

**СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ
МЕДИАДААННЫХ
ЦИФРОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ
ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

д.т.н., доцент Вашкевич М. И.

vashkevich@bsuir.by



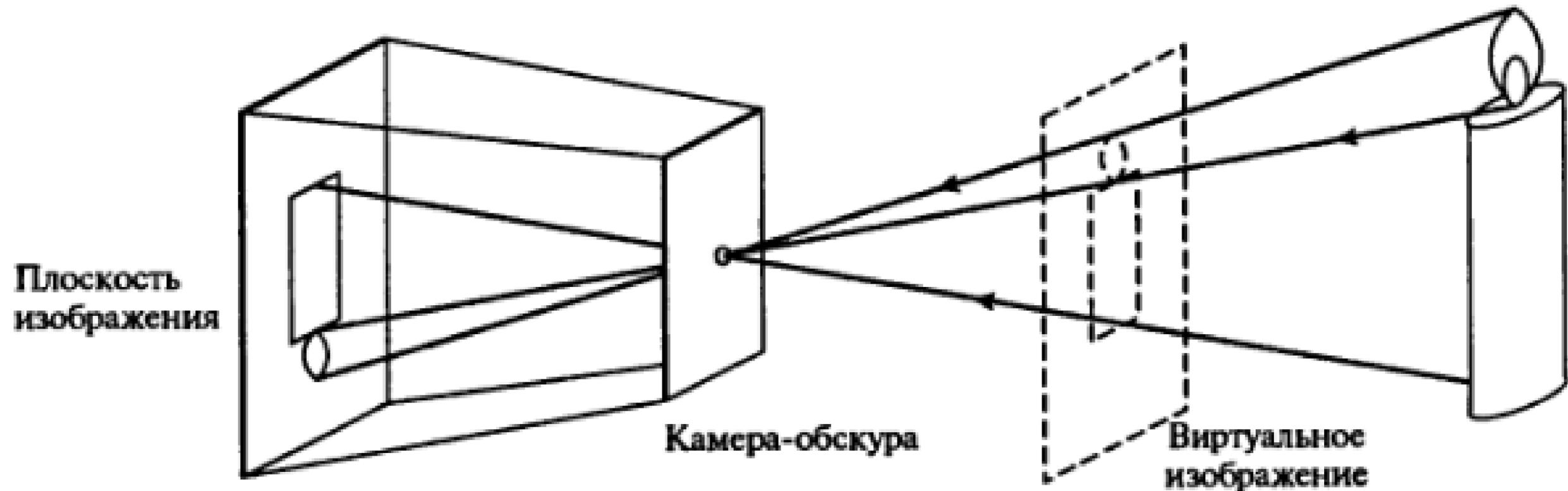
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Кафедра электронных вычислительных средств

Изображение vs объект

Изображение – это образ, в той или иной степени подобный, но не идентичный изображаемому объекту.

Оптическое изображение – это картина, получаемая в результате прохождения через оптическую систему отраженных от объекта световых лучей и воспроизводящая его контуры и детали на некоторой поверхности (чаще всего плоской).

Модель формирования изображения (камера-обскура)

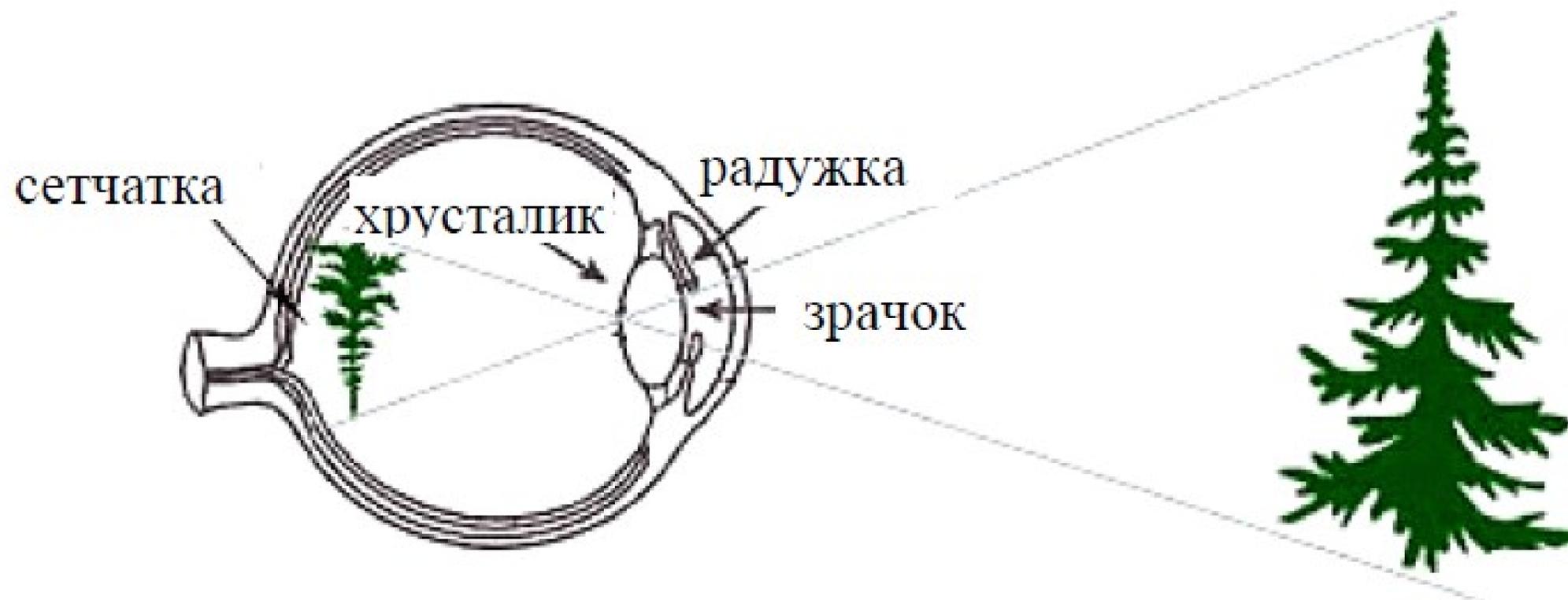


Камера-обскура (*pinhole camera*):

- захватывает пучок лучей, проходящих через одну точку
- точечное отверстие называется «центр проекции» (фокальная точка)
- изображение формируется на картинной плоскости (*image plane*)

Отображение видимого предмета на сетчатке глаза

Зрение человека реализует процесс психофизиологического восприятия изображений объектов окружающего мира, который осуществляется зрительной системой человека, и позволяет получать представление о величине, форме и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними.



