей для некоторых значений яркости.

Чтобы определить белую и черную точки с помощью пипеток, нужно выбрать черную пипетку и щелкнуть в самой темной области изображения, белая точка определяется в результате щелчка белой пипеткой на самом светлом пикселе изображения. Именно между этими точками и растягивается тоновый диапазон изображения на полный диапазон яркостей.

Таким образом, команда **Levels** (Уровни) дает возможность отдельно влиять на света, тени и средние тона.

Команда Auto Levels (Автоматическая тоновая коррекция)

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Auto Levels** (Автоматическая тоновая коррекция) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Auto Levels** (Автоматическая тоновая коррекция).

Команда **Auto Levels** (Автоматическая тоновая коррекция) выполняет настройку яркости автоматически. Анализируя изображение, Adobe Photoshop находит самый светлый и самый темный пиксели и определяет их как белую и черную точки, а все остальные тона распределяет между ними.

Результат получается быстро, но изображение либо улучшается, либо остается недостаточно ярким. Все зависит от характера исходного изображения.

Команда Curves (Кривые)

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Curves** (Кривые) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Curves** (Кривые).

Команда **Curves** (Кривые) - наиболее тонкое средство регулировки тонового диапазона. Настройка яркостей пикселей в диалоговом окне команды **Curves** (Кривые) выполняется с помощью графика (Рис. 10).

На графике вдоль горизонтальной оси расположены исходные значения яркостей пикселей, а по вертикальной оси – новые откорректированные значения. Пока не внесено никаких изменений, исходные значения яркостей пикселей (входные) и новые (выходные) одинаковы, поэтому кривая представляет собой прямую линию, расположенную под углом 45°. Эта линия означает отсутствие коррекции.

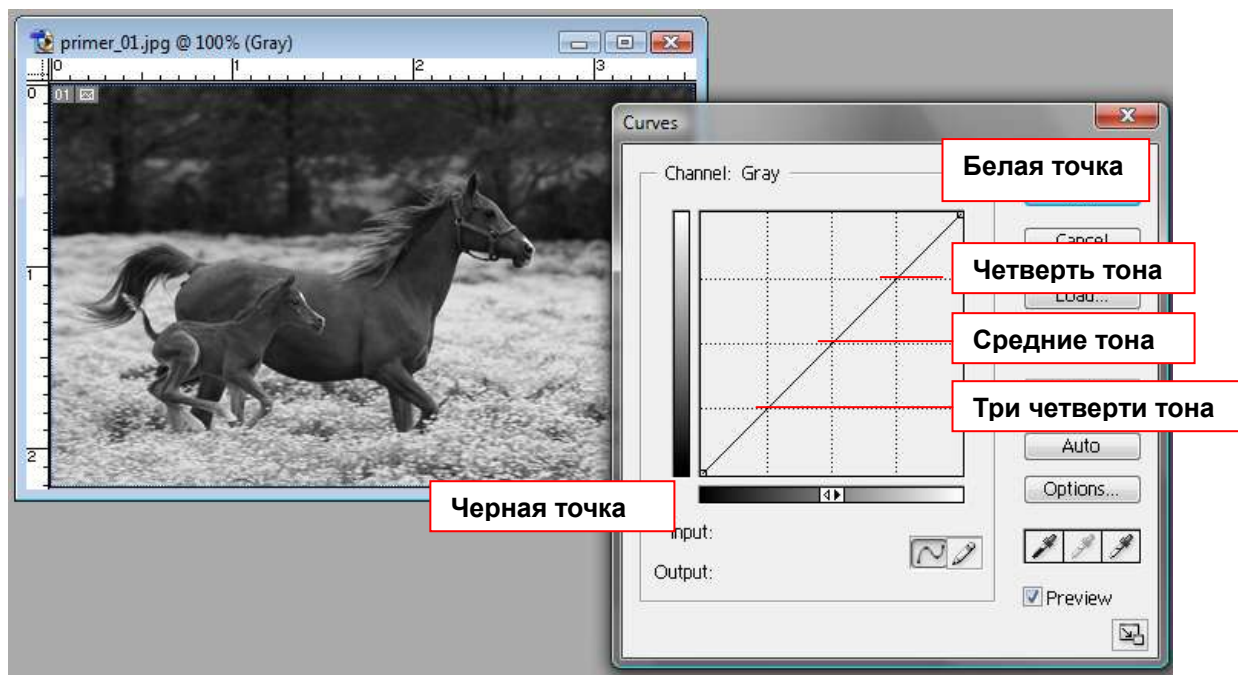


Рис. 10. График диалогового окна команды **Curves** (Кривые) для полутонового изображения (grayscale).

Для полутонового изображения: нижняя часть прямой – тени, центральная часть – средние тона, верхняя – свет. Полутоновая шкала под квадратным полем содержит значения яркостей пикселей от черного (0) до белого (255).

Воспользуемся командой **Curves** (Кривые) для тоновой коррекции полутонового изображения (Рис. 11).

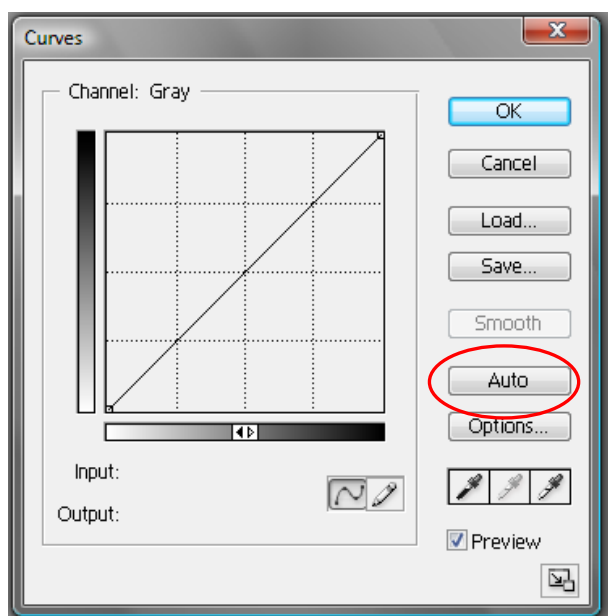


Рис. 11.

Если нажать кнопку **Auto** в диалоговом окне **Curves** (Кривые) (рис. 11), то произойдет та же процедура, которая выполнялась вручную при работе с гистограммой (рис. 8). На тоновой кривой это отобразится в виде излома (Рис. 12).

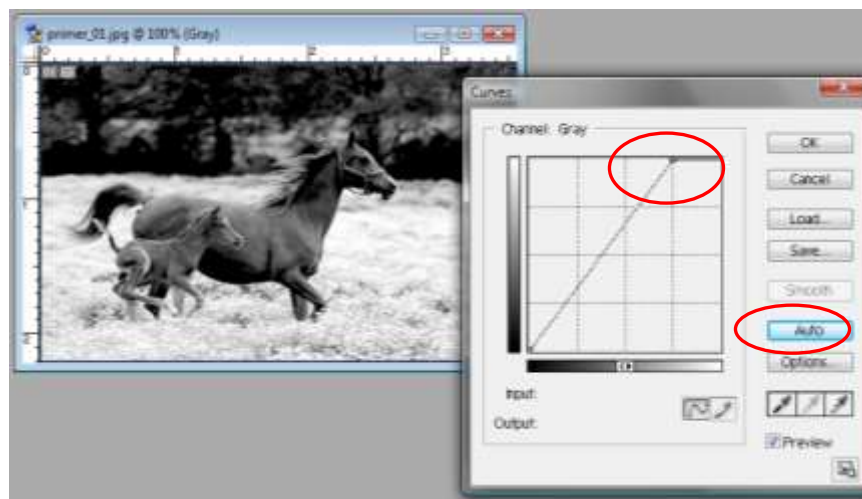


Рис. 12.

Изменение тоновой кривой эквивалентно операции растягивания тонового диапазона, которая показана на рис. 8 (перемещение треугольника вдоль красной стрелки).

Кнопки **Save** и **Load** (рис. 12) позволяют сохранить настроенную кривую в файл и затем применить ее к другим изображениям.

Менять положение тоновой кривой можно в двух режимах: произвольный режим (режим «карандаш») предполагает, что вы можете от руки провести любую кривую (рис. 13), режим «гладкая кривая» обеспечивает такое изменение кривой, при котором она остается гладкой (рис. 14).

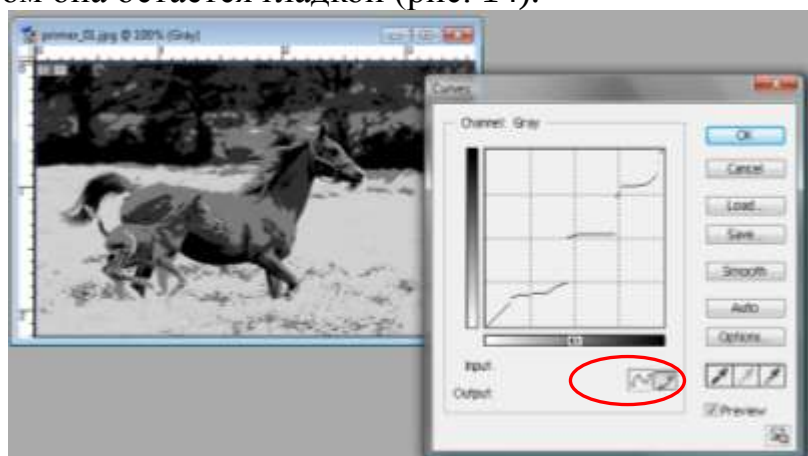


Рис. 13. Кривая, выполненная в режиме «Карандаш»

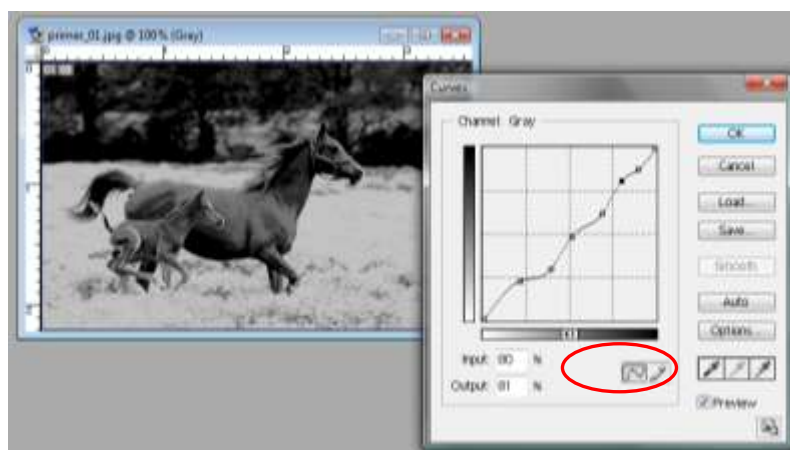


Рис. 14. Кривая, выполненная в режиме «Гладкая кривая»

Как видно из гистограммы (Рис. 15), изображение темное.

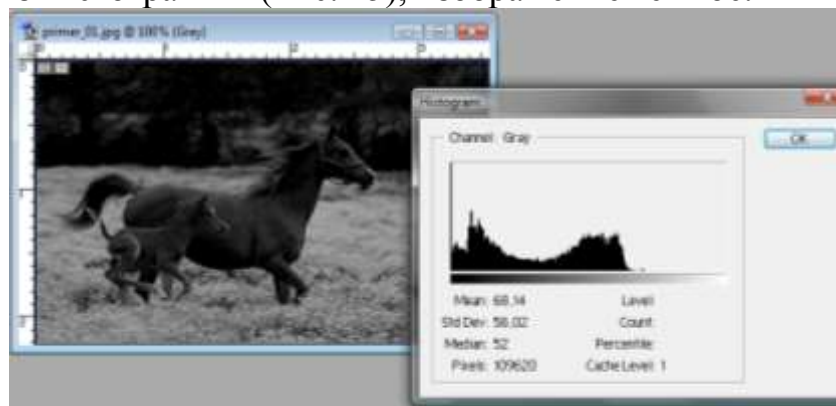


Рис. 15. Изображение до коррекции

Область светлых тонов выглядит достаточно хорошо, изменять ее не следует. Чтобы не испортить свет, его нужно изолировать с помощью контрольной точки. Установим две контрольные точки – на отметке в четверть тона и на отметке в три четверти тона (Рис. 10). Контрольная точка, установленная на отметке в четверть тона, защищает светлые области от изменений. Если протянуть контрольную точку на отметке в три четверти тона вертикально вверх, то тени и средние тона осветлятся (Рис. 16). Новый график показывает, что на участке от четверти тона до черной точки яркость пикселей стала больше по сравнению с исходной.

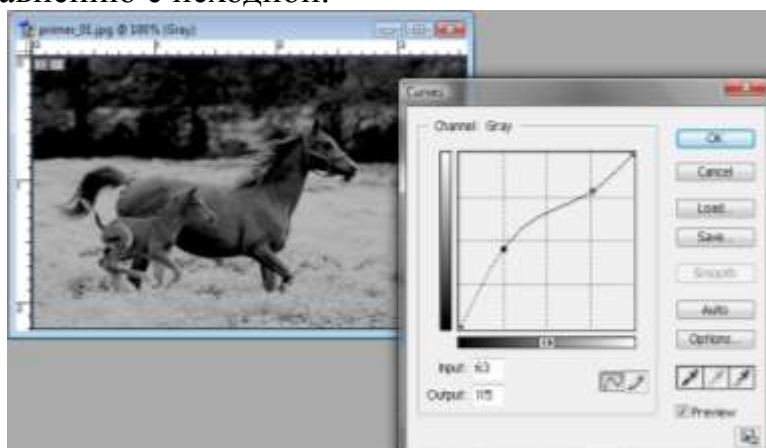


Рис. 16.

Таким образом, команда **Curves** (Кривые) позволяет делать более тонкую настройку различных уровней яркости по сравнению с командой **Levels** (Уровни).

4 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выполнить **Задание** в соответствии с вариантом.
3. Оформить отчет о проделанной работе (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
4. С помощью интернет-ресурса <http://print-do.ssau.ru> отправить отчёт преподавателю.
5. Ответить на устные вопросы преподавателя.

Задание

С помощью графического редактора Adobe Photoshop выполнить градационную (тоновую) коррекцию полутонового изображения с использованием различных команд тоновой коррекции.

№ варианта	Название файла
1	lab_02_pic_01.jpg
2	lab_02_pic_02.jpg
3	lab_02_pic_03.jpg
4	lab_02_pic_04.jpg
5	lab_02_pic_05.jpg
6	lab_02_pic_06.jpg
7	lab_02_pic_07.jpg
8	lab_02_pic_08.jpg
9	lab_02_pic_09.jpg
10	lab_02_pic_10.jpg
11	lab_02_pic_11.jpg
12	lab_02_pic_12.jpg
13	lab_02_pic_13.jpg

Методика выполнения задания

- В графическом редакторе Adobe Photoshop открыть файл, соответствующий варианту. *(исходное изображение и его параметры поместить в отчёте)*
- С помощью гистограммы открытого файла, определить, к какому типу с точки зрения яркости относится данное полутоновое изображение. *(описать наблюдения и поместить изображение гистограммы в отчёте)*
- Создать 5 копий исходного изображения **Image** (Изображение) > **Duplicate** (Создать копию). Исходное изображение оставить и сохранить в исходном виде, а каждое последующее задание выполнять и сохранять для отдельной копии (это даст возможность сравнивать полученные результаты).
- Для первой копии изображения воспользоваться командой **Auto Levels** (Автоматическая тоновая коррекция). *(полученное изображение и наблюдения отметить и описать в отчете)*
- Для второй копии изображения воспользоваться командой **Brightness / Contrast** (Яркость/Контраст). Каким образом необходимо переместить регуляторы яркости и контраста, чтобы добиться оптимального результата? *(полученное изображение и наблюдения отметить и описать в отчете)*

- Для третьей копии изображения воспользоваться командой **Levels** (Уровни). Каким образом нужно передвинуть треугольные регуляторы для улучшения яркости? *(полученное изображение, диалоговое окно команды с изменениями и наблюдения поместить и описать в отчете)*
- Воспользоваться командой **Levels** (Уровни). Определить черную и белую точки с помощью пипеток. *(полученное изображение, диалоговое окно команды с изменениями и наблюдения поместить и описать в отчете)*
- Воспользоваться командой **Curves** (Кривые). Как должен измениться график при коррекции полутонового изображения? *(полученное изображение, диалоговое окно команды с изменениями и наблюдения поместить и описать в отчете)*
- Сравнить результаты коррекции, полученные с помощью различных команд. В отчете описать, какая команда наилучшим образом изменила яркость полутонового изображения?

5 Оборудование и материалы

1. Станция обработки графической информации с программным обеспечением (Adobe Photoshop).
2. Графические оригиналы в электронном виде.