Восприятие цвета

Цвет – это психологическое свойство нашего зрения, возникающее при наблюдении объектов и света, а не физические свойства объектов и света.

Цвет – это результат взаимодействия света, сцены и нашей зрительной системы.

Цветовощущение описывается тремя основными характеристиками:

1) яркость, 2) цветовой тон и 3) насыщенность.



Яркость, цветовой тон и насыщенность

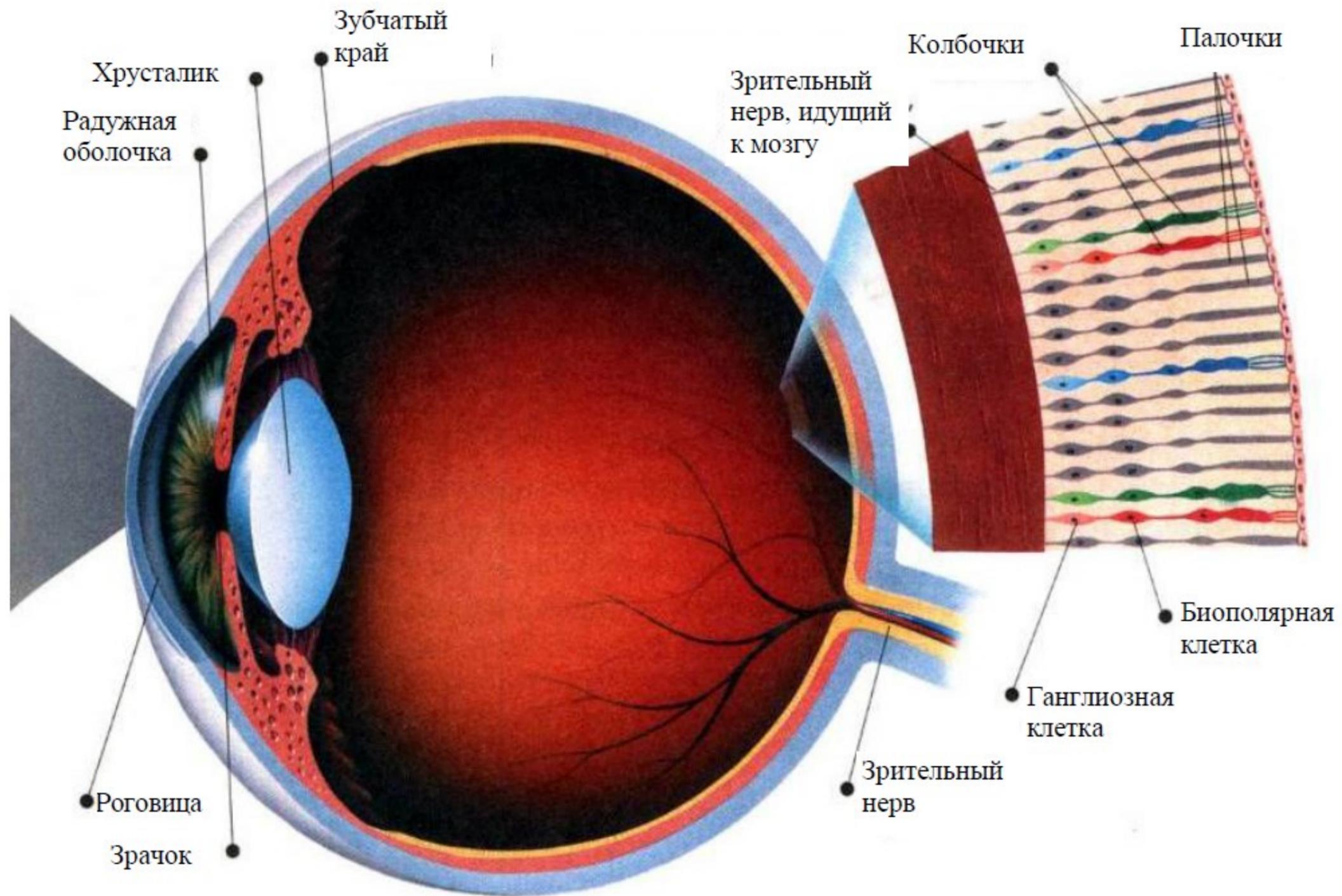
Яркость (*brightness*) – ахроматическое (бесцветное) ощущение интенсивности.

Цветовой тон (*hue*) характеризуется доминирующей длиной волны в смеси световых волн, представляет доминирующий цвет, воспринимаемый наблюдателем.

Насыщенность (*saturation*) связана с относительной белизной цвета, количество белого света, смешанного с его оттенком.

Цветовой тон и насыщенность называются **цветностью**.

Строение глаза человека



Зрительная система человека

В глазу человека содержатся два типа светочувствительных клеток (рецепторов):

- высокочувствительные **палочки**;
- менее чувствительные **колбочки**.

Они преобразуют световые раздражения в нервное возбуждение.

Палочки функционируют при свете слабой интенсивности, в сумерках. Зрительные ощущения, получаемые при этом, бесцветны.

Колбочки функционируют днем и при ярком освещении. Их функция – определение ощущения цветности.

Виды колбочек

Различают три вида колбочек по чувствительности к разным длинам волн света (цветам).

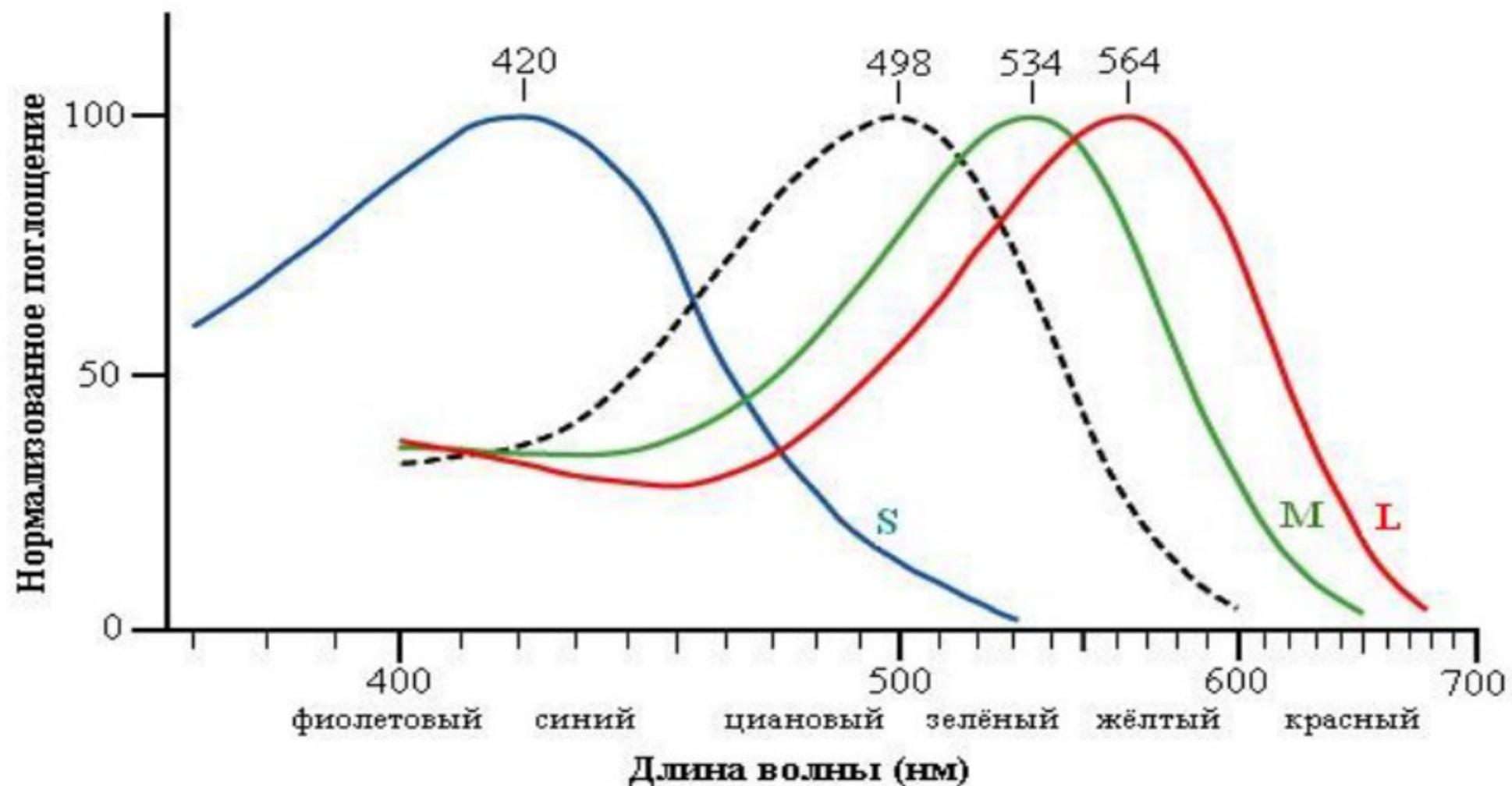
S-cone (Short – коротковолновый спектр) чувствительны в фиолетово-синей,
M-cone (Medium – средневолновый) – в зелено-желтой,
L-cone (Long – длинно-волновый) – в желто-красной областях спектра.

Наличие трех видов колбочек и палочек позволяет человеку различать цвета.

Характеристики различных видов колбочек

Тип колбочек	Воспринимаемые длины волн, нм	Максимум чувствительности, нм
<i>S</i>	380–500	420
<i>M</i>	450–630	534
<i>L</i>	500–750	564

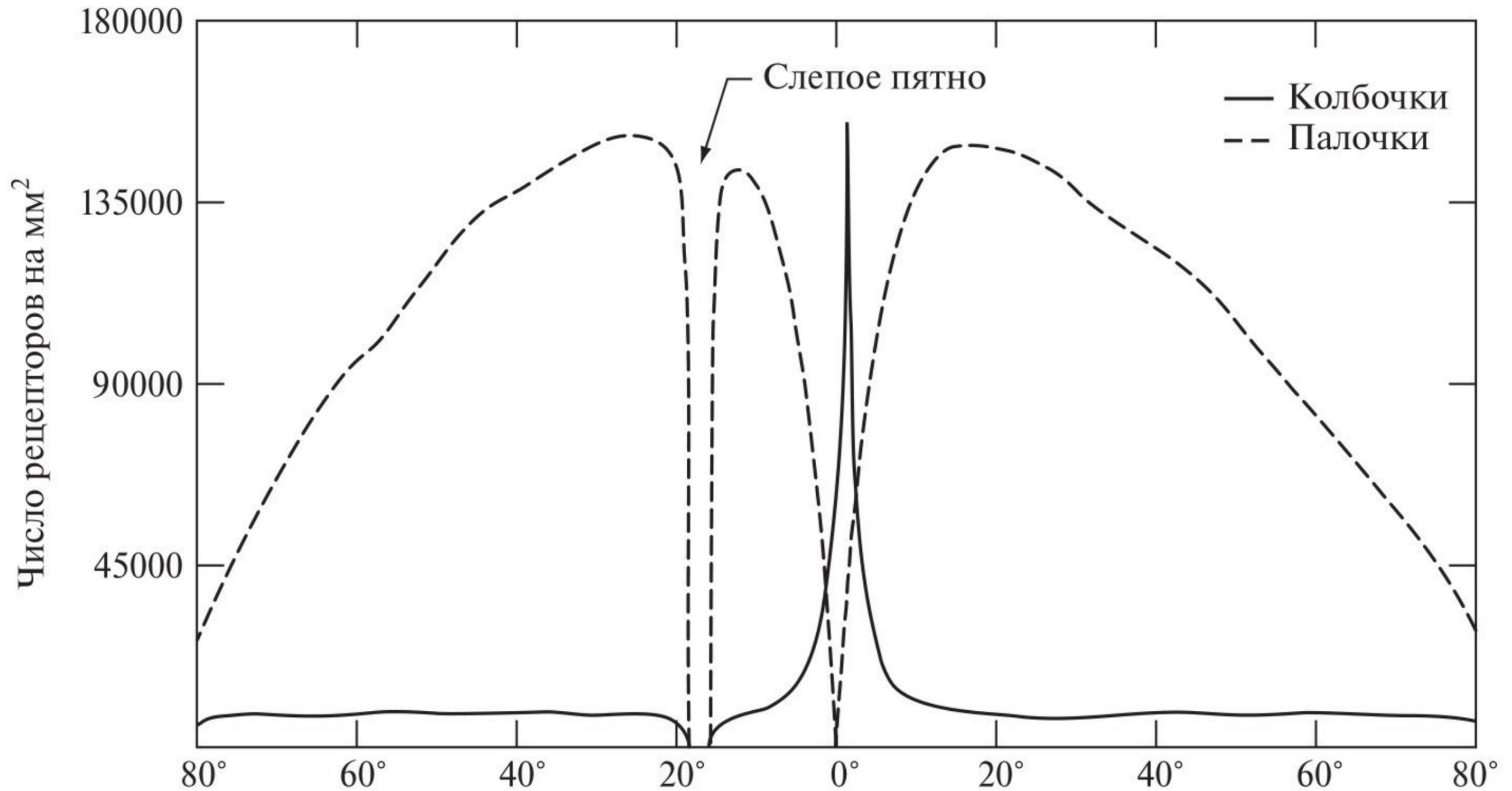
Светочувствительность колбочек



Графики светочувствительности колбочек человеческого глаза *S*, *M*, *L*-типов (пунктиром показана сумеречная, черно-белая восприимчивость палочек)