6 Вопросы

1. Что такое полутоновое изображение? Что такое штриховое изображение?
2. Какая основная задача тоновой (градиационной) коррекции?
3. Что называется тоновым диапазоном изображения?
4. При каких тоновых диапазонах изображение выглядит темным, светлым, тусклым?
5. Что такое гистограмма? Какая информация отображается на гистограмме?
6. Чем отличаются гистограммы темного и светлого изображений?
7. Почему после расширения тонового диапазона на гистограмме появляются пробелы?
8. Какие команды используются для тоновой коррекции?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № ____

Тема _____

Студента _____ гр. _____

1. Цель работы.
2. Технические средства и программное обеспечение.
3. Результаты работы.
4. Выводы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(СГАУ)

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ЦВЕТОВОЙ КОРРЕКЦИИ ПОЛУТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

(Основы теории цвета)

САМАРА
2014

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ЦВЕТОВОЙ КОРРЕКЦИИ ПОЛУТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

1 Цель работы

Изучение методов цветовой коррекции изображения с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

2 Содержание работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Ознакомиться с перцепционной цветовой моделью HSB. Изучить методы цветовой коррекции полутонового изображения с помощью графического редактора Adobe Photoshop.
3. Оценить результаты о проделанной работе.

3 Теоретическое обоснование

1. Цветовая модель HSB

Цветовая модель HSB основывается на принципах восприятия цвета человеческим глазом. Название **HSB** происходит от слов **Hue**, **Saturation**, **Brightness** (цветовой тон, насыщенность, яркость).

Если цветовые модели RGB и CMY представить в виде единой модели, то получится цветовой круг, в котором цвета располагаются в определенном порядке: красный (R), пурпурный (M), синий (B), голубой (C), зеленый (G), желтый (Y) (Рис. 1).

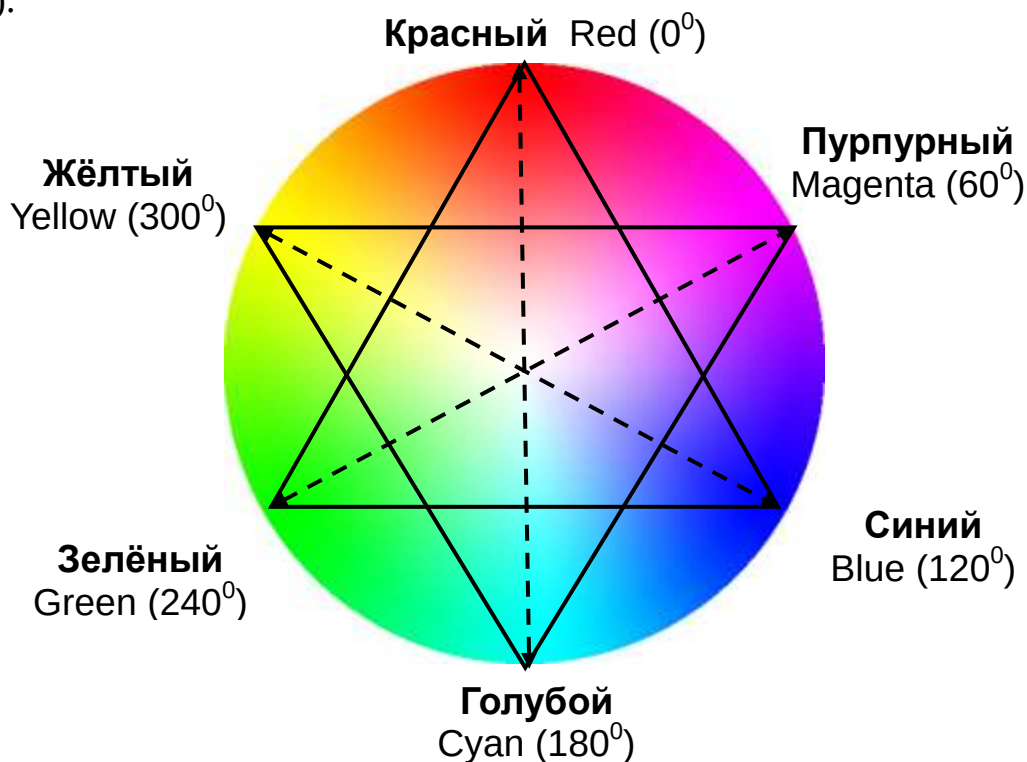


Рис. 1. Цветовой круг

На цветовом круге каждый цвет имеет противоположный (**комплементарный**) ему цвет. Перемещаясь по прямой, соединяющей точку с заданным цветом и центром круга, можно попасть в точку, с комплементарным ему цветом. Красный цвет комплементарен голубому, зеленый - пурпурному, желтый - синему. Кроме того, каждый цвет на цветовом круге определяется как сумма смежных к нему цветов:

- зеленый (Green) = голубой (Cyan) + жёлтый (Yellow)
- голубой (Cyan) = зеленый (Green) + синий (Blue)
- синий (Blue) = голубой (Cyan) + пурпурный (Magenta)
- пурпурный (Magenta) = синий (Blue) + красный (Red)
- красный (Red) = пурпурный (Magenta) + жёлтый (Yellow)
- жёлтый (Yellow) = красный (Red) + зелёный (Green)

По краю этого цветового круга располагаются так называемые спектральные цвета или **цветовые тона (Hue)**, которые определяются длиной световой волны, отраженной от непрозрачного объекта или прошедшей через прозрачный объект. **Цветовой тон характеризуется** положением на цветовом круге и определяется величиной угла в диапазоне от 0 до 360 градусов. Эти цвета обладают максимальной насыщенностью, т. е. например, синий цвет еще синее быть уже не может.

Следующим параметром является **насыщенность цвета (Saturation)** — это параметр цвета, определяющий его чистоту. Уменьшение насыщенности цвета означает его разбеливание. Цвет с уменьшением насыщенности становится пастельным, блеклым, размытым. На модели все одинаково насыщенные цвета располагаются на концентрических окружностях, т. е. можно говорить об одинаковой насыщенности, например, зеленого и пурпурного цветов, и чем ближе к центру круга, тем все более разбеленные цвета получаются. В самом центре любой цвет максимально разбеливается и становится белым цветом. Работу с параметром насыщенности можно характеризовать как добавление в спектральный цвет определенного процента белой краски. Насыщенность измеряется в процентах: минимальная насыщенность равна 0%, максимальная — 100%.

Еще одним параметром является **яркость (Brightness)** — это параметр цвета, определяющий освещенность или затененность цвета. Уменьшение яркости цвета означает его зачернение. Работу с параметром яркости можно характеризовать как добавление в спектральный цвет определенного процента черной краски. Яркость в большинстве графических программ измеряют в процентах, в диапазоне от 0% (минимальная) до 100% (максимальная).

В общем случае, любой цвет получается из спектрального цвета добавлением определенного процента белой и черной красок, т. е. фактически серой краски.

Модель HSB хорошо согласуется с восприятием человека: цветовой тон является эквивалентом длины волны света, насыщенность — интенсивности волны, а яркость — количеством света (рис. 2).

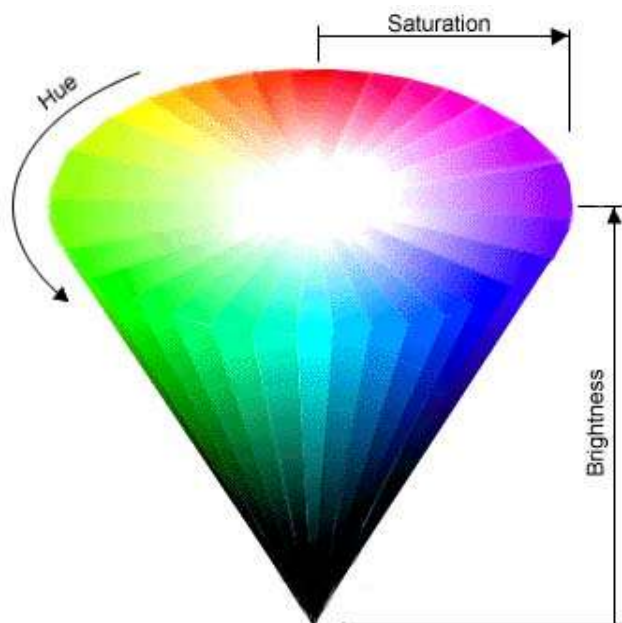


Рис. 2. 3D модель HSB

Недостатком этой модели является необходимость преобразовывать ее в модель RGB для отображения на экране монитора или в модель CMYK для получения полиграфического оттиска.

Очень доступное описание модели HSB дают интерфейсные средства редактора Photoshop. На рис. 3 показано диалоговое окно Color Picker, которое является стандартным средством синтеза цвета в редакторе. Вертикальная полоса, расположенная в середине окна, представляет чистые варианты цвета - хроматические оттенки. Левое квадратное поле показывает все варианты выбранного цвета. Горизонтальной осью в нем является **Saturation** (Насыщенность), а вертикальной - **Brightness** (Яркость).

Если проследить за изменениями этих координат, то можно дать четкое объяснение распределению цветов в этом поле. Нижняя часть его отвечает цветам низкой (или нулевой) яркости, поэтому соответствующая часть поля окрашена в серые тона высокой плотности. Смещение по вертикали дает все более яркие цвета, а сдвиг по горизонтали приводит к получению более чистых (насыщенных) тонов. Правая верхняя точка соответствует цвету, который является родовым для всего цветового поля.

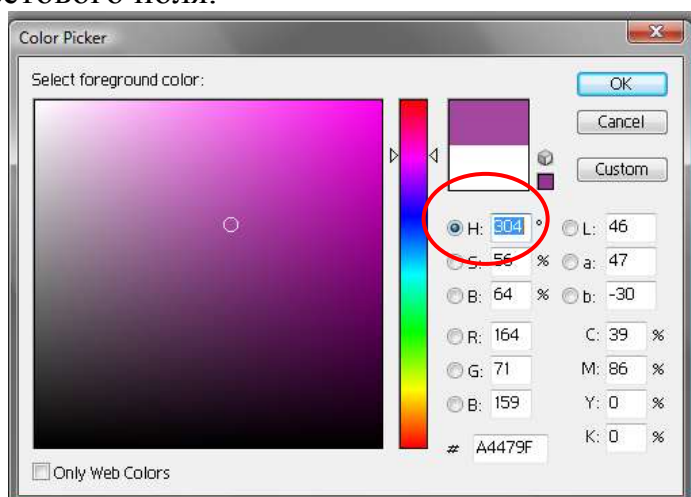


Рис. 3. Модель HSB в диалоговом окне **Color Picker** редактора Photoshop

2. Цветовая коррекция изображения

В современных настольных издательских системах для получения качественных изображений используется цветовая коррекция изображения.

Цветовая коррекция — изменение цветовых параметров пикселей (яркости, контрастности, цветового тона, насыщенности) с целью достижения оптимальных результатов.

Главным принципом цветовой коррекции является настройка баланса цветов, в основе которого лежит цветовой круг, показывающий взаимосвязь базовых цветов двух моделей — RGB и CMY (Рис. 1).

Для цветовой коррекции используют следующие три правила, вытекающие из схемы цветового круга:

1. Уменьшение содержания одного цвета увеличивает содержание противоположного (комплементарного) и наоборот. Например, увеличение содержания зеленого цвета в изображении приводит к уменьшению пурпурного цвета и наоборот, или увеличение красного цвета приводит к уменьшению голубого цвета и наоборот, и так далее.
2. Содержание определенного цвета можно изменить за счет влияния на соседние цвета и наоборот. Например, для увеличения красного цвета можно повысить содержание желтого и пурпурного и наоборот.
3. Чтобы увеличить содержание определенного цвета, необходимо уменьшить содержание цветов, соседних с противоположным, и наоборот. Например, для увеличения красного цвета следует уменьшить содержание зеленого и синего.

Таким образом, изменение одного цвета влечет за собой изменение других цветов изображения. Регулировка соотношения цветов в изображении (цветового баланса) позволяет усилить или ослабить один цвет за счет других цветов. Поэтому главным принципом цветовой коррекции является настройка баланса цветов.

Графический редактор Adobe Photoshop содержит несколько команд, позволяющих влиять на сложный цветовой баланс изображений. Рассмотрим некоторые из них:

- **Color Balance** (Цветовой баланс)
- **Hue / Saturation** (Цветовой оттенок / Насыщенность)
- **Variations** (Варианты).

Команда **Color Balance** (Цветовой баланс)

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Color Balance** (Цветовой баланс) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Color Balance** (Цветовой баланс) (Рис. 4).

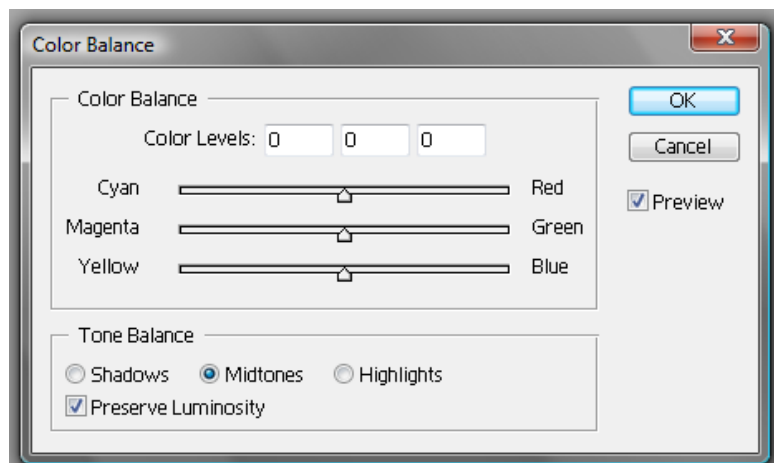


Рис. 4. Диалоговое окно команды **Color Balance** (Цветовой баланс)

Для изменения содержания различных цветов в изображении используют три движка. Отрезки, по которым перемещаются движки, соответствуют линиям, соединяющим базовые цвета на цветовом круге (Рис. 1). Значения изменений цветового баланса могут быть установлены в диапазоне от 0 до 100 в направлении красного, зеленого и синего, и от 0 до -100 в направлении голубого, пурпурного и желтого.

Чтобы уменьшить голубой цвет (Cyan), следует переместить верхний движок вправо (Рис. 5), усилив красный цвет (Red). Для увеличения содержания жёлтого цвета (Yellow) нижний движок нужно сдвинуть влево. Уменьшение зелёного цвета (Green) может быть достигнуто перемещением среднего движка влево, что приведет к увеличению содержания пурпурного цвета (Magenta).

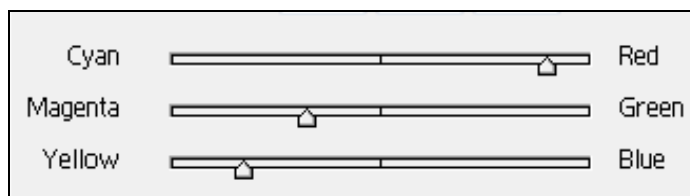


Рис. 5. Перемещение движков для изменения цветового баланса

Если увеличить содержание какого-нибудь цвета, например красного, изменяется и его яркость. Флажок **Preserve Luminosity** (Сохранить яркость тонов) в окне **Color Balance** (Цветовой баланс) заставляет Photoshop сохранять исходные яркости при регулировке цветового баланса. Обычно этот флажок оставляют включенным.

Если редактируется всё изображение, а не выделенный фрагмент, то следует начинать цветовую коррекцию с области средних тонов, так как на них приходится большая часть изображения. Тональный интервал для регулировки цветового баланса устанавливается с помощью переключателя, расположенного непосредственно под движками. Этот переключатель имеет три фиксированных положения: **Shadows** (Тени), **Midtones** (Средние тона), **Highlights** (Света).

Команда **Color Balance** (Цветовой баланс) часто используется для уменьшения избыточного цветового оттенка. Это особенно эффективно при редактировании изображений, содержащих нежелательный цветовой фон. К примеру, используя эту команду, легко удалить избыточный желтый цвет на старой пожелтевшей фотографии.

Команда **Hue / Saturation** (Цветовой оттенок / Насыщенность)

Команда **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок / Насыщенность) представляет хорошие возможности для изменения цветовых оттенков изображения. В этой команде используется цветовая модель **HSB** (Рис. 1). Управление цветом выполняется через настройку компонент этой модели – цветового оттенка, насыщенности и яркости.

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок / Насыщенность) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок / Насыщенность) (Рис. 6).

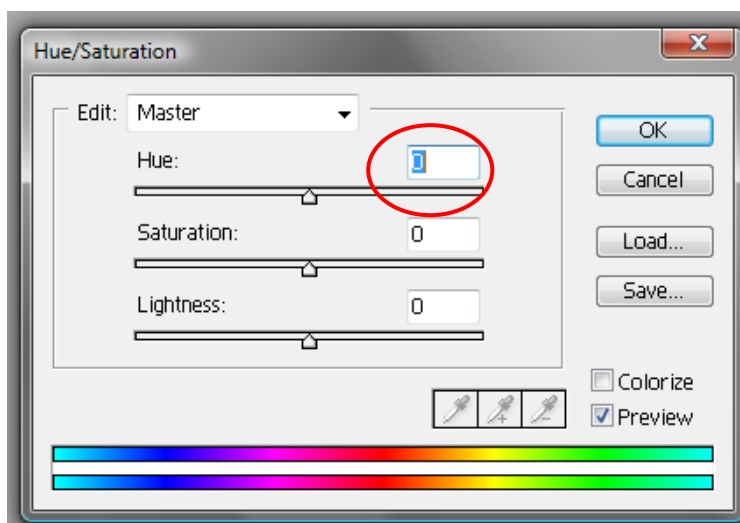


Рис. 6. Диалоговое окно команды **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок / Насыщенность)

Движок **Hue** (цветовой оттенок) позволяет одновременно переместить все цветовые оттенки изображения по цветовому кругу (Рис. 1). Перемещение этого движка осуществляется в диапазоне от 180^0 до -180^0 . Положительное значение угла приводит к повороту против часовой стрелки, а отрицательное – по часовой стрелки. Для того, чтобы ориентироваться в изменении цветов, желательно иметь цветовой круг перед глазами. Например, при повороте на 60^0 против часовой стрелки красный цвет заменится на желтый, желтый – на зеленый, зеленый – на голубой и т.д. Угол поворота по цветовому кругу указывается в поле ввода рядом с движком (Рис. 6).