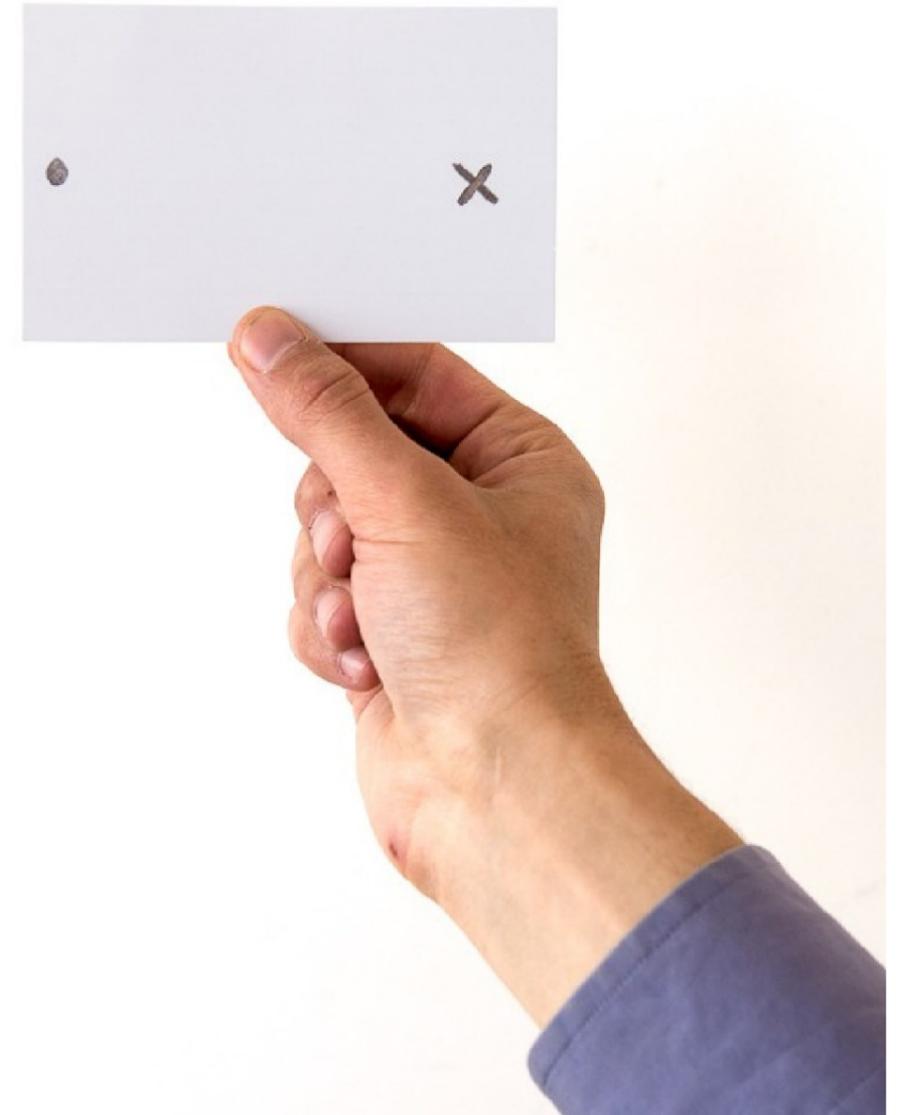
Ахроматический канал, создаваемый колбочками (cones) пропорционален $2R + G + B/20$

Распределение палочек и колбочек на сетчатке



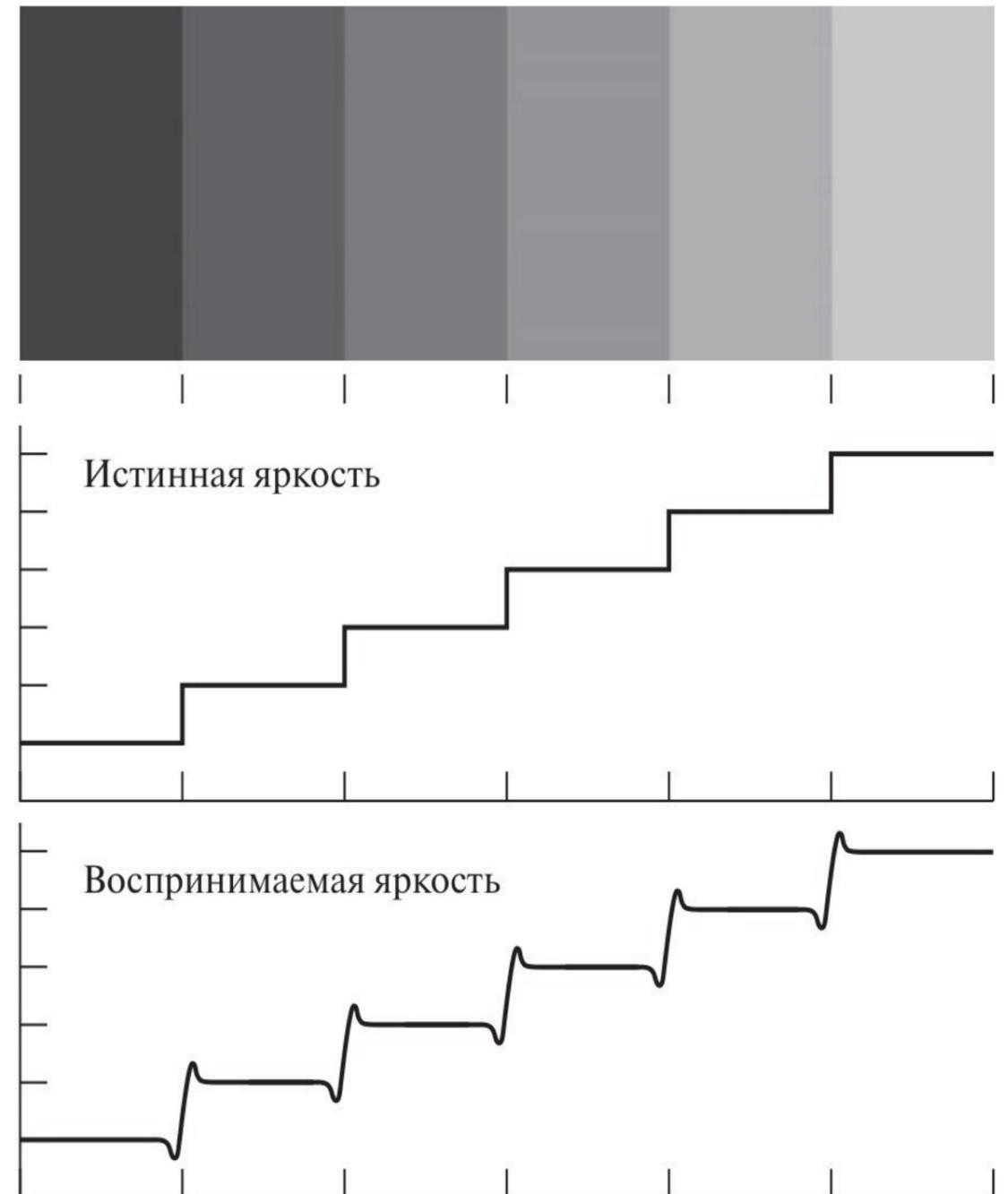
Эксперимент со слепым пятном

1. Нарисовать на листе бумаги точку (слева) и крест (справа) на расстоянии ~15 см.
2. Держите карточку на расстоянии вытянутой руки. Убедитесь что крест расположен правой стороны.
3. Закройте правый глаз и левым глазом смотрите прямо на крест. Убедитесь что видите точку.
4. Медленно подносите карточку к лицу и отслеживайте момент исчезновения точки.



Контрастная чувствительность

Контрастная чувствительность – воспринимаемая яркость не является просто функцией от истинной яркости. Вблизи границ соседних областей, зрение человека склонно **«подчеркивать»** яркостные перепады, как бы добавляя несуществующие выбросы яркости.



Одновременный контраст

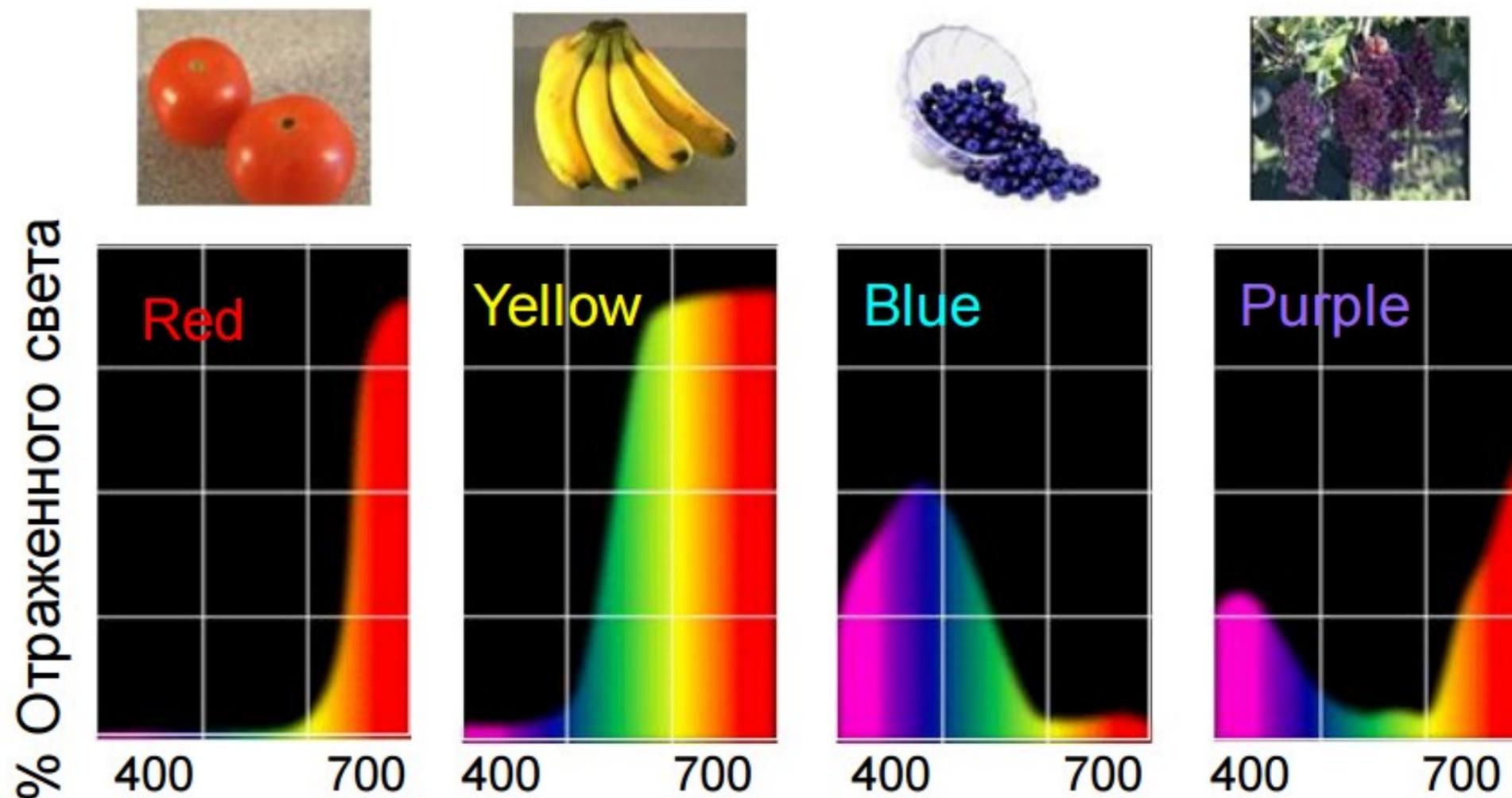


Яркость всех центральных квадратов одинакова, но они кажутся все темнее, чем светлее становится фон.

Свет и электромагнитный спектр

Любой источник света можно полностью описать спектром: количество излученной энергии в единицу времени для каждой длины волны в интервале 400–700 нм.