В нижней части окна находятся две радужные полосы, на которых цвета располагаются в том порядке, в котором они следуют на цветовом круге. На верхней полосе представлены цвета изображения до коррекции, а на нижней – после коррекции. Одновременно с перемещением регулятора **Hue** (цветовой оттенок) происходит сдвиг нижней полосы. Сравнение двух полос позволяет выяснить, как изменился каждый цвет.

На рис. 7 в результате коррекции красный цвет поменялся на желтый, желтый на зеленый, зеленый на голубой и т.д.

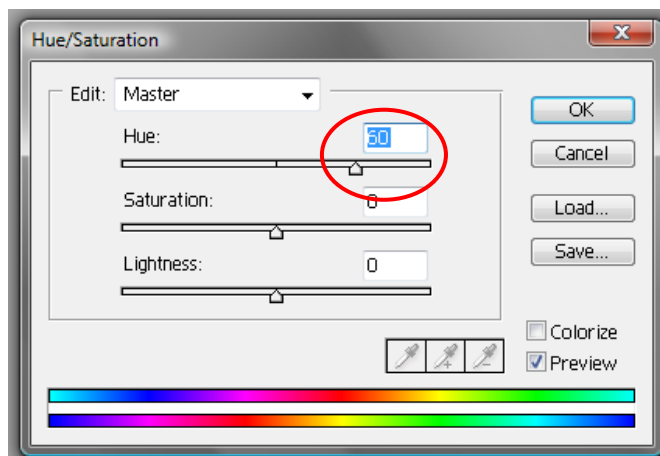


Рис.7. Изменение цветовых оттенков с помощью движка **Hue** (цветовой оттенок)

Движок **Saturation** (Насыщенность) изменяет насыщенность красок от очень ярких (в крайнем правом положении) до серых (в крайнем левом положении).

Кроме изменения цветовых оттенков и насыщенности команда **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок/Насыщенность) позволяет выполнять тоновую коррекцию. Перемещение движка **Lightness** (Яркость или освещение) влияет на яркость всех пикселей изображения. При этом нет возможности отдельно изменить яркость в области теней, светов и средних тонов.

Команда **Variations** (Варианты)

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Variations** (Варианты) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки) > **Variations** (Варианты) (Рис. 8).

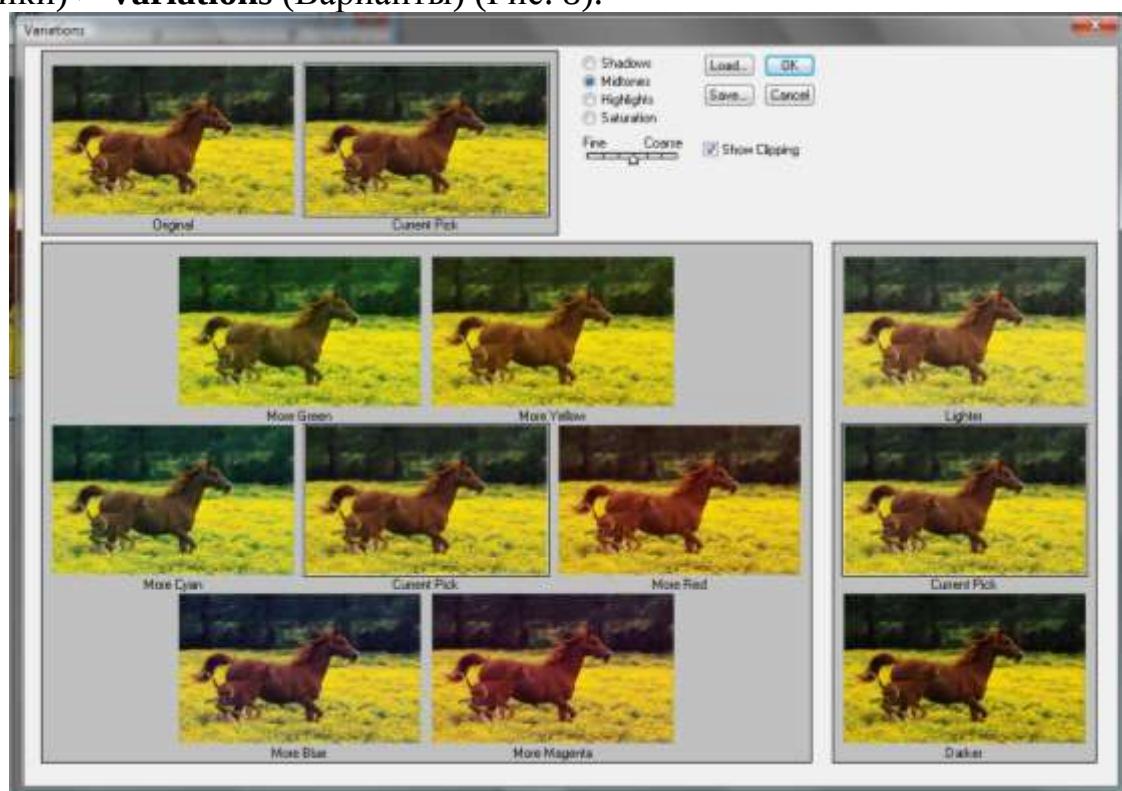


Рис.8. Диалоговое окно команды **Variations** (Варианты)

Команда **Variations** (Варианты) дает возможность легко менять цветовые оттенки и освещенность различных тоновых диапазонов изображения (теней, светов и средних тонов). Диалоговое окно **Variations** (Варианты) предоставляет удобные средства для цветовой коррекции по методу последовательных приближений (Рис. 8).

В качестве примера можно рассмотреть миниатюры, расположенные в левом нижнем углу диалогового окна. Центральная миниатюра **Current Pick** (Текущее состояние) демонстрирует текущее состояние изображения, а остальные показывают, как она будет выглядеть после увеличения содержания соответственно зеленого, желтого, голубого, красного, синего и пурпурного цветов. Например, если щелкнуть на миниатюре **More Red** (больше красного), в изображение добавится красный оттенок. Чтобы уменьшить какой-нибудь цвет, нужно усилить его комплементарный (противоположный) цвет (по правилам цветового круга). Поэтому для уменьшения пурпурного цвета, следует щелкнуть на миниатюре **More Green** (больше зеленого). При этом величина изменений определяется положением регулятора **Fine – Coarse** (Точно - грубо). Если регулятор расположен рядом с позицией **Coarse** (грубо), то увеличение содержания какого-либо цвета проявится сильно. И наоборот, если регулятор находится около позиции **Fine** (Точно), то изменение цветовых оттенков изображения будет мало заметно.

В правом верхнем углу окна находятся переключатели **Shadows** (Тени), **Midtones** (Средние тона), **Highlights** (Света), указывающие в каком тоновом интервале будет производиться коррекция.

Если установлен флажок **Show Clipping** (Цвета вне CMYK), Photoshop высвечивает ярким неоновым цветом те фрагменты изображения, которые выходят за пределы цветового диапазона CMYK (цветовые оттенки не будут точно воспроизводиться при печати).

В правом нижнем углу расположены три миниатюры, которые отвечают за яркость. Они показывают, как выглядит текущее изображение (средняя миниатюра) и как оно изменится при уменьшении или при увеличении яркости (нижняя и верхняя миниатюра соответственно). Таким образом, эта часть диалогового окна **Variations** (Варианты) отвечает за тоновую коррекцию.

4 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выполнить **Задание 1** и **Задание 2**.
3. Оформить отчет о проделанной работе (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
4. С помощью интернет-ресурса <http://print-do.ssau.ru> отправить отчет преподавателю.
5. Ответить на устные вопросы преподавателя.

Задание 1

В графическом редакторе Adobe Photoshop выполнить цветовую коррекцию полутонового изображения с помощью команды **Color Balance** (Цветовой баланс) в соответствии с вариантом (Таблица 1).

Таблица 1

№ варианта	Название файла
1	lab_04_pic_01.jpg
2	lab_04_pic_02.jpg
3	lab_04_pic_03.jpg
4	lab_04_pic_04.jpg
5	lab_04_pic_05.jpg
6	lab_04_pic_06.jpg
7	lab_04_pic_07.jpg
8	lab_04_pic_08.jpg
9	lab_04_pic_09.jpg
10	lab_04_pic_10.jpg
11	lab_04_pic_11.jpg
12	lab_04_pic_12.jpg
13	lab_04_pic_13.jpg

Методика выполнения задания 1

- В графическом редакторе Adobe Photoshop открыть файл, соответствующий варианту (Таблица 1). *Исходное изображение и его параметры (название файла, цветовая модель, размер в мм, разрешение) поместить в отчёте.*
- Создать 1 копию исходного изображения **Image** (Изображение) > **Duplicate** (Создать копию). Каждое последующее задание выполнять и сохранять в отдельных копиях для получения возможности сравнения полученных результатов.
- Перевести созданную копию исходного изображения в полутоновое. Для этого сначала изображение перевести в модель Grayscale, затем в модель RGB. *Полученное изображение сохранить и поместить в отчет.*
- На основе полученного полутонового изображения создать 4 копии. Перемещая в диалоговом окне **Color Balance** (Цветовой баланс) движки, произвольно изменить цвет полутонового изображения для каждой копии. В переключателе тонового интервала выбрать положение **Midtones** (Средние тона). *Полученные данные занести в таблицу и поместить в отчет.*

№ копии	Крас- ный Red	Пурпур- ный Magenta	Синий Blue	Голу- бой Cyan	Зеле- ный Green	Жел- тый Yellow	Полученное изображение (уменьшенное)
1							
2							
3							
4							

Задание 2

В графическом редакторе Adobe Photoshop выполнить цветовую коррекцию изображения с помощью команд **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок/Насыщенность) и **Variations** (Варианты) в соответствии с вариантом (Таблица 2). Полученные изображения, вместе с заданными для цветовой коррекции параметрами поместить в отчете.

Методика выполнения задания 2

- В графическом редакторе Adobe Photoshop открыть файл lab_04_pic.jpg. Исходное изображение поместить в отчёте.
- Создать 2 копии исходного изображения **Image** (Изображение) > **Duplicate** (Создать копию).
- Для первой копии изображения – в главном меню выбрать команду **Select** (Выделение) > **Color Range** (Выбор цвета). В открывшемся диалоговом окне выбрать инструмент пипетку, и переместив ее на изображение, выбрать красно-розовый цвет в изображении цветка. Движок переместить в крайнее правое положение (Рис. 9).
- К выделенному фрагменту изображения применить команду **Hue/Saturation** (Цветовой оттенок/ Насыщенность). Задаваемые значения координат **HSB** должны соответствовать варианту (Таблица 2).
- Сохранить полученное изображение и поместить в отчет вместе с заданными для коррекции цвета координатами **HSB**.

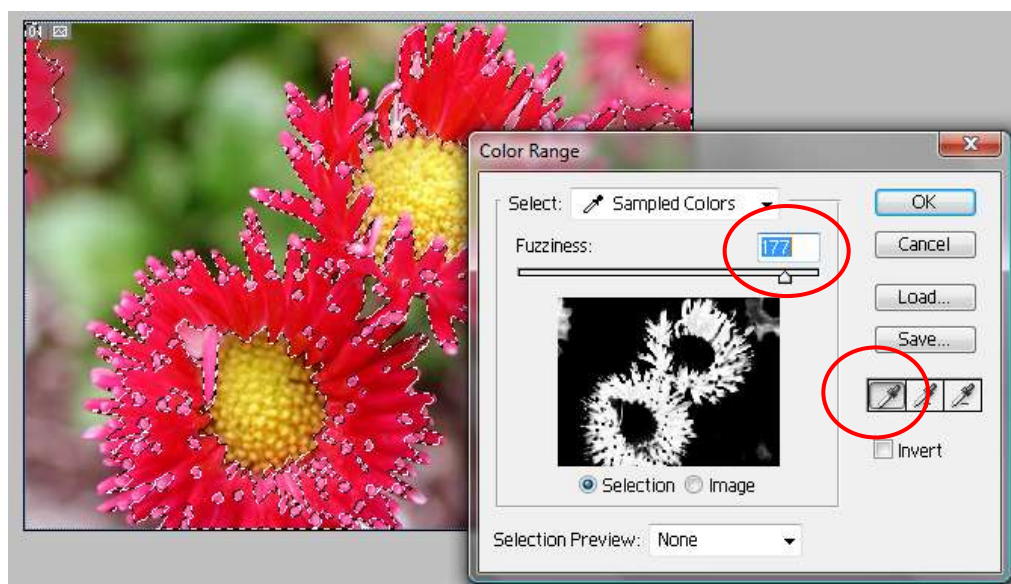


Рис.9.Диалоговое окно **Color Range** (Выбор цвета)

- Для второй копии изображения – также выделить фрагмент изображения – цветок. К выделенному фрагменту изображения применить команду **Variations** (Варианты). Изменения цвета выделенного фрагмента должны соответствовать заданию в таблице 2.

- Сохранить полученное изображение и поместить в отчет вместе с заданными для коррекции цвета параметрами.

Таблица 2

№	Действие над изображением с помощью команд:	
	Hue/Saturation (Цветовой оттенок/ Насыщенность)	Variations (Варианты)
	Задаваемые значения координат HSB:	Изменить исходный цвет выделенного фрагмента изображения:
1	-35, +19, +17	добавить больше красного, поместить регулятор (Точно - грубо) на 2 деления вправо
2	-29, +29, -14	добавить больше синего, поместить регулятор (Точно - грубо) на 2 деления влево
3	-92, -27, +18	добавить больше голубого, использовать кнопку Shadows (Тени)
4	-26, +70, +19	добавить больше желтого, использовать кнопку Hightlights (Света)
5	+52, +47, -15	добавив больше зеленого, поместить регулятор (Точно - грубо) на 1 деление вправо
6	-114, -16, +27	добавить больше пурпурного, поместить регулятор (Точно - грубо) на 1 деление влево
7	+31, +51, +27	добавить больше красного, поместить регулятор (Точно - грубо) по центру
8	-180, -100, +100	добавить больше синего, поместить регулятор (Точно - грубо) на 2 деления влево
9	+16, -39, -31	добавить больше желтого, использовать кнопку Shadows (Тени)
10	-5, -64, -31	добавив больше зеленого, поместить регулятор (Точно - грубо) по центру
11	-14, -64, +41	добавить больше голубого, использовать кнопку Hightlights (Света)
12	+30, -12, +41	добавить больше пурпурного, поместить регулятор (Точно - грубо) на 1 деление влево
13	-114, -16, +27	добавить больше голубого, использовать кнопку Shadows (Тени)

5 Оборудование и материалы

1. Станция обработки графической информации с программным обеспечением (Adobe Photoshop).
2. Графические оригиналы в электронном виде.

6 Вопросы

1. На чем основывается цветовая модель HSB?
2. Какие атрибуты используются для характеристики цветовой модели HSB?
3. Какие цвета называются комплементарными?
4. В чем заключается главный принцип цветовой коррекции?
5. Какие правила используются для цветовой коррекции?
6. Какие команды в Adobe Photoshop используются для коррекции цвета?
7. Какие команды в Adobe Photoshop позволяют выполнять как цветовую, так и тоновую коррекцию?
8. Как изменятся цветовые оттенки при повороте по цветовому кругу на 120° против часовой стрелки?
9. Как изменятся цветовые оттенки при повороте по цветовому кругу на 60° по часовой стрелке?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № ____

Тема _____

Студента _____ гр. _____

1. Цель работы.
2. Технические средства и программное обеспечение.
3. Результаты работы.
4. Выводы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(СГАУ)

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОРРЕКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ,
ИСПОЛЬЗУЯ РАЗЛИЧНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ПРОСТРАНСТВА**
Часть I

(Основы теории цвета)

САМАРА
Издательство СГАУ
2014

Лабораторная работа №5

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОРРЕКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЯ РАЗЛИЧНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ПРОСТРАНСТВА

1 Цель работы

Изучение возможностей коррекции изображения, используя различные цветовые пространства с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

2 Содержание работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Ознакомиться с цветовой моделью Lab. Изучить возможности коррекции изображения, используя различные цветовые пространства с помощью графического редактора Adobe Photoshop.
3. Оценить результаты о проделанной работе.

3 Теоретическое обоснование

1. Цветовое пространство Lab

Модель Lab - модель цвета, основанная на человеческом восприятии цвета.