Примеры спектров отраженного света от предметов



ЦВЕТОВЫЕ МОДЕЛИ

Модели цветного изображения

Цветовая модель – термин, обозначающий абстрактную модель описания представления цветов в виде кортежей чисел, обычно из трёх или четырёх значений, называемых цветовыми компонентами или цветовыми координатами. Вместе с методом интерпретации этих данных множество цветов цветовой модели определяет цветовое пространство.

Назначение **цветовой модели (цветового пространства)** – стандартизация описания цвета.

Распространенные цветовые пространства

- RGB (мониторы, видеокамеры);
- CMY / CMYK (принтеры);
- HIS / HSV / HSL / HSB (обработка изображений);
- CIE Lab (обработка изображений).

Цветовая модель RGB

RGB – это *аддитивная* цветовая модель.

Цвет формируется как сумма трех первичных цветов (**R**ed, **G**reen, **B**lue).

Модель RGB используется в мониторах, телевизорах, видеокамерах.

Модель RGB отражает способ, которым глаз воспринимает цвет.

Каждый из цветов изменяет свою интенсивность в диапазоне от 0 до 255.

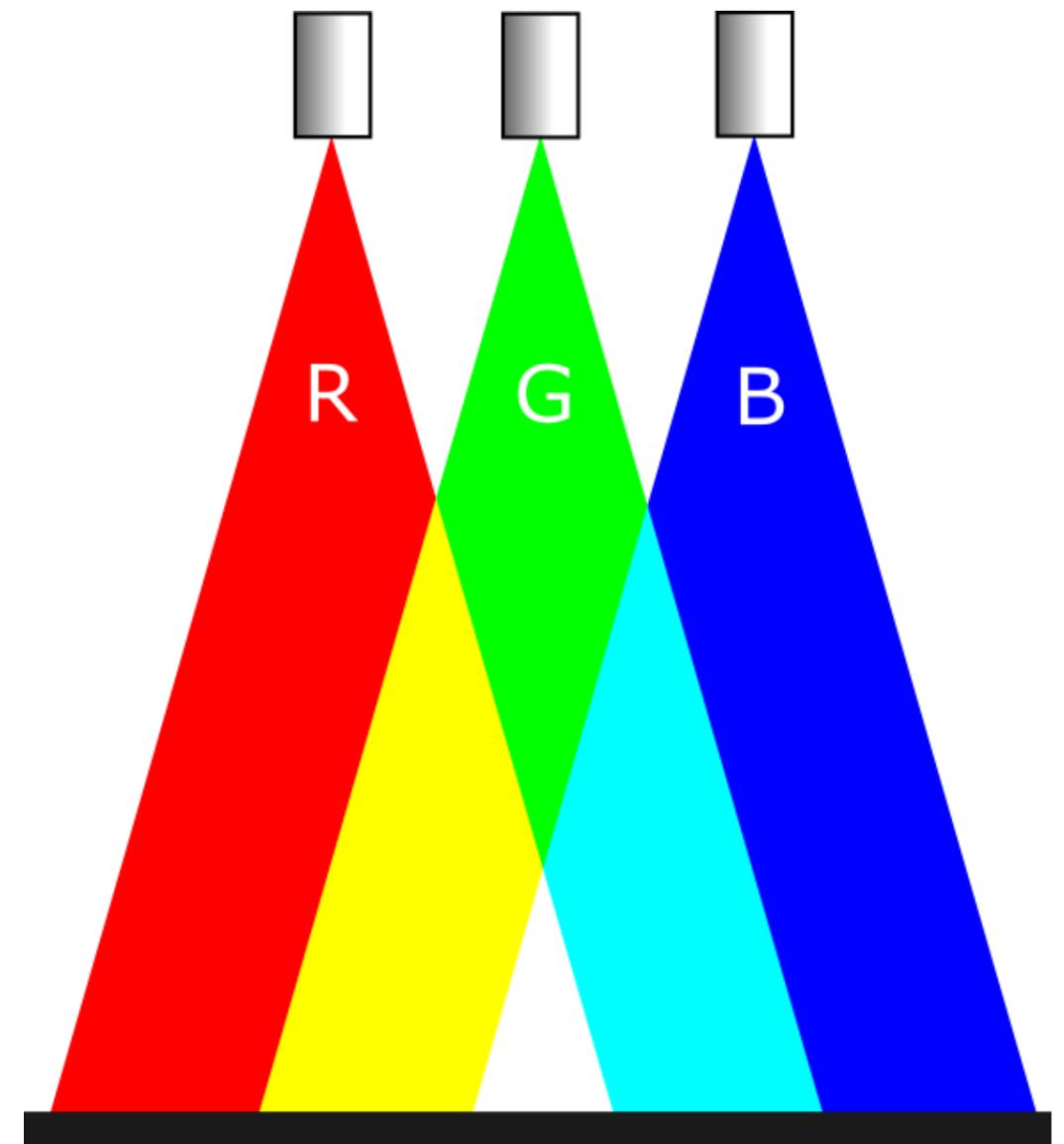
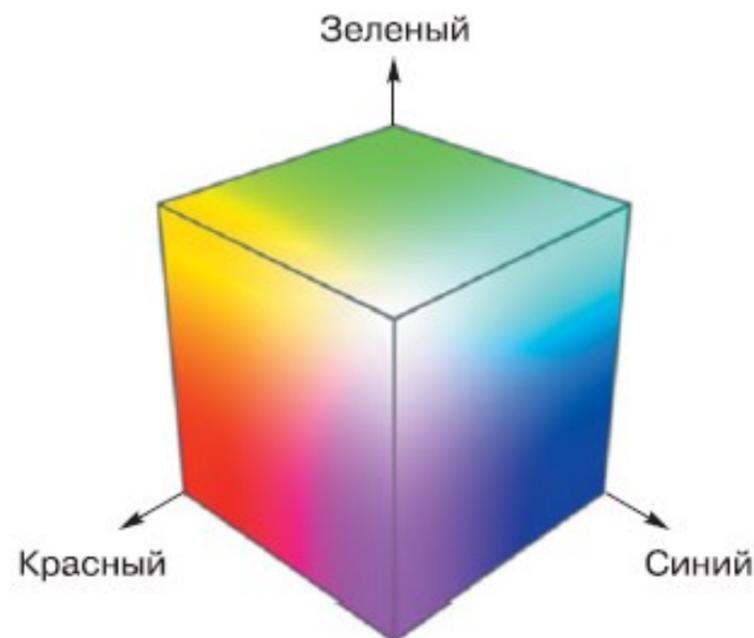


Таблица RGB цветов

Красный	Зеленый	Синий	Цвет
0	0	0	Черный
255	0	0	Красный
0	255	0	Зеленый
0	0	255	Синий
0	255	255	Голубой
255	255	0	Желтый
255	0	255	Пурпурный
255	255	255	Белый



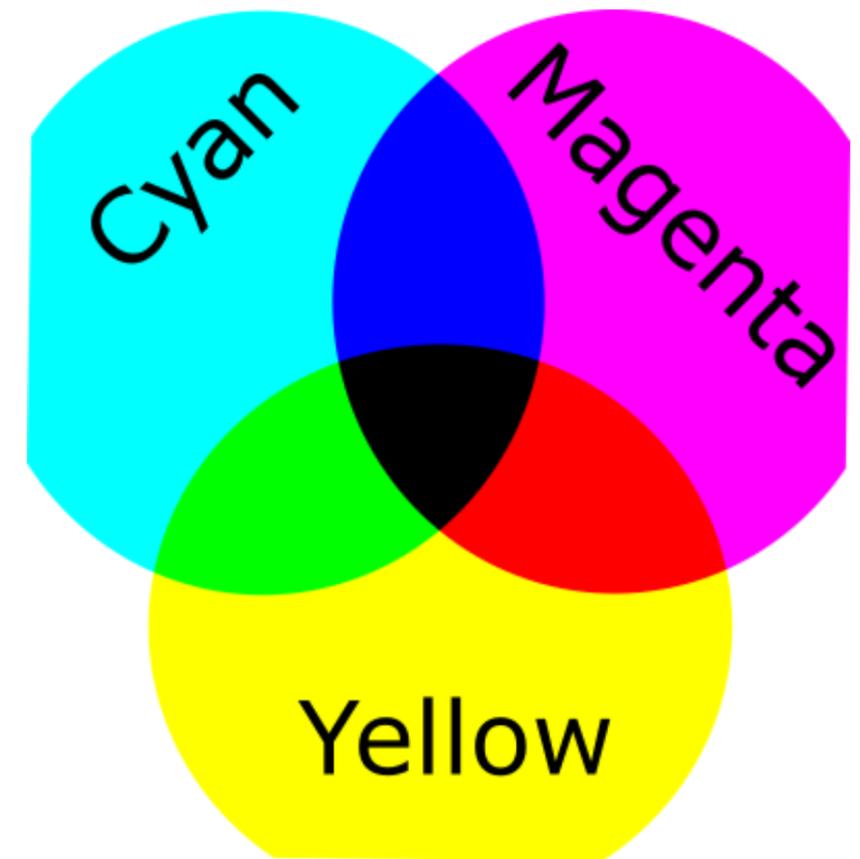
- Цветовую модель RGB можно представить в виде куба. Каждая его пространственная точка определяет цвет. На главной диагонали куба расположены серые цвета.
- При помощи модели RGB можно задать 16,8 миллионов цветов.

Субтрактивная цветовая модель (СМУ)

Цвет формируется путем вычитания из белого цвета компонент: голубой (Cyan), пурпурной (Magenta) и Желтой (Yellow).

- Цветовая модель СМУ описывает поглощаемые цвета
- Цвета, которые используют белый свет, вычитая из него определенные участки спектра, называются субтрактивными (вычитаемыми)

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 255 \\ 255 \\ 255 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

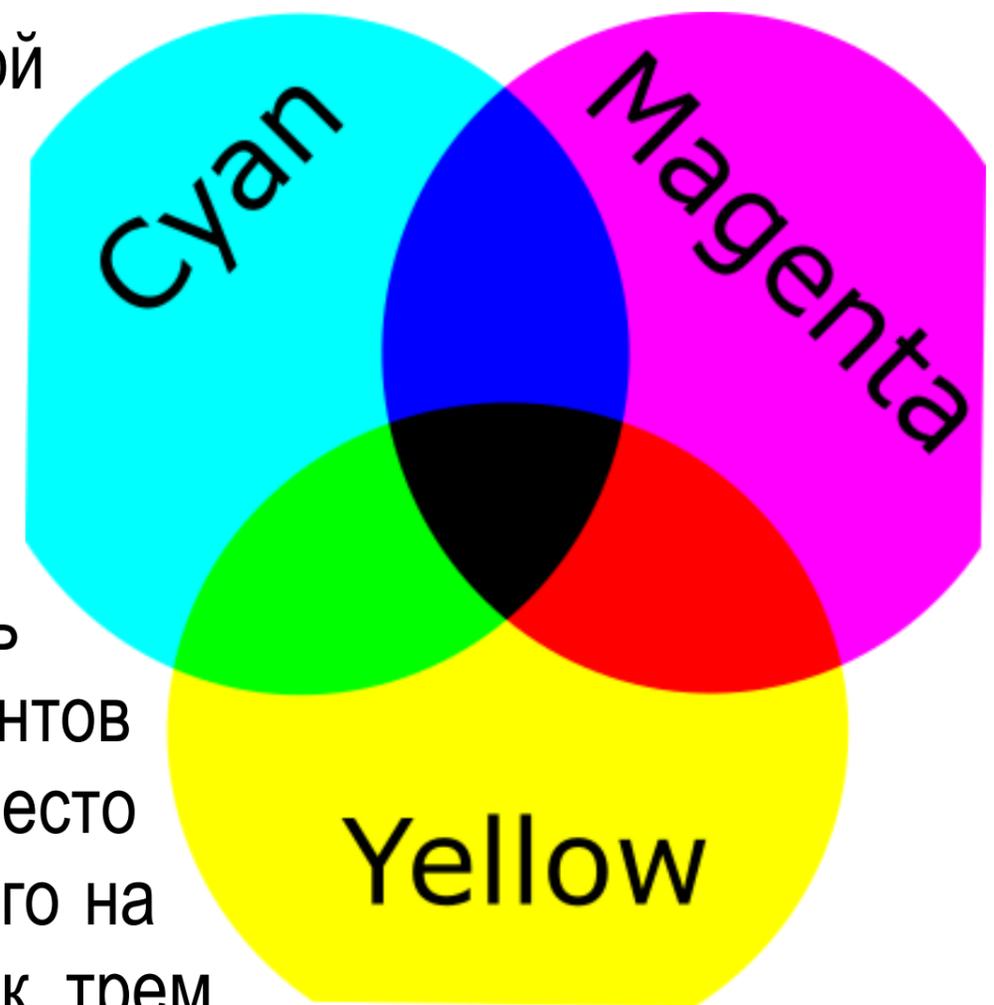


Цветовая модель CMYK

Система CMYK, используется в печати, основное её отличие от RGB состоит в том, что основным носителем цвета является белая бумага, которая, в отличие от черных мониторов, отражает свет.