Эта модель основана на трех параметрах:

- **L** — яркость (Lightness).
- **a** и **b** — два хроматических компонента. Параметр **a** изменяется от темно-зеленого через серый до пурпурного цвета. Параметр **b** содержит цвета от синего через серый до желтого (рис. 1).

Компоненты **a** и **b** меняются от -128 до 127, а параметр **L** от 0 до 100. При значении яркости 100 получается белый цвет, при 0 — черный.

В цветовой модели **Lab** легко выполнять многие распространенные операции. В их числе повышение резкости, тоновая коррекция (повышение контраста, исправление погрешности тоновых диапазонов) и удаление цветного шума (размытие раstra и удаление регулярной структуры изображений в формате JPG). Поскольку модель Lab имеет огромный цветовой охват, перевод в нее не связан с потерями. Возможно в любой момент перевести изображения из RGB в Lab и обратно, и при этом цвета изображения не поменяются.

Достоинством данной модели является то, что в ней информация о цвете и яркости разделены и являются независимыми. Это дает возможность изменять тоновые градационные характеристики изображения, не затрагивая цветовые. Использование фильтров в канале Lightness не искажает цветовую информацию.

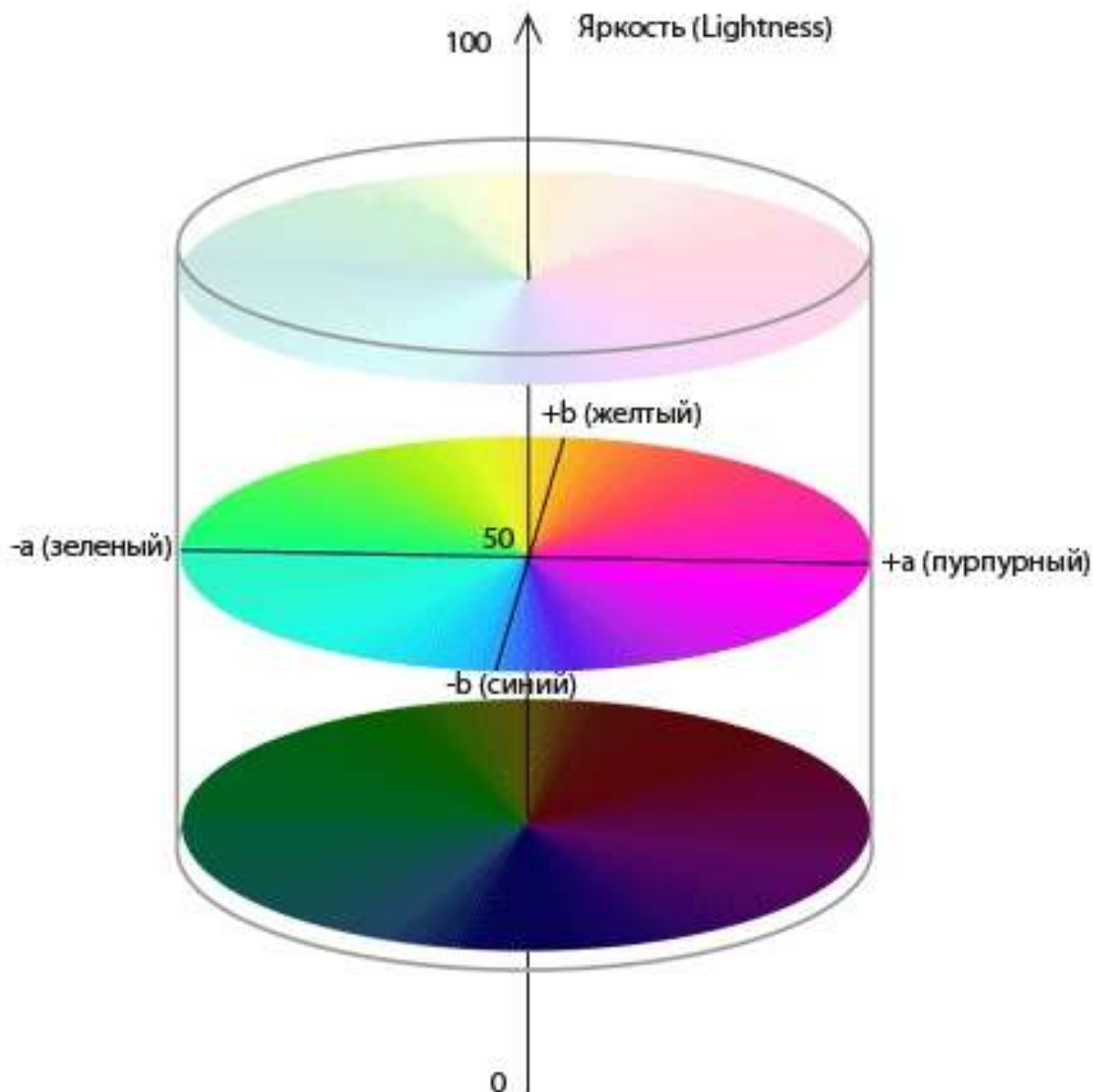


Рис. 1. Цветовая модель Lab

Графический редактор Adobe Photoshop предоставляет довольно много инструментов для цветовой и тоновой коррекции, выбор которых зависит от конкретной ситуации. Лучше проводить коррекцию несколькими инструментами, чтобы потом выбрать наилучший результат.

2. Тоновая коррекция изображений в режиме Lab

Перед тем как перейти к коррекции, следует преобразовать изображение в цветовую модель **Lab**, выполнив команду **Изображение (Image) -> Режим (Mode) -> Lab**. На рис. 2 приведено изображение и его гистограмма, которая показывает, что необходимо повысить контрастность изображения.

Для повышения контрастности применяется большинство инструментов тоновой коррекции. На рис. 3 приведен пример использования диалогового окна **Уровни (Levels)**, коррекция проведена только в канале **Яркость (Lightness)**. Как видно, теперь требуется повысить насыщенность изображения.

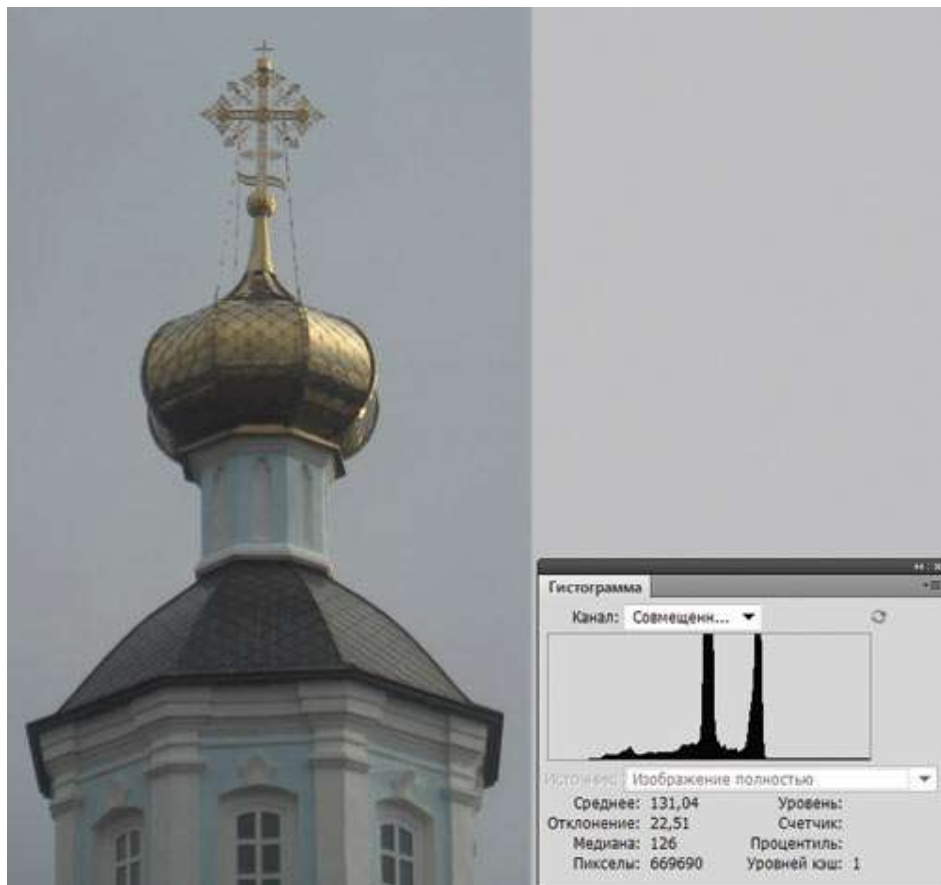


Рис. 2. Тусклое изображение купола и его гистограмма в модели **Lab**

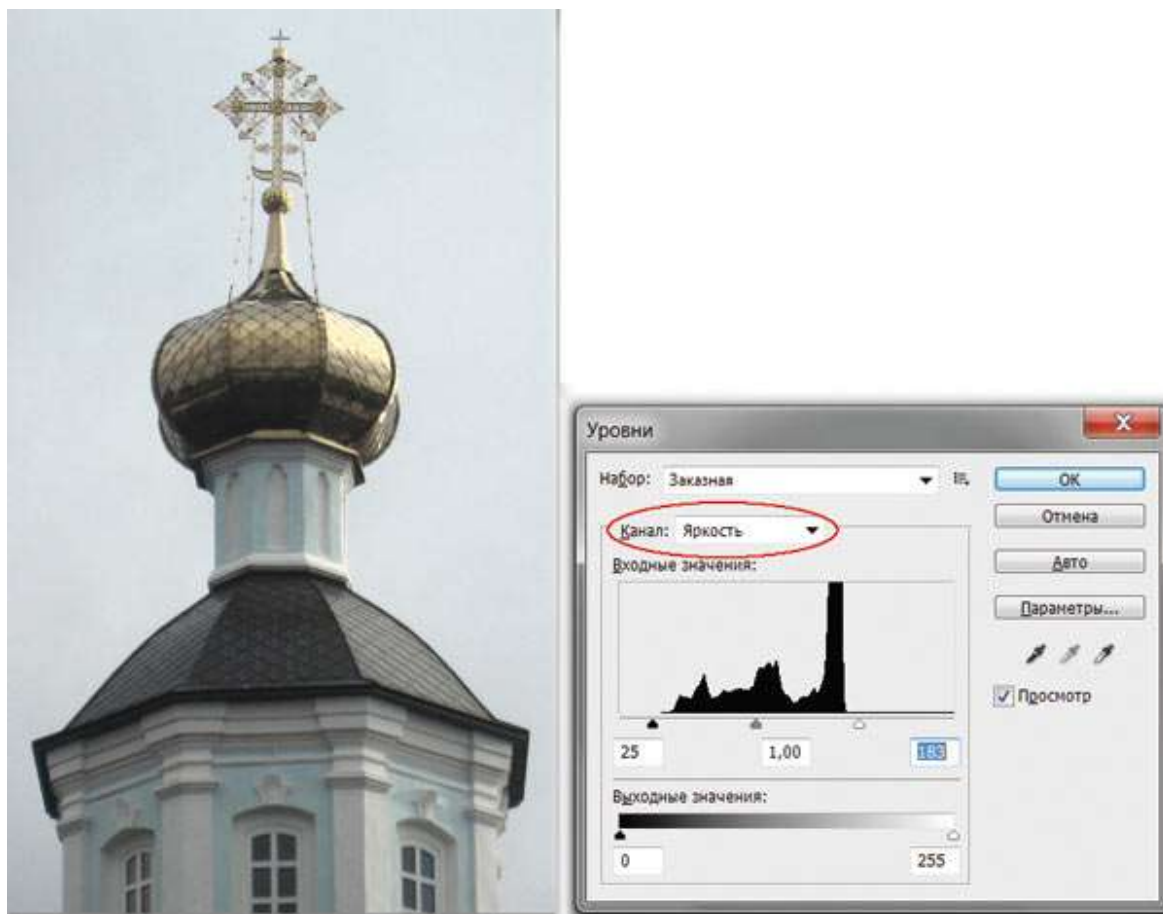


Рис. 3. Результат повышения контрастности изображения с помощью **уровней** в канале **Яркость** модели **Lab**

Повышение насыщенности изображения в режиме Lab

Для повышения насыщенности изображения в диалоговом окне **Кривые** (Curves) необходимо изменить угол наклона прямой в каналах **a** и **b**. На рис. 4 для повышения насыщенности фотографии купола в обоих цветовых каналах угол прямой увеличен на одну величину.

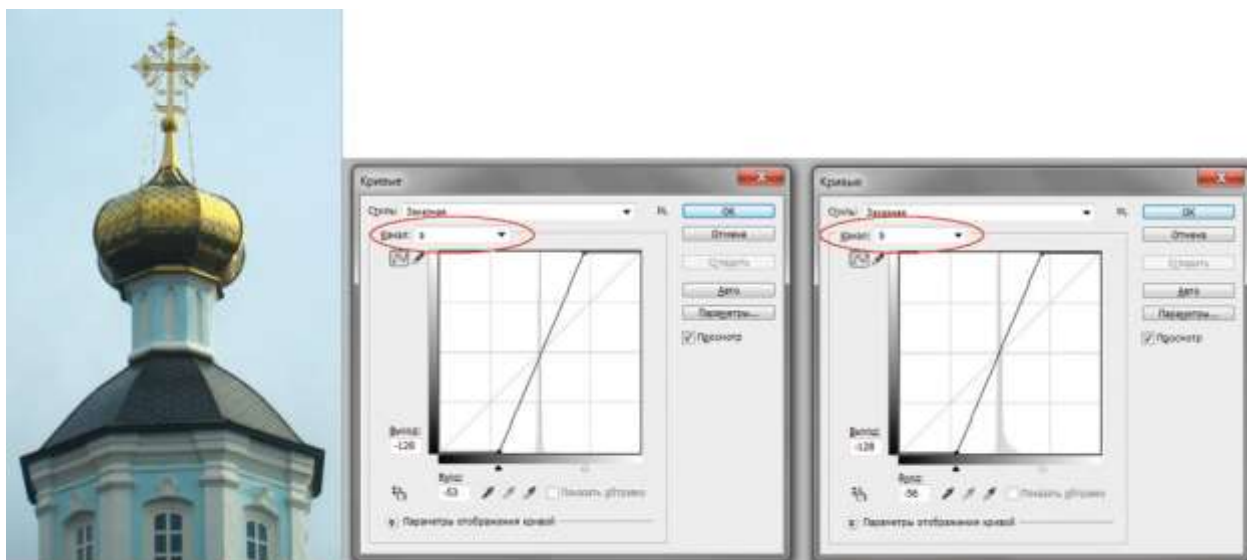


Рис. 4. Результат повышения насыщенности путем увеличения угла наклона прямой в обоих цветовых каналах модели **Lab**

В некоторых случаях цветовую модель Lab удобно использовать для перекраски изображения.

3. Использование режима Lab для изменения цвета изображения

Цветовую модель Lab можно использовать для быстрой перекраски фрагментов изображения путем использования команды **Кривые** (Curves) и дальнейшей коррекции цвета в каждом хроматическом канале (**a** и **b**).

Рассмотрим несколько примеров. На рис. 5 представлено исходное изображение кувшина с крышкой и ручкой красного цвета.



Рис. 5. Исходное изображение

Для примера, нужно перекрасить красную крышку чайника в разные цвета. Программа Adobe Photoshop располагает широким спектром различных операций и может сделать это с легкостью, не повредив весь снимок. Нужно только знать, в каком случае и какую операцию нужно проделать.

1 вариант

Перекрасим крышку в зеленый цвет. В нашем случае это очень легко проделать, так как красный и зеленый цвет являются противоположными друг к другу цветами цветовой модели Lab.

Создадим дубликат этого изображения, затем конвертируем его в цветовую модель Lab для этого выбрать в меню **Изображение** (Image) -> **Режим** (Mode) -> **Lab**.

Открыть диалоговое окно **Кривые** (Curves) и выбрать цветовой канал **a**. На вертикальной оси градиционной кривой, вверху белым цветом обозначен красный цвет, а внизу черным каналом обозначен зеленый. На рис. 6 это хорошо видно.