– Свет, отраженный от белой бумаги тремя основными цветами RGB, дает три дополнительных цвета: голубой (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow). Т.е. происходит "вычитание" базовых цветов из белого, поэтому цветовая модель CMYK называется "субтрактивной" (вычитающей).

– Голубой, пурпурный и желтый вместе должны давать черный цвет, но из-за неидеальности компонентов красителей и погрешностей в их смешивании вместо черного получается серо-бурый цвет. Добиться черного на бумаге смешением цветов крайне трудно, поэтому к трем цветам CMYK был добавлен "чистый" черный (black).



Цветовая модель YCbCr

YCbCr, Y'CbCr – семейство цветовых пространств, которые используются в видео и цифровой фотографии.

Y – компонента яркости (*luminance*);

C – насыщенность цвета (*chrominance*);

Cb и **Cr** являются синей и красной цветоразностными компонентами. **Y'** (с апострофом) отличается от **Y**, которой обозначают яркость без предискажения.

Вычисление яркости (ITU-T BT.601)

$$Y = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,114 \cdot B,$$

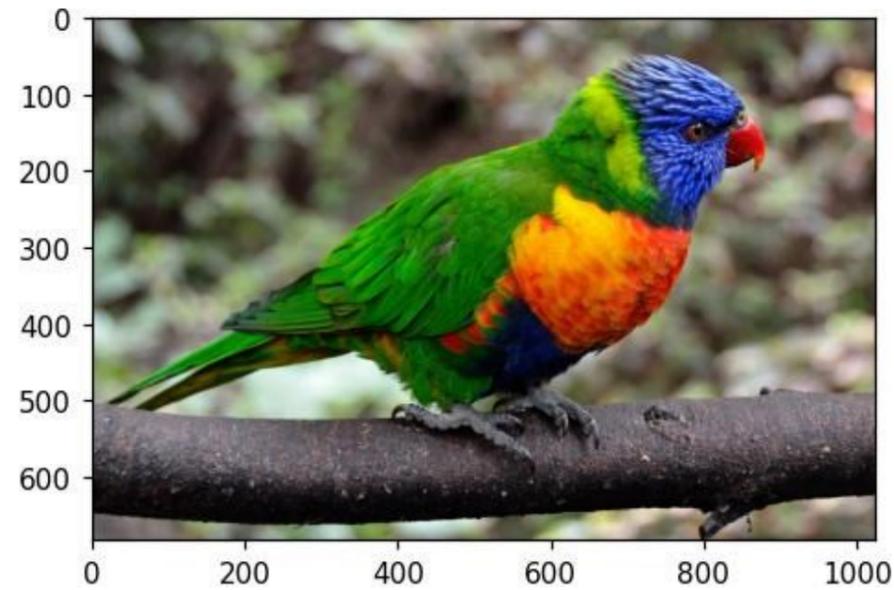
Цветоразностные компоненты

$$Cb = 0,564 \cdot (B - Y),$$

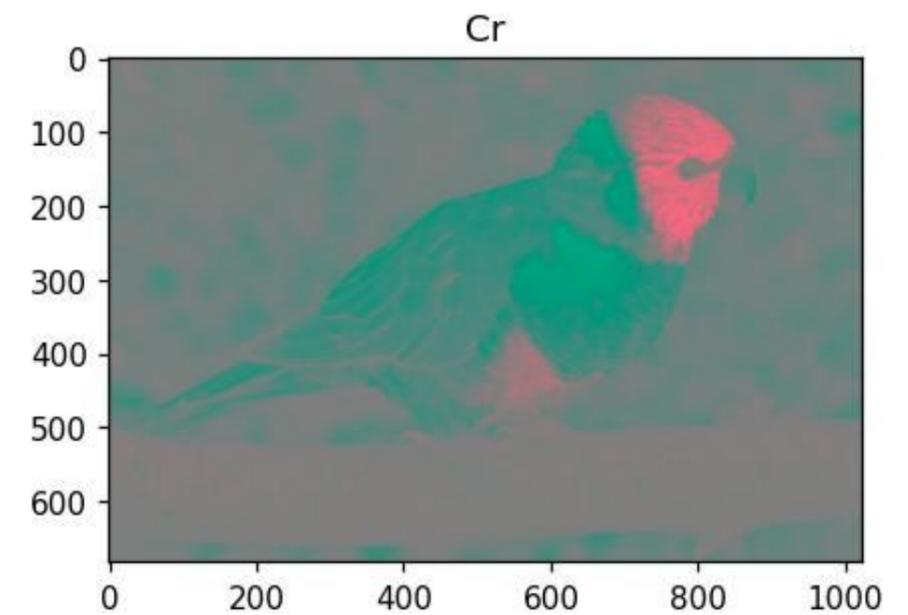
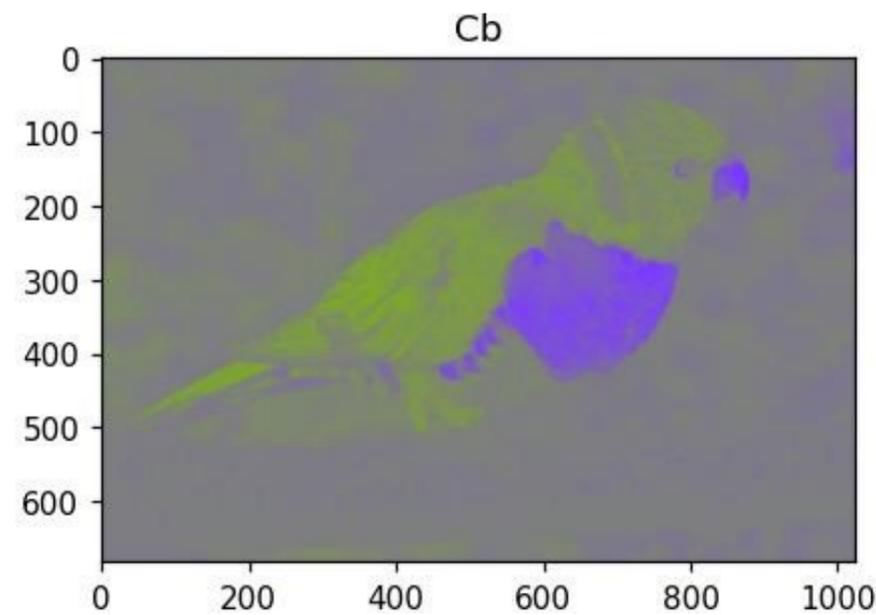