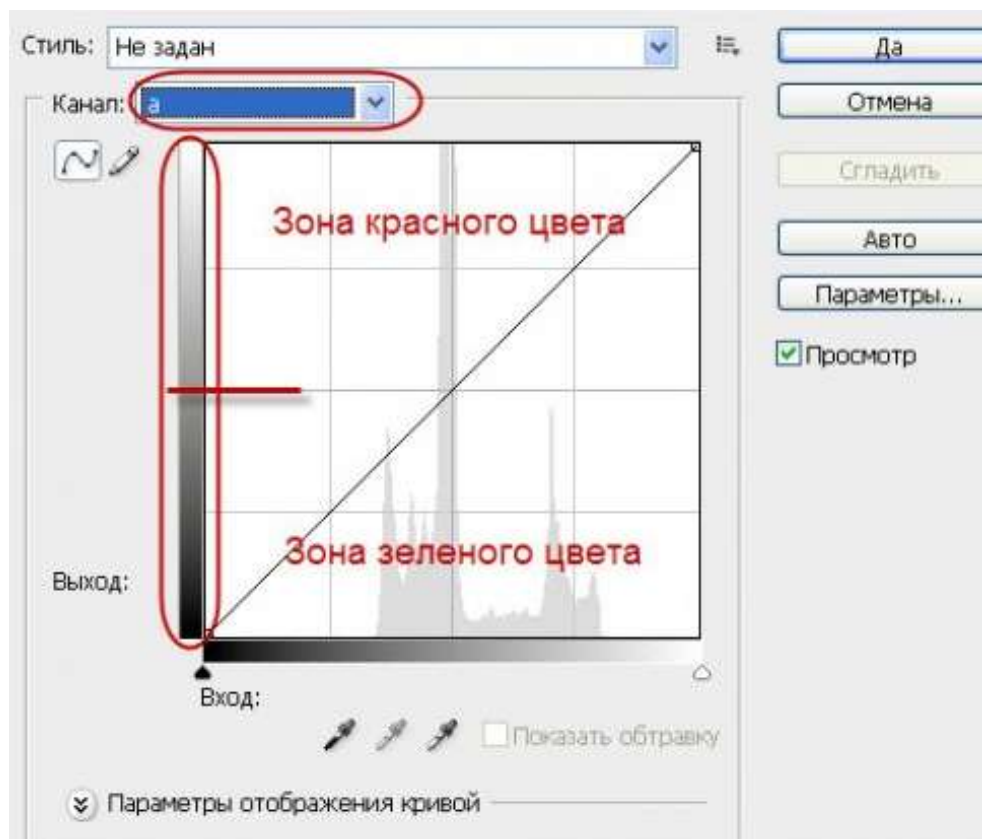


Рис. 6. Выбор канала **a** в диалоговом окне **Кривые** (Curves)

В изображении должен измениться только цвет крышки кувшина, все остальные цвета должны остаться прежними. Для того, чтобы не пострадали остальные цвета, можно использовать инструмент «пипетку». Для этого нажмем на клавишу **Ctrl** и, не отпуская ее, щелкнем левой кнопкой мыши по изображению стекла. На градиционной кривой появилась точка, которая соответствует цвету стекла, внизу в окошке «Вход», мы видим ее значение — (2).

Цвет фона тоже меняться не должен, проделаем и с ним эту же процедуру.

Его значение у меня получилось со — (3). Зафиксируем цвет тени от ручки — (5). По необходимости, можно выбрать еще несколько точек, но выбранных вполне достаточно.

Далее необходимо зафиксировать цвет крышки, также щелкнув по ней, при нажатой клавише **Ctrl**. Получаем точку красного цвета на градиционной кривой. А теперь смотрим значение этой точки, которое мы видим в окошке «Вход». Оно равно у нас - (63) (рис. 7). Значение положительное, а на выходе нужно сделать его отрицательным. Для этого поставить знак минус перед цифрой 63 на выходе или вручную переместить красную точку вниз.

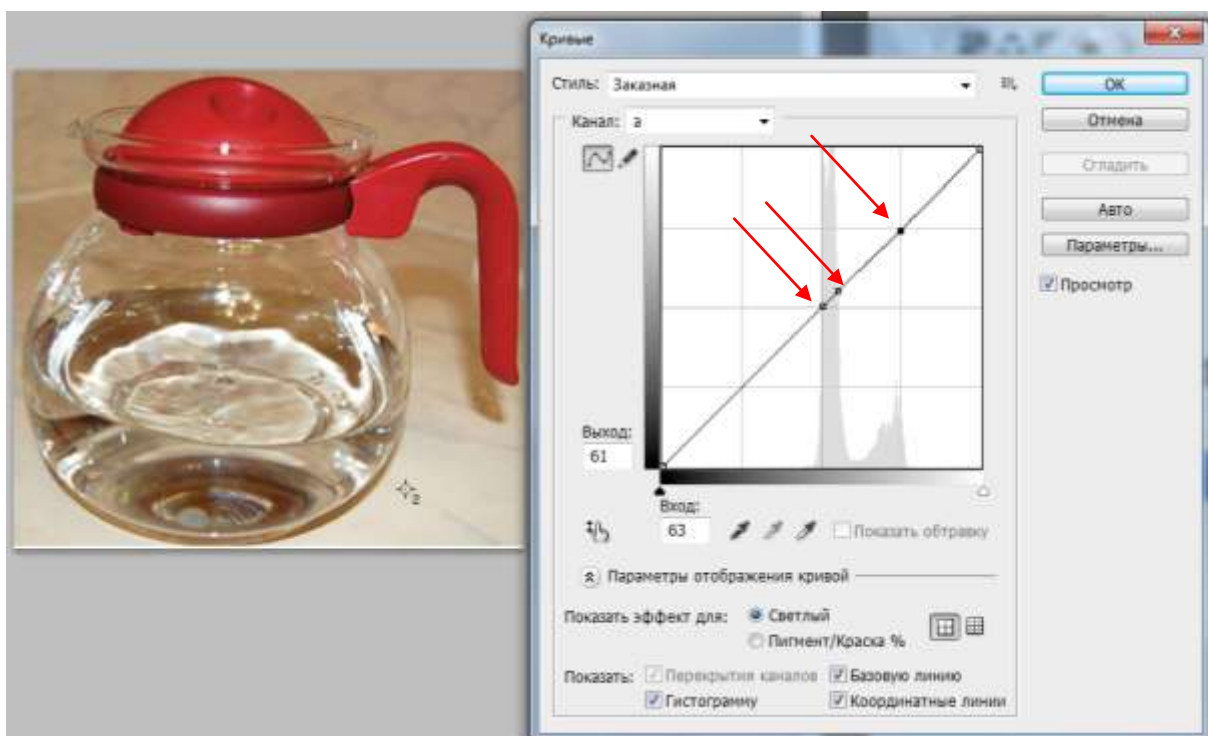


Рис. 7.

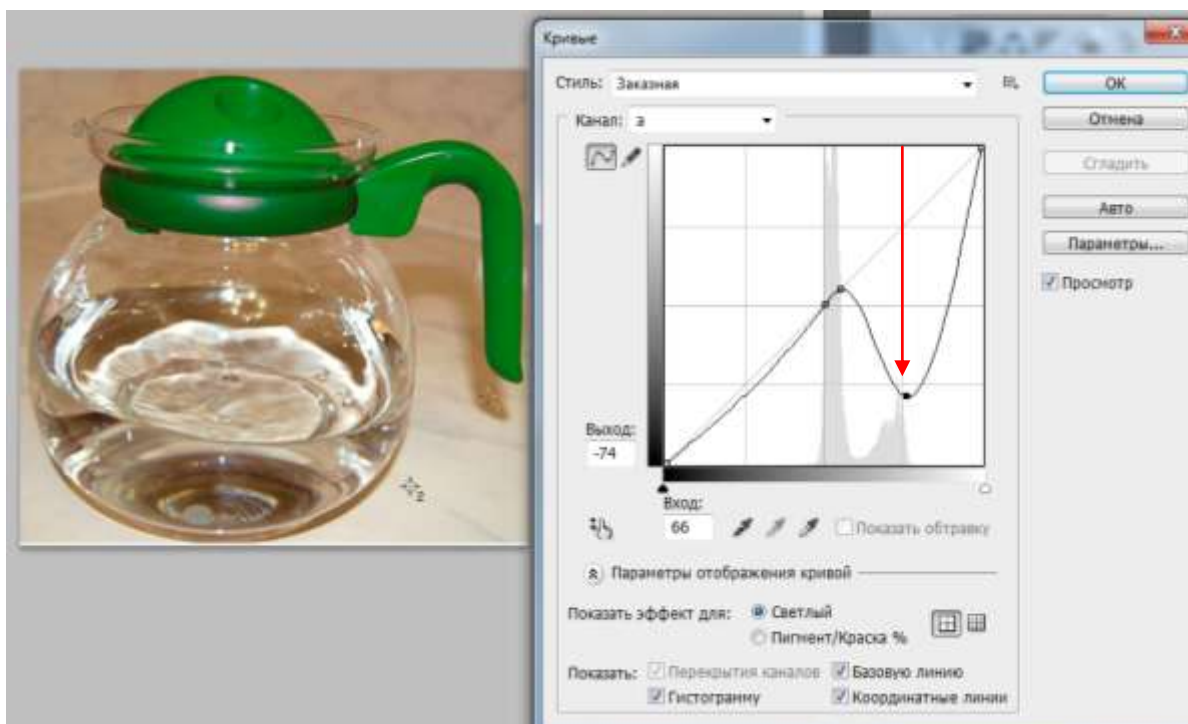


Рис. 8

Точка на кривой сползла вниз, на отрицательное значение, при этом изменился цвет только крышки. Таким образом, можно изменять цвет любого предмета на любом изображении.

2 вариант

Другой вариант быстрой перекраски фрагментов изображения возможен путем инвертирования прямой в каждом канале. Для инвертирования прямой (в диалоговом окне **Кривые** (Curves)), достаточно перетащить верхнюю правую точку прямой вниз, а нижнюю левую точку — вверх.

При инвертировании прямой в канале **a** можно получить следующие результаты:

- красный и бордовый цвета перекрашиваются в зеленый;
- зеленый становится светлокоричневым.

При инвертировании прямой в канале **b** можно получить другие результаты:

- красный становится пурпурным или сиреневым в зависимости от исходного оттенка, а пурпурный и сиреневый — красным;
- желтый превращается в синий.

При инвертировании прямой в обоих каналах одновременно получаются следующие результаты:

- красный перекрашивается в голубой, оттенок которого зависит от исходного оттенка красного;
- синий и пурпурный становятся зелеными.

В данном варианте, чтобы применить команды изменения цвета, необходимо создать выделение нужного объекта изображения. Например, для выделения крышки и ручки вполне можно использовать инструмент **Цветовой диапазон**. В главном меню выбрать команду **Select** (Выделение) > **Color Range** (Цветовой диапазон) (*Лабораторная работа №4*).

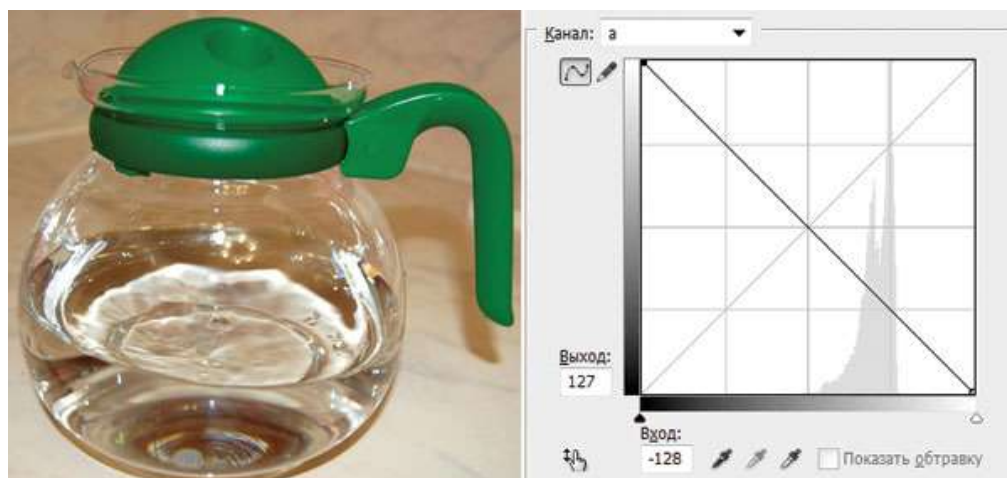


Рис. 10 а

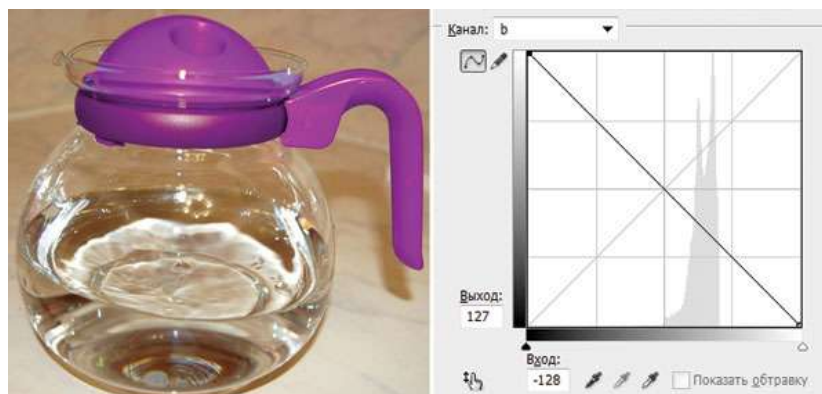


Рис. 10 б

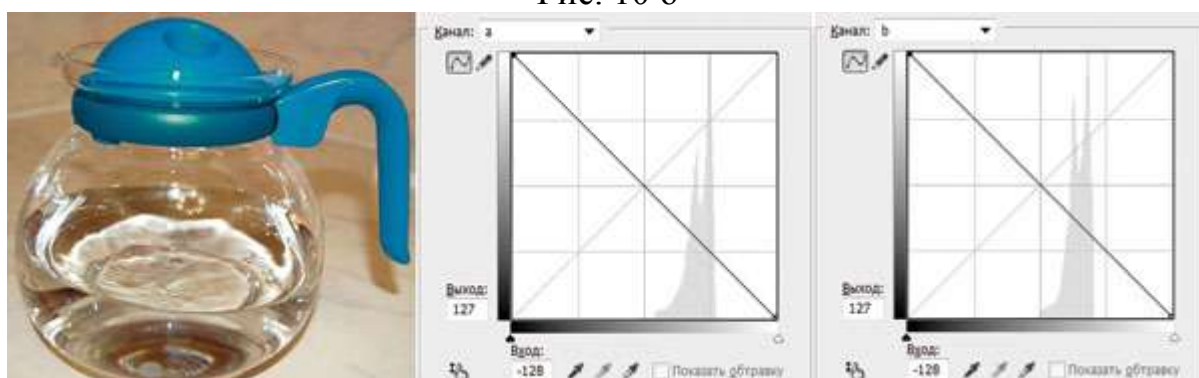


Рис. 10 в

Рис. 10. Результат перекраски фрагментов:

- а — в зеленый цвет путем инвертирования прямой в канале а;
- б — в сиреневый цвет путем инвертирования прямой в канале b;
- в — в голубой цвет путем инвертирования прямой в каналах а и b

В диалоговом окне **Кривые** (Curves) (оно вызывается комбинацией клавиш Ctrl+M) из списка **Канал** (Channel) выбираем канал **а** и инвертируем прямую (рис. 10а).

Если инвертировать прямую в канале **b**, не меняя положение прямой в канале **а**, получим сиреневый цвет (рис. 10б). Инверсия прямой в обоих каналах даст голубой цвет (рис. 10в).

В ходе перекраски цвета изображения могут поблекнуть. Повысить их насыщенность тоже можно в режиме Lab, не прибегая к диалоговому окну **Цветовой тон/Насыщенность** (Hue/Saturation). Для этого необходимо увеличить угол наклона прямой в обоих цветовых каналах. На рис. 11 приведено исходное изображение зеленых листьев.



Рис. 11. Исходное изображение зеленых листьев

При инвертировании прямой в канале **a** получаем блеклый коричневый цвет (рис. 12).

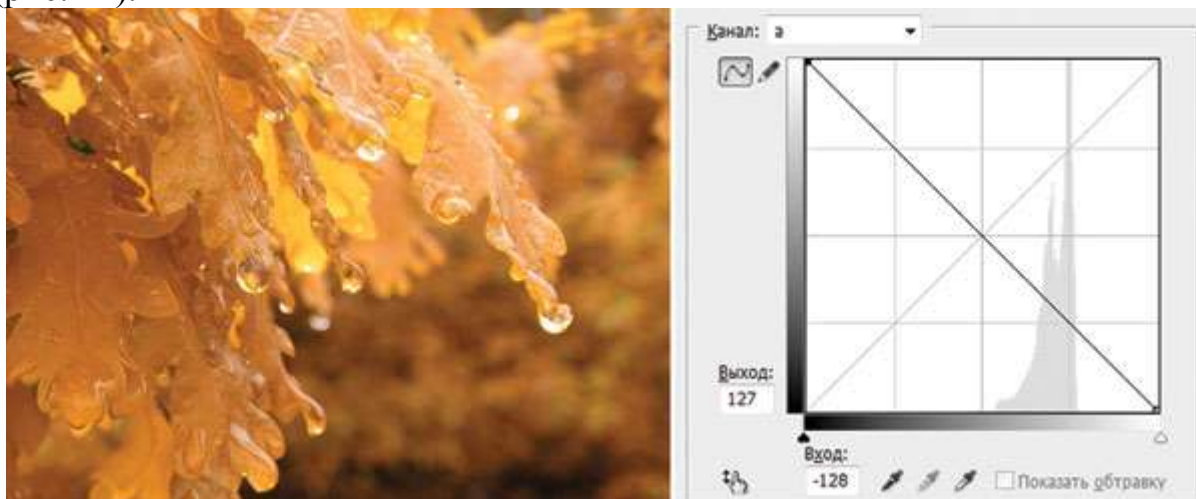


Рис. 12. Результат перекраски листьев в светло-коричневый цвет путем инвертирования прямой в канале **a**

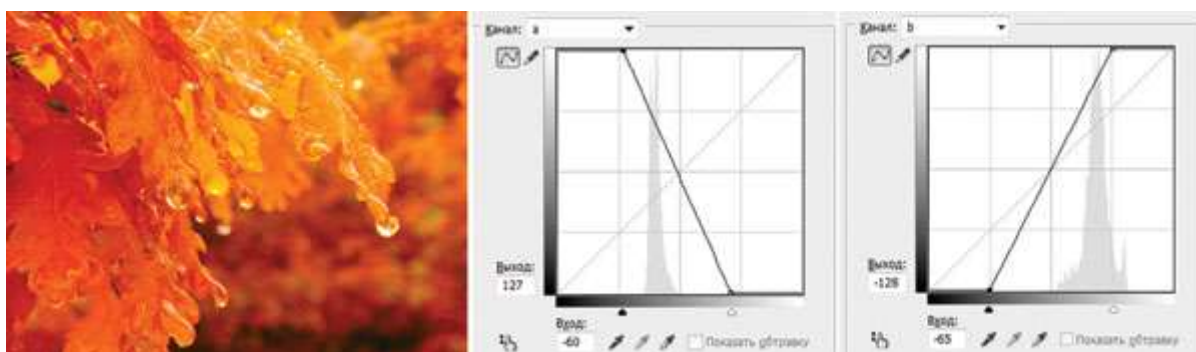


Рис. 13

Для повышения насыщенности цветов и превращения летнего пейзажа в осенний изменим в каналах **a** и **b** угол наклона прямой (рис. 13).

4 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выполнить **Задание**.
3. Оформить отчет о проделанной работе (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
4. С помощью интернет-ресурса <http://print-do.ssau.ru> отправить отчёт преподавателю.
5. Ответить на устные вопросы преподавателя.

Задание

В графическом редакторе Adobe Photoshop выполнить тоновую коррекцию изображения и увеличить насыщенность изображения с использованием цветовой модели **Lab**.

Методика выполнения задания 1

- В графическом редакторе Adobe Photoshop открыть файл **primer_lab_5.jpg**
Исходное изображение и его параметры (название файла, цветовая модель, размер в мм, разрешение) поместить в отчёте.

- Открыть гистограмму изображения. *Проанализировать и охарактеризовать тоновый диапазон изображения. Поместить изображение гистограммы в отчёте.*
- Перевести исходное изображение в цветовую модель **Lab**.
- Открыть палитру **Channels** (Каналы), активизировать канал **Lightness**. Стал активен канал яркости. С помощью команды **Levels** (Уровни) отрегулировать положение белого и черного ползунков, растянув тем самым тоновый диапазон изображения. *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- В диалоговом окне **Кривые** (Curves) повысить насыщенность изображения, путем изменения угла наклона прямой в каналах **a** и **b**. *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- Сохранить полученные изображения в формате JPG.

Задание 2

В графическом редакторе Adobe Photoshop выполнить изменение цвета выделенной области изображения и увеличить насыщенность изображения с использованием цветовой модели Lab. Изображение выбрать в соответствии с вариантом (Таблица 1).

Таблица 1

№ варианта	Название файла
1	lab_05_pic_01.jpg
2	lab_05_pic_02.jpg
3	lab_05_pic_03.jpg
4	lab_05_pic_04.jpg
5	lab_05_pic_05.jpg
6	lab_05_pic_06.jpg
7	lab_05_pic_07.jpg
8	lab_05_pic_08.jpg
9	lab_05_pic_09.jpg
10	lab_05_pic_10.jpg
11	lab_05_pic_11.jpg
12	lab_05_pic_12.jpg
13	lab_05_pic_13.jpg

Методика выполнения задания 2

- В графическом редакторе Adobe Photoshop открыть файл в соответствии с вариантом. *Исходное изображение и его параметры (название файла, цветовая модель, размер в мм, разрешение) поместить в отчёте.*
- Перевести исходное изображение в цветовую модель Lab.
- Произвести изменение цвета выделенной области изображения в двух вариантах. Инструмент для выделения необходимой области выбрать самостоятельно. *Проанализировать и поместить полученные изображения в отчёте.*
- Повысить насыщенность изображений, не прибегая к диалоговому окну *Цветовой тон/Насыщенность (Hue/Saturation)*. *Проанализировать и поместить полученные изображения в отчёте.*
- Сохранить полученные изображения в формате JPG.

5 Оборудование и материалы

1. Станция обработки графической информации с программным обеспечением (Adobe Photoshop, Microsoft Word).
2. Графические оригиналы в электронном виде.

6 Вопросы

1. На чём основана цветовая модель Lab?
2. Какие параметры лежат в основе цветовой модели Lab?
3. Какие операции при обработке изображения можно применять в цветовой модели Lab?
4. Какие достоинства имеет цветовая модель Lab?
5. В каких числовых диапазонах изменяются компоненты модели Lab?
6. Каким образом осуществляется тоновая коррекция изображений в цветовой модели Lab?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № ____

Тема _____

Студента _____ гр. _____

1. Цель работы.
2. Технические средства и программное обеспечение.
3. Результаты работы.
4. Выводы.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
(СГАУ)

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОРРЕКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ,
ИСПОЛЬЗУЯ РАЗЛИЧНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ПРОСТРАНСТВА**
Часть II

(Основы теории цвета)

САМАРА
Издательство СГАУ
2014

Лабораторная работа №6

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОРРЕКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЯ РАЗЛИЧНЫЕ ЦВЕТОВЫЕ ПРОСТРАНСТВА

1 Цель работы

Изучение возможностей коррекции изображения, используя различные цветовые пространства с помощью графического редактора Adobe Photoshop.

2 Содержание работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Изучить возможности коррекции изображения, используя различные цветовые пространства и методы с помощью графического редактора Adobe Photoshop.
3. Оценить результаты о проделанной работе.

3 Теоретическое обоснование

Коррекция изображений с использованием метода цветовых проб

Прежде чем приступить к коррекции изображения, необходимо определить цвет, преобладающий над остальными цветами, то есть цветовой сдвиг изображения. В этом может помочь гистограмма, разобранная по цветовым каналам, и цветовые пробы. Более того, эти же инструменты проинформируют о результатах коррекции. Кроме того, при коррекции следует помнить, что цветовой сдвиг замечен в светлых и серых тонах, а в тенях его не видно.

Как правило, для изображения, имеющего цветовой сдвиг, помимо цветовой необходимо провести еще тоновую коррекцию. Поэтому перед тем, как приступить к удалению цветового сдвига, необходимо сбалансировать изображение по тонам.

Гистограмма изображения, разобранная по цветовым каналам

Палитра *Гистограмма* (Histogram) вызывается с помощью команды *Окно* (Window) -> *Гистограмма* (Histogram). Чтобы разложить график по цветам, необходимо из дополнительного меню палитры, которое раскрывается щелчком по кнопке , выбрать пункт *Просмотр всех каналов* (All Channels View). А для отображения цветных графиков следует выбрать пункт *Показать каналы в цвете* (Show Channels in Color) (рис. 1).

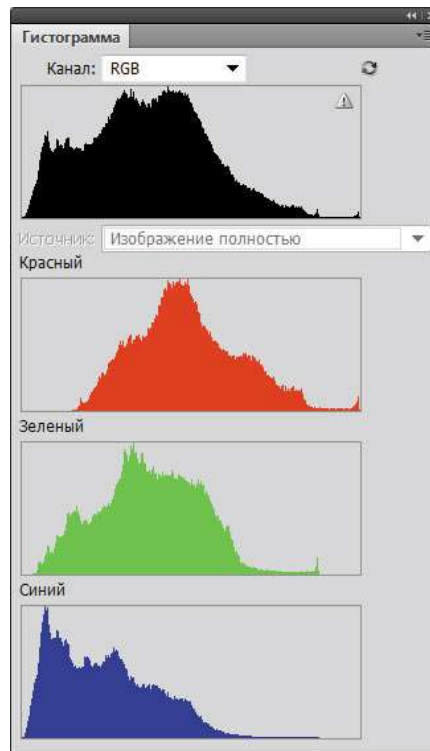


Рис. 1. Гистограмма изображения, разобранная по цветовым каналам

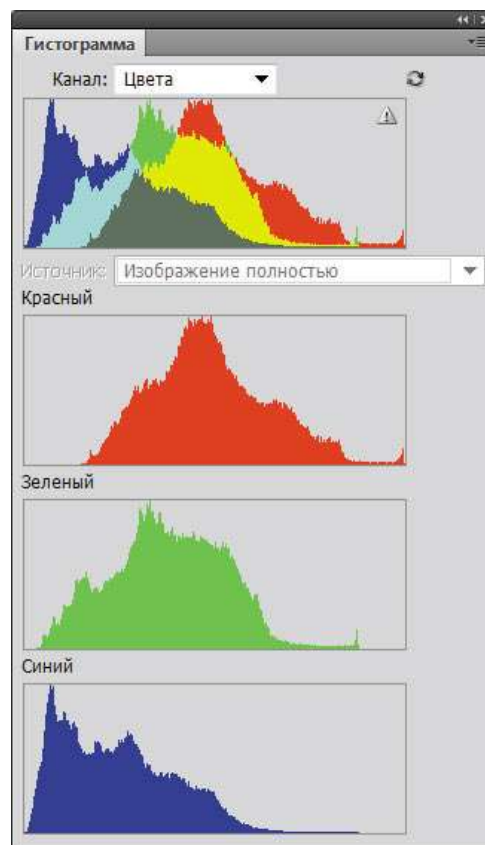


Рис. 2. Все цветовые каналы представлены в одной системе координат

Гистограмма, представленная на рис. 1, показывает, что в изображении преобладает красный цвет: график красного канала смещен относительно остальных в сторону светов. Для удобства сопоставления всех каналов их можно показать в одной системе координат (рис. 2). Для этого необходимо из списка *Канал* (Channel) выбрать пункт *Цвета* (Colors).

Примечание. Цветовой канал — это полутоновое изображение, отражающее распределение яркостей соответствующего базового цвета. Изображение, представленное в модели RGB, имеет три цветовых канала: красный, зеленый и синий. Полутоновые изображения в красном, зеленом и синем каналах накладываются друг на друга, образуя цветную картинку. Этот результат принято называть совмещенным RGB-каналом.

Цветовые пробы

Для анализа цветового сдвига изображения также удобно использовать цветовые пробы (метки), которые устанавливаются инструментом  **Цветовой эталон** (Color Sampler).

Панель свойств инструмента **Цветовой эталон** (Color Sampler) содержит всего два параметра:

- список **Размер образца** (Sample Size), управляющий размером пробы (по умолчанию используется размер **Точка** (Point Sample));
- кнопка **Удалить** (Clear), удаляющая все цветовые пробы изображения.

Чтобы управлять цветовыми пробями, используйте следующие правила:

1. Для перемещения цветовой пробы наведите на нее указатель мыши, он примет вид стрелки , а затем просто перетащите пробу на новое место.
2. Для перемещения цветовой пробы, когда открыто окно коррективки, нажмите клавишу Shift, подведите указатель к пробе и переместите ее.
3. Для удаления цветовой пробы перетащите ее за пределы окна документа. Также можно нажать и удерживать клавишу Alt, в момент наведения на пробу указатель примет вид ножниц , щелчок мышью удалит пробу.
4. Для удаления цветовой пробы в процессе работы с диалоговым окном коррективки нажмите и удерживайте комбинацию клавиш Alt+Shift, при наведении на пробу указатель изменится на ножницы, щелчок удалит пробу.
5. Для удаления всех цветовых проб нажмите кнопку **Удалить** (Clear) на панели свойств инструмента.

При работе с метками нужно помнить следующие числовые значения цветовых составляющих модели RGB:

- серый цвет должен иметь равные или близкие к равным, значения всех трех составляющих — R, G, B;
- белый цвет имеет максимальное или близкое к максимуму значение яркости всех составляющих;
- черный цвет имеет нулевое или близкое к нулю значение всех трех составляющих;
- базовые цвета должны иметь большее значение соответствующей составляющей по сравнению с остальными: для красного — R, для зеленого — G, для синего — B;
- смеси двух базовых цветов должны иметь большее значение двух составляющих по сравнению с третьей: для желтого — R и G больше B, для пурпурного — R и B больше G, для голубого — G и B больше R.

На рис. 3 представлено изображение с двумя отмеченными на нем цветовыми пробами. В палитре *Инфо* (Info) отображаются числовые значения трех составляющих R, G и B установленных проб, по которым можно судить о цветовом сдвиге.

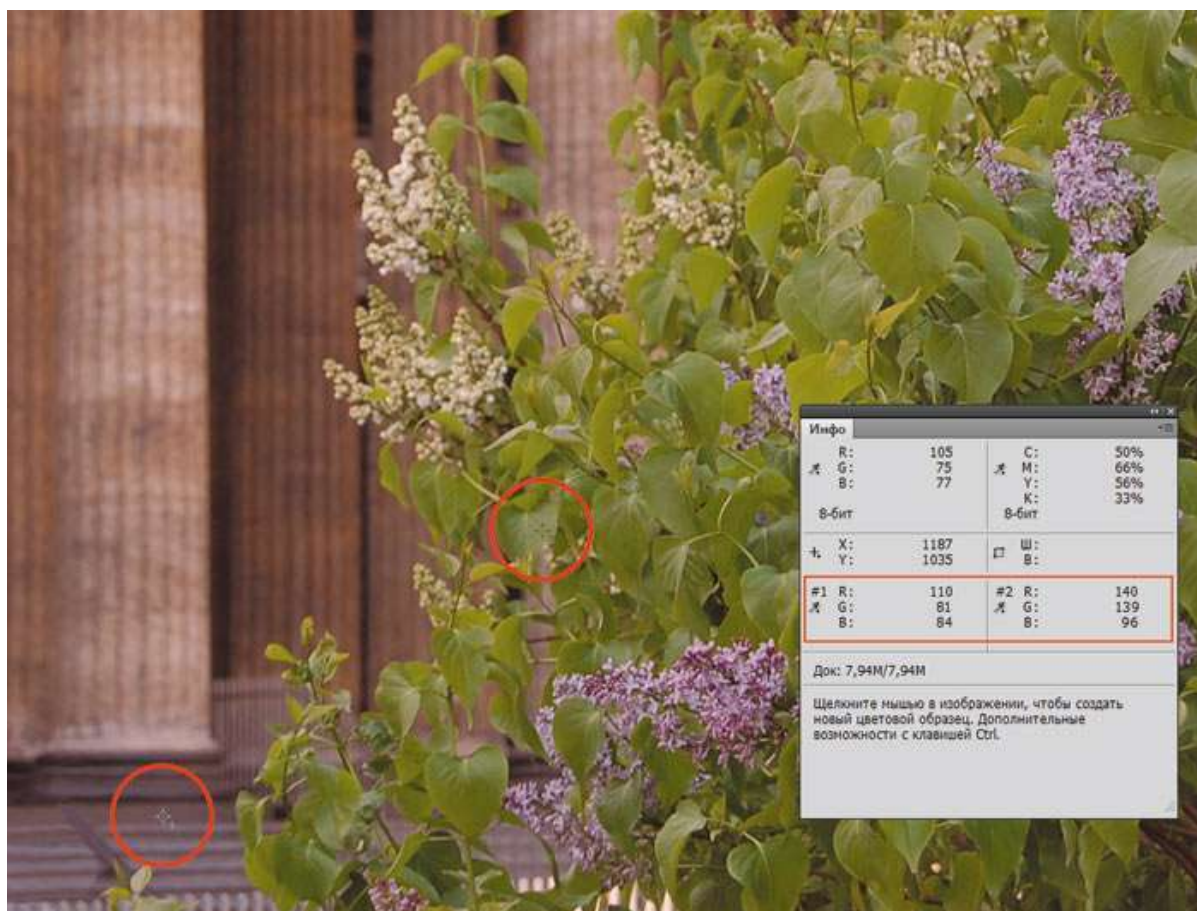


Рис. 3. Цветовые метки на изображении и их данные в палитре Инфо

Попробуем определить цветовой сдвиг по установленным пробам. Изображение содержит две цветовые метки. Первая установлена на ступеньках, которые должны быть серого цвета, то есть иметь равные значения яркостей трех базовых цветов. А в примере мы имеем преобладание красного цвета ($R = 110$) с заниженным содержанием зеленого ($G = 81$) и синего ($B = 84$). Вторая метка поставлена на лист сирени, который должен быть зеленым — значит, вторая составляющая G должна быть больше остальных. А в примере имеется нехватка синего и зеленого цветов: $R = 140$, $G = 139$, $B = 96$. **Следовательно, цель коррекции** — уменьшить содержание красного цвета.

Когда цель поставлена, необходимо определить действия для удаления цветового сдвига. В этом поможет схема цветового круга (*Лабораторная работа №4*).

На рис. 3 определили цель коррекции — уменьшение содержания красного цвета. Исходя из правил цветовой коррекции (рассмотренные в лабораторной работе №4), следует действовать так:

- по правилу 1 нужно увеличить содержание противоположного голубого цвета;
- по правилу 2 следует уменьшить содержание соседних желтого и пурпурного цветов;

- по правилу 3 необходимо увеличить содержание соседних с противоположным, зеленого и синего цветов.

Когда определена цель коррекции и ясны действия для ее достижения, необходимо выбрать нужный инструмент. Также в ходе коррекции лучше попробовать удалить сдвиг по двум-трем правилам, чтобы была возможность, сравнив полученные результаты, выбрать наилучший.

Коррекция тона в канале

Коррекция тона в канале осуществляется в диалоговых окнах **Уровни** (Levels) и **Кривые** (Curves). В отличие от тоновой коррекции, необходимо предварительно определить цветовой канал, в котором будет осуществляться коррекция тона. А дальнейшая технология такая же, как у тоновой коррекции.

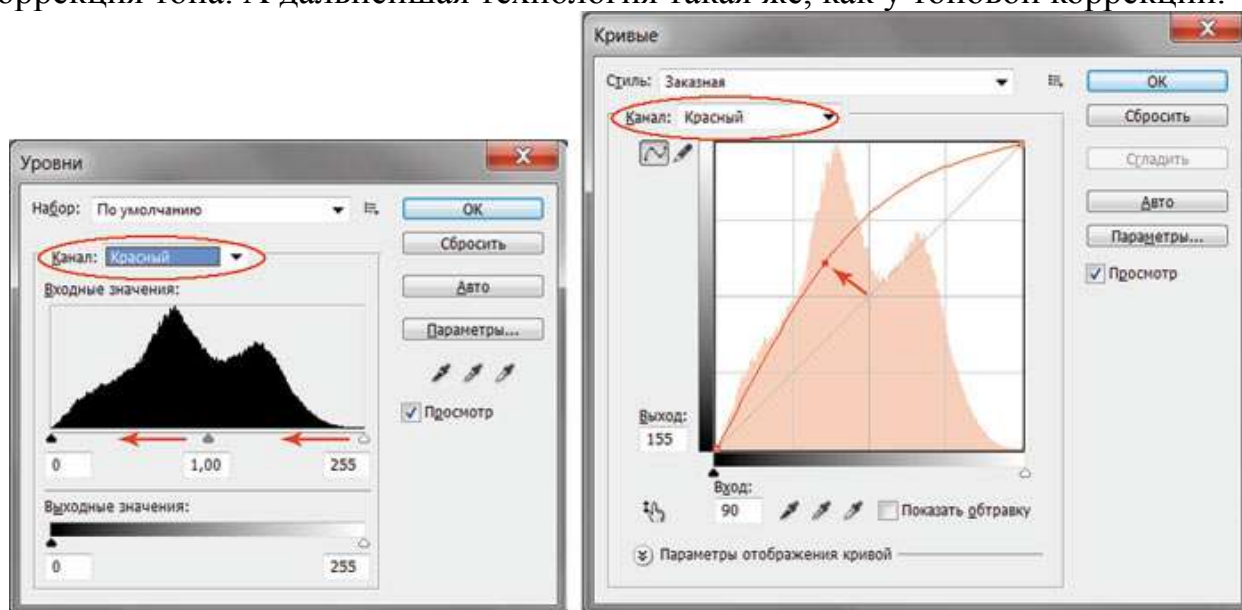


Рис. 4, а

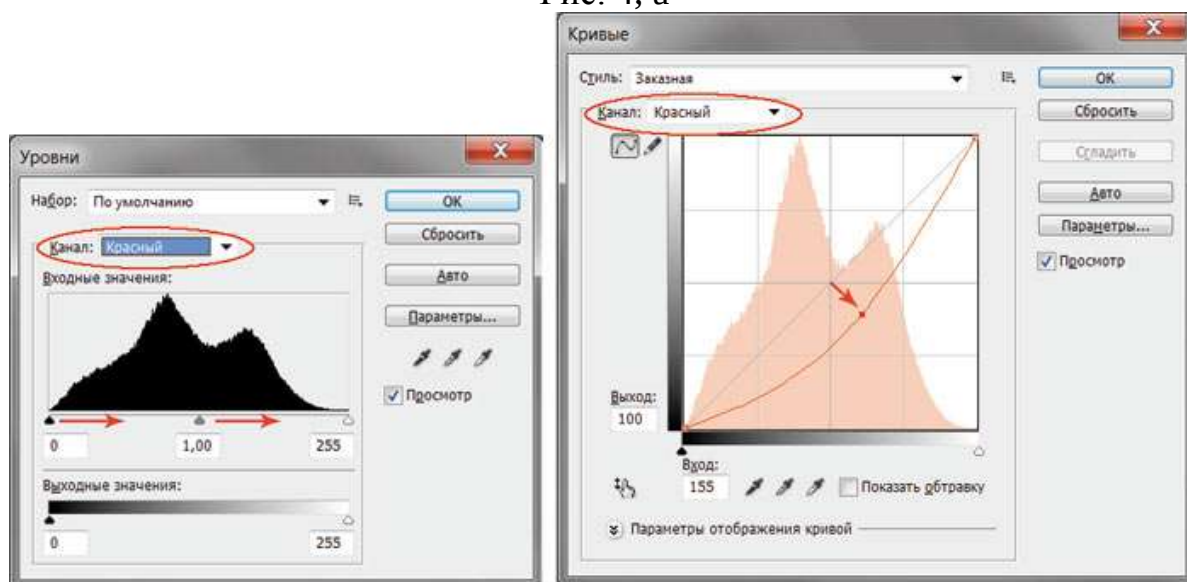


Рис. 4, б

Рис. 4. Примеры:

- а — увеличение содержания красного цвета в диалоговых окнах **Уровни** (слева) и **Кривые** (справа);
- б — уменьшение содержания красного цвета в диалоговых окнах **Уровни** (слева) и **Кривые** (справа)

Для добавления цвета необходимо осветлить изображение в выбранном канале 1. (рис. 4,а):

- в диалоговом окне **Уровни** (Levels) следует сместить серый или белый ползунок в сторону теней. Например, для добавления красного цвета необходимо в красном канале передвинуть серый ползунок влево;
- в диалоговом окне **Кривые** (Curves) нужно изогнуть прямую в выпуклую кривую. Так, для добавления красного цвета необходимо в красном канале создать выпуклую кривую.

Для уменьшения цвета следует затемнить изображение в выбранном канале 2. (рис. 4, б):

- в диалоговом окне **Уровни** (Levels) сместите серый или черный ползунок в сторону светов, например для уменьшения красного цвета необходимо в красном канале передвинуть серый ползунок вправо;
- в диалоговом окне **Кривые** (Curves) следует создать вогнутую кривую, то есть для уменьшения красного цвета необходимо в красном канале прямую преобразовать в вогнутую кривую.

Использование диалогового окна Уровни

В примере на рис. 3 необходимо понизить содержание красного цвета.

- Если в окне **Уровни** (Levels) из списка **Канал** (Channel) выбрать пункт **Красный** (Red) и попробовать переместить серый ползунок вправо для уменьшения содержания красного цвета, то цветовые метки покажут уменьшение красной составляющей, но изображение станет темнее. Это происходит из-за аддитивности модели RGB. Значит, необходимо устранить сдвиг по-другому.
- По правилу 3 цветового круга следует повысить содержимое зеленой и синей составляющих. Поочередно выбирая синий и зеленый каналы, сместим ползунок серых тонов влево. В момент коррекции обратить внимание на изменение значений обеих проб в палитре **Инфо** (Info). Для первой пробы (ступеньки) необходимо добиться равных значений всех трех составляющих (R, G, B). А у второй пробы (лист сирени) значение зеленого цвета (G) должно превышать значения остальных цветов.
- В ходе коррекции значение обеих проб изменилось. Первая проба указывает на идеальный серый цвет: R = 110, G = 110, B = 110. Во второй пробе содержание зеленого цвета больше остальных составляющих: R = 140, G = 164, B = 122.

На рис. 5 приведен пример коррекции с измененными показаниями цветовых проб.

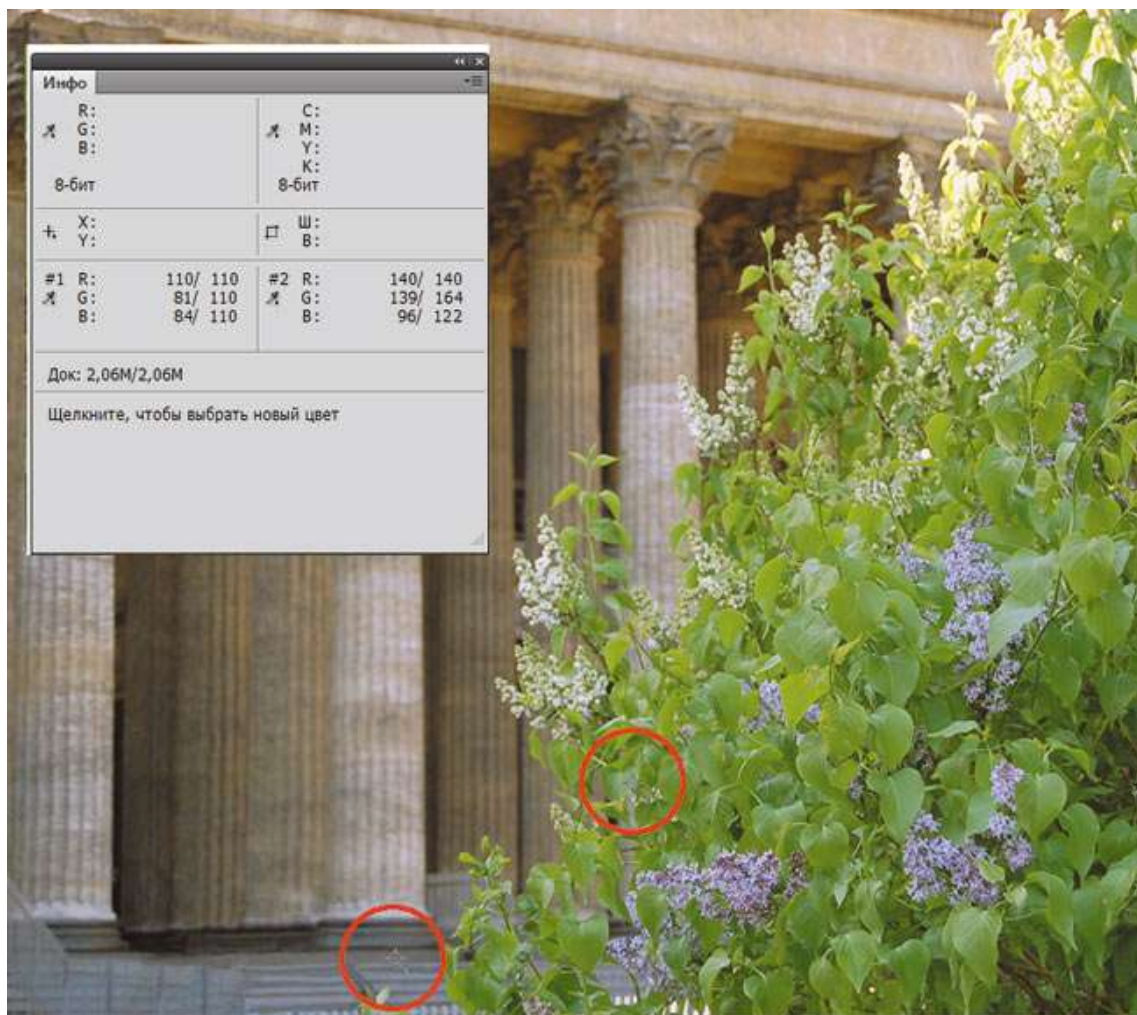


Рис. 5. Результат коррекции в окне Уровни и показания цветовых проб

Использование диалогового окна Кривые

Используя диалоговое окно **Кривые** (Curves), удалим цветовой сдвиг на изображении рис. 5.

- Нужно установить две метки на изображениях облака и серой стенки (рис. 5). Облако (метка 1) должно быть белого цвета, а мы имеем заниженное содержание в зеленой и красной составляющих: $R = 190$, $G = 189$, $B = 255$. Вторая проба должна иметь равные значения всех трех базовых цветов, а на самом деле наблюдается преобладание синего цвета: $R = 135$, $G = 137$, $B = 180$. Цель коррекции — уменьшить содержание синего цвета.
- По правилу 3 цветового круга необходимо увеличить содержание красного и зеленого цветов. Для этого следует в соответствующих каналах, коррекционную прямую преобразовать в выпуклую кривую.



Рис. 5. Исходное изображение с нанесенными на него цветовыми метками

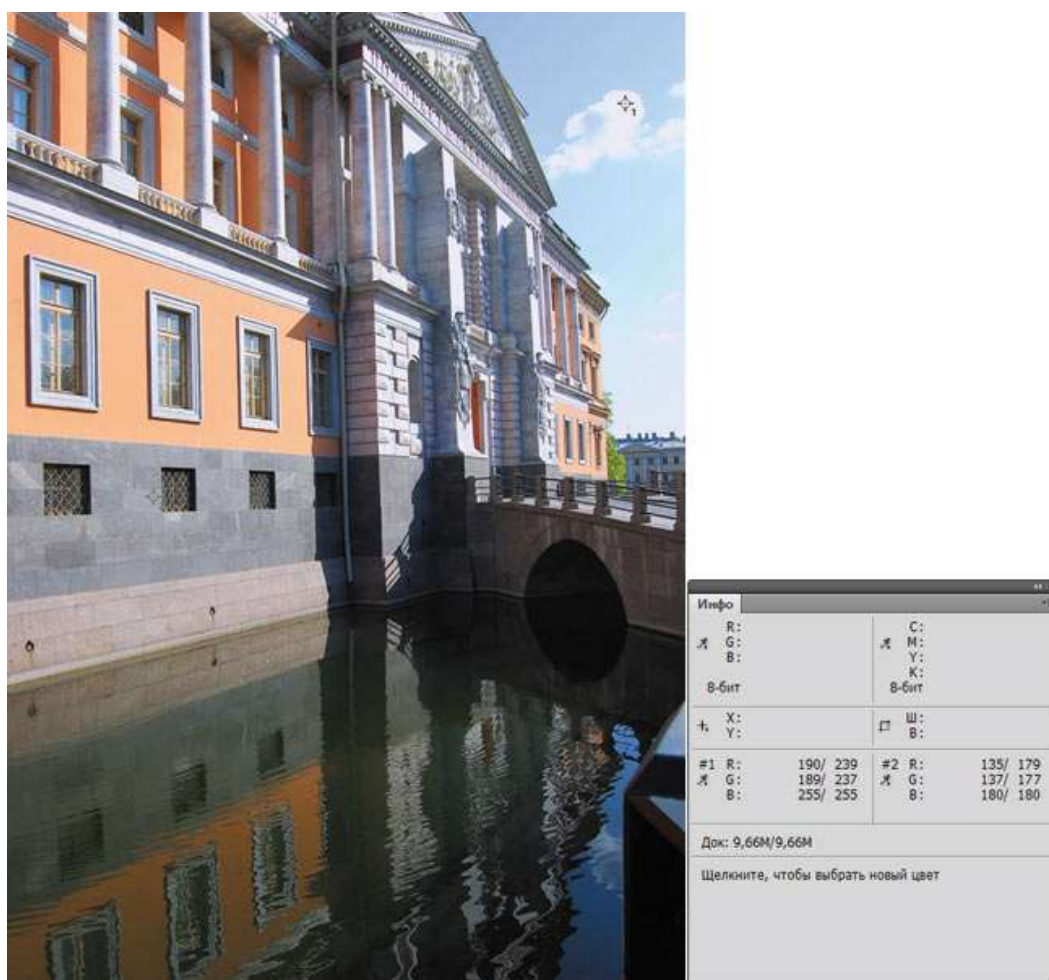


Рис. 6. Результат коррекции в окне Кривые и показания цветовых проб

- В результате коррекции получились следующие показания проб. Первая проба: R = 239, G = 237, B = 255. Вторая проба: R = 179, G = 177, B = 180 (рис. 6). Первая проба указывает на небольшое преобладание синего цвета, что вполне нормально для цвета облака. Вторая проба имеет почти равные значения всех трех составляющих. Так что результат коррекции можно считать удовлетворительным.

Использование диалогового окна Цветовой баланс

Диалоговое окно **Цветовой баланс** (Color Balance) позволяет проводить коррекцию цвета в различных тоновых диапазонах изображения независимо друг от друга. Области влияния инструмента задаются тремя переключателями тонового баланса: **Тени** (Shadows), **Средние тона** (Midtones) и **Света** (Highlights). Коррекция проводится путем смещения ползунка в сторону одного из пары противоположных цветов цветового круга: голубого или красного, пурпурного или зеленого, желтого или синего (рис. 7).

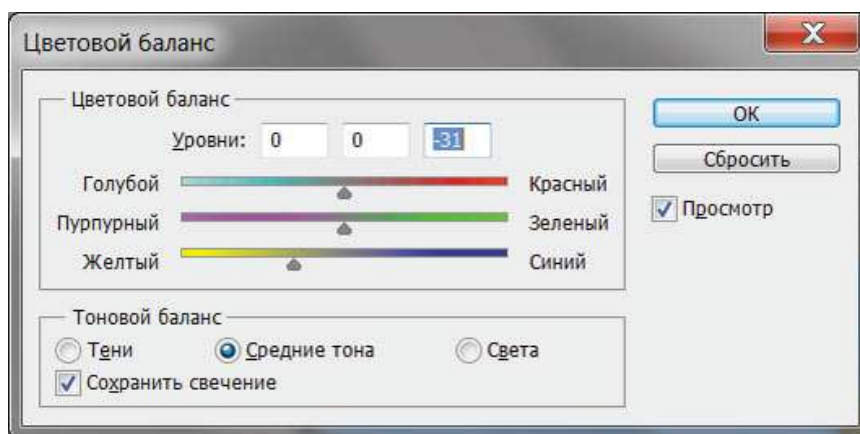


Рис. 7. Диалоговое окно **Цветовой баланс**

Используя диалоговое окно **Цветовой баланс** (Color Balance), сбалансируем по цветам изображение на рис. 8.

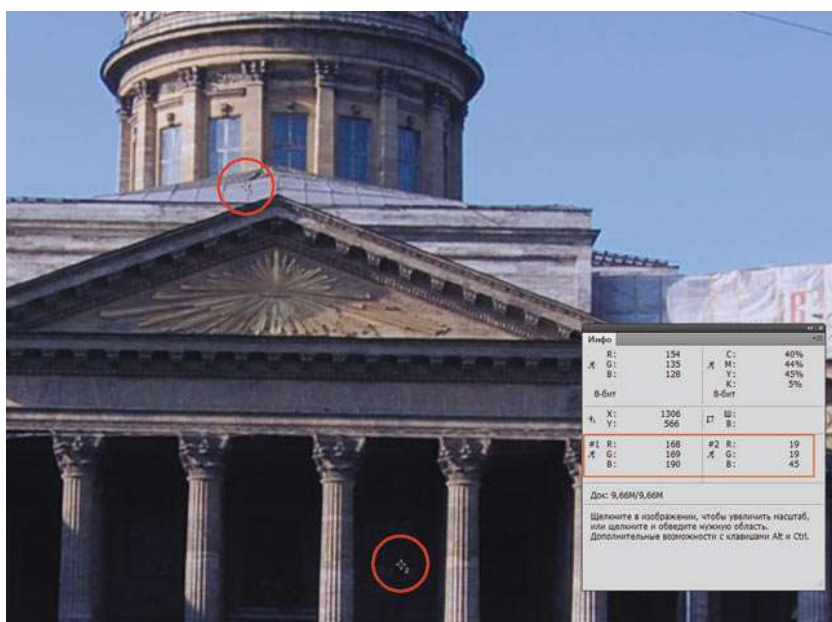


Рис. 8. Исходное изображение с нанесенными на него цветовыми метками

- Установить две пробы: первую в области основания купола, вторую в тени между колоннами. Обе пробы соответствуют серому цвету, только первая светлее второй. Обе показывают на избыток синего цвета: R = 168, G = 169, B = 190 (первая проба) и R = 19, G = 19, B = 45 (вторая проба).
- По правилу 1 цветового круга для уменьшения содержания синего цвета следует увеличить содержание противоположного ему желтого цвета.
- В окне Цветовой баланс (Color Balance) установить флажок Средние тона (Midtones) и переместим ползунок в сторону желтого цвета. Аналогично скорректируем цвет, предварительно установив флажок Света (Highlights), а затем Тени (Shadows).
- В ходе коррекции получилось приблизительно равное соотношение между составляющими в обеих цветовых пробах: R = 188, G = 188, B = 189 (первая проба) и R = 26, G = 26, B = 26 (вторая проба) — рис. 9.

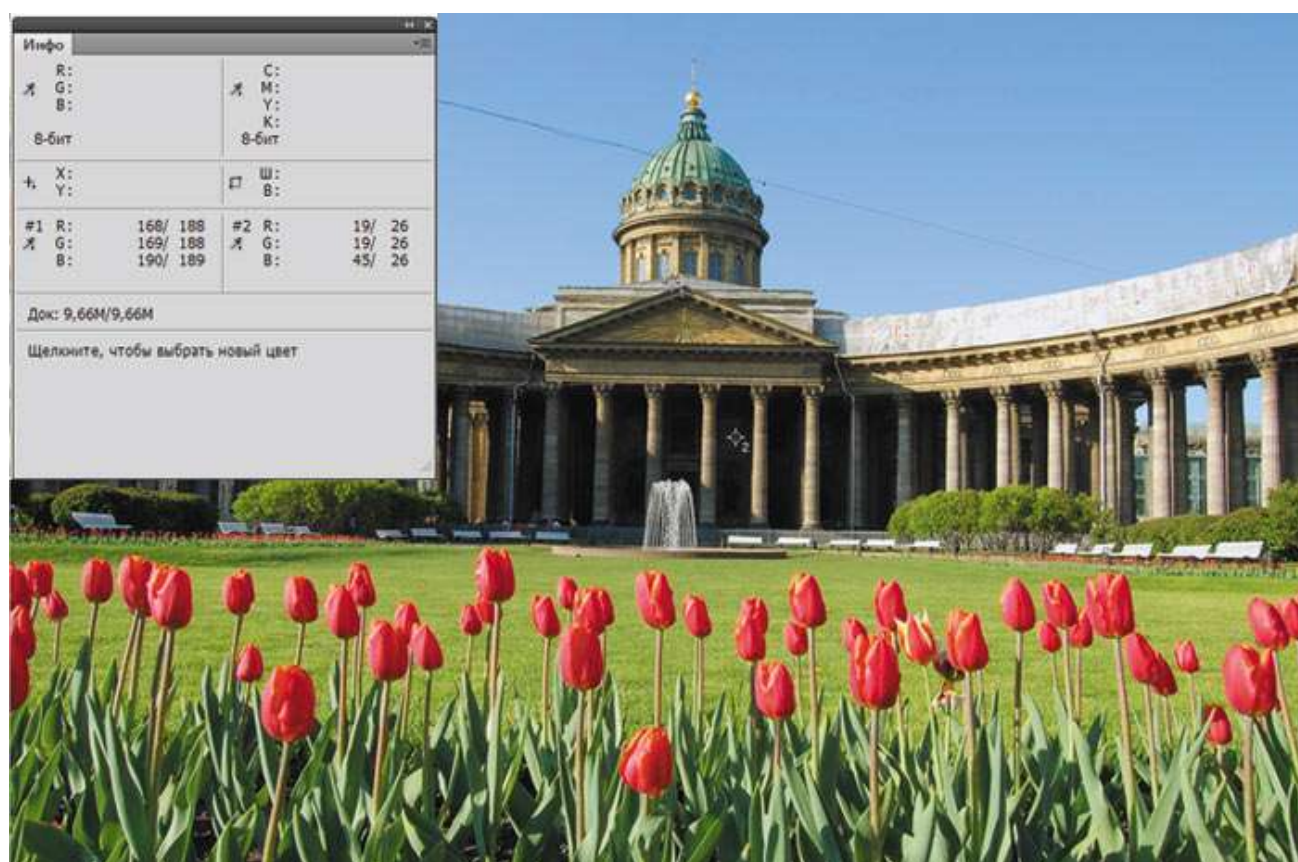


Рис. 9. Результат коррекции в окне Цветовой баланс и показания цветовых проб

Изменение цветового баланса при помощи команды Фотофильтр

Диалоговое окно **Фотофильтр** (Photo Filter) (рис. 10) имитирует технику, когда на объектив камеры надевается цветной фильтр, меняющий цветовой баланс и цветовую температуру снимка. Фильтр можно выбрать из перечня готовых, а можно подобрать самостоятельно в зависимости от конкретного изображения.

В Adobe Photoshop диалоговое окно команды **Фотофильтр** (Photo Filter) (Рис. 10) можно открыть через главное меню, выбрав **Image** (Изображение) > **Adjustments** (Настройки или Коррекция) > **Фотофильтр** (Photo Filter).

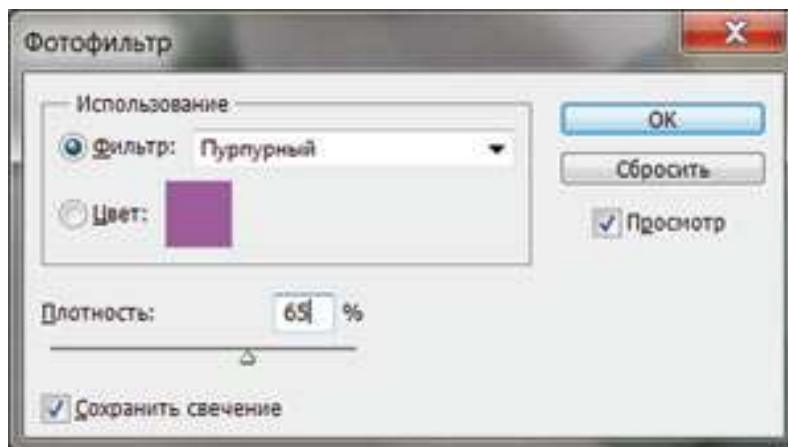


Рис. 10. Диалоговое окно команды **Фотофильтр**

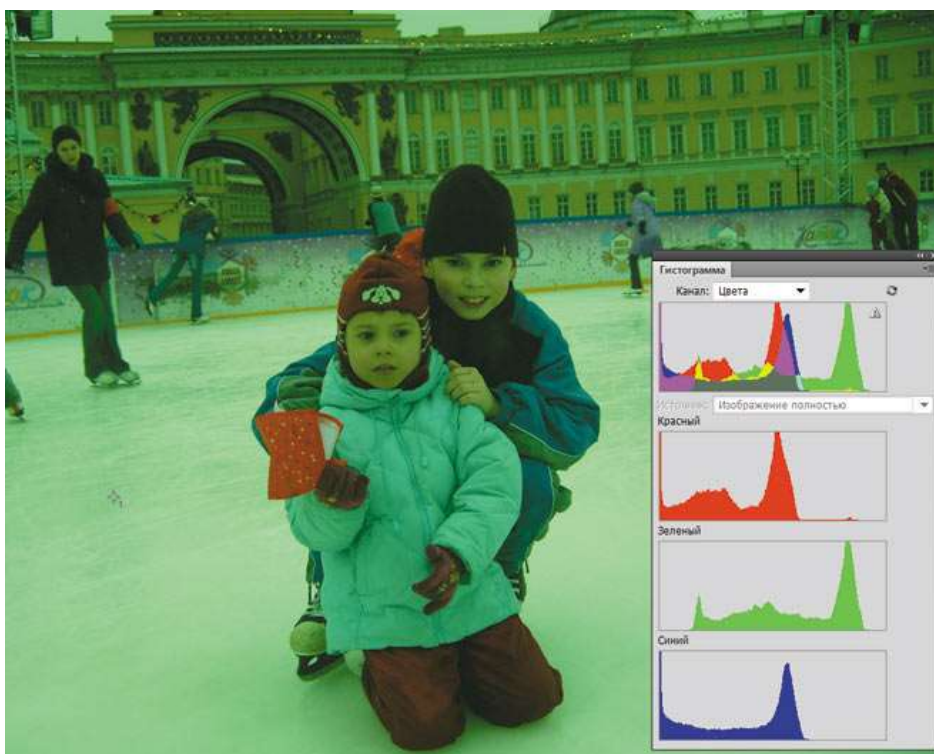


Рис. 11. Исходное изображение и его гистограмма, отображающая все каналы в одной системе координат

Нужно удалить избыток зеленого цвета на изображении, используя **Фотофильтр** (Photo Filter).

- Избыток зеленого цвета виден невооруженным глазом, об этом же говорит гистограмма изображения (рис. 11).
- По правилу 1 цветового круга для удаления зеленого цвета необходимо увеличить содержание пурпурного.
- Выберем из списка пурпурный цвет и зададим плотность фильтра равной 65%. Обратите внимание на изменения, которые отображает гистограмма. Теперь зеленый график не выезжает из стопки остальных графиков (рис. 12).

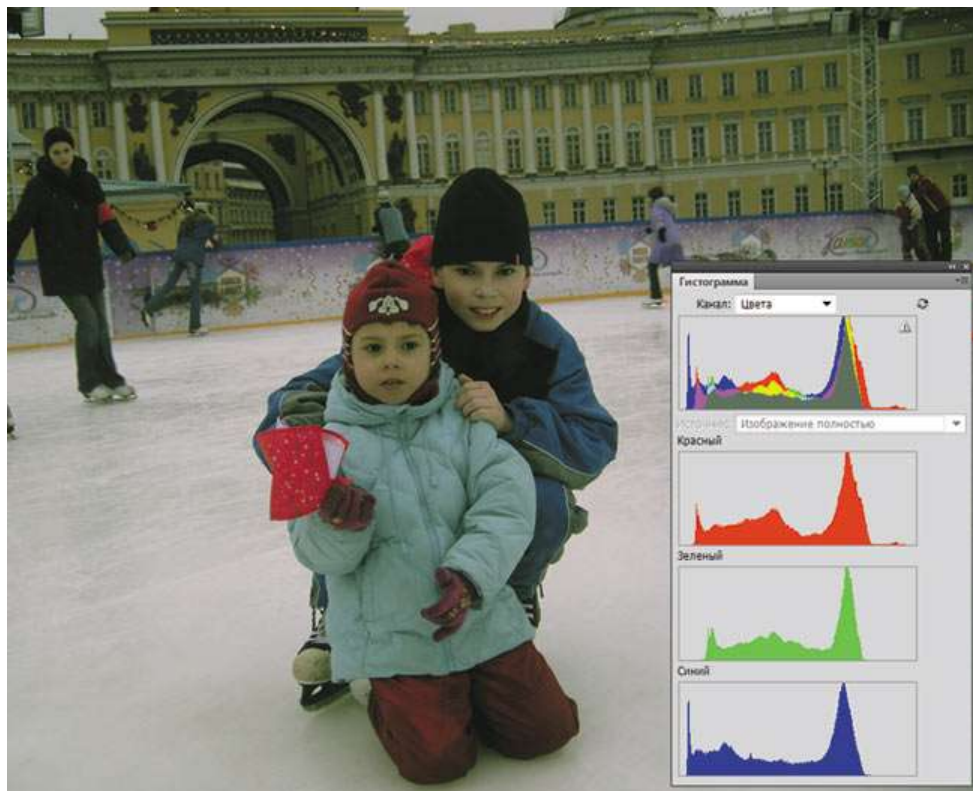


Рис. 12. Результат применения команды **Фотофильтр** и гистограмма изображения



Рис. 13. Окончательный результат цветовой и тоновой коррекции

Как видно на рис. 12, изображение потемнело в ходе коррекции. Нужно немного осветлить его и повысить насыщенность (рис. 13).

4 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выполнить Задание.
3. Оформить отчет о проделанной работе (ПРИЛОЖЕНИЕ А).
4. С помощью интернет-ресурса **<http://print-do.ssau.ru>** отправить отчёт преподавателю.
5. Ответить на устные вопросы преподавателя.

Задание

В графическом редакторе Adobe Photoshop выполнить коррекцию изображений с использованием метода цветовых проб в различных командах цветовой и тоновой коррекции. Увеличить насыщенность полученных изображений. Изображение выбрать в соответствии с вариантом (Таблица 1).

Таблица 1

№ варианта	Название файла
1	lab_06_pic_01.jpg
2	lab_06_pic_02.jpg
3	lab_06_pic_03.jpg
4	lab_06_pic_04.jpg
5	lab_06_pic_05.jpg
6	lab_06_pic_06.jpg
7	lab_06_pic_07.jpg
8	lab_06_pic_08.jpg
9	lab_06_pic_09.jpg
10	lab_06_pic_10.jpg
11	lab_06_pic_11.jpg
12	lab_06_pic_12.jpg
13	lab_06_pic_13.jpg

Методика выполнения задания

- В графическом редакторе Adobe Photoshop открыть изображение в соответствии с вариантом. *Исходное изображение и его параметры (название файла, цветовая модель, размер в мм, разрешение) поместить в отчёте.*
- Открыть гистограмму изображения. *Проанализировать и охарактеризовать тоновый диапазон изображения. Поместить изображение гистограммы в отчёте.*

- Установить цветовые пробы (метки), для анализа цветового сдвига изображения. *Установить цель коррекции изображения.*
- Осуществить коррекцию тона изображения в канале. *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- Создать 5 копий изображения **Image** (Изображение) > **Duplicate** (Создать копию).
- Осуществить коррекцию изображения с использованием диалогового окна **Уровни** (Levels). *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- Осуществить коррекцию изображения с использованием диалогового окна **Кривые** (Curves). *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- Осуществить коррекцию изображения с использованием диалогового окна **Цветовой баланс** (Color balance). *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- Осуществить коррекцию изображения с использованием диалогового окна **Фотофильтр** (Photo Filter) *Проанализировать и поместить полученное изображение в отчёте.*
- Повысить насыщенность изображений, с помощью диалогового окна **Цветовой тон/Насыщенность** (Hue/Saturation). *Проанализировать и поместить полученные изображения в отчёте.*
- Сохранить полученные изображения в формате JPG.

5 Оборудование и материалы

1. Станция обработки графической информации с программным обеспечением (Adobe Photoshop, Microsoft Word).
2. Графические оригиналы в электронном виде.

6 Вопросы

ОТЧЁТ

по лабораторной работе № ____

Тема _____

Студента _____ гр. _____

1. Цель работы.
2. Технические средства и программное обеспечение.
3. Результаты работы.
4. Выводы.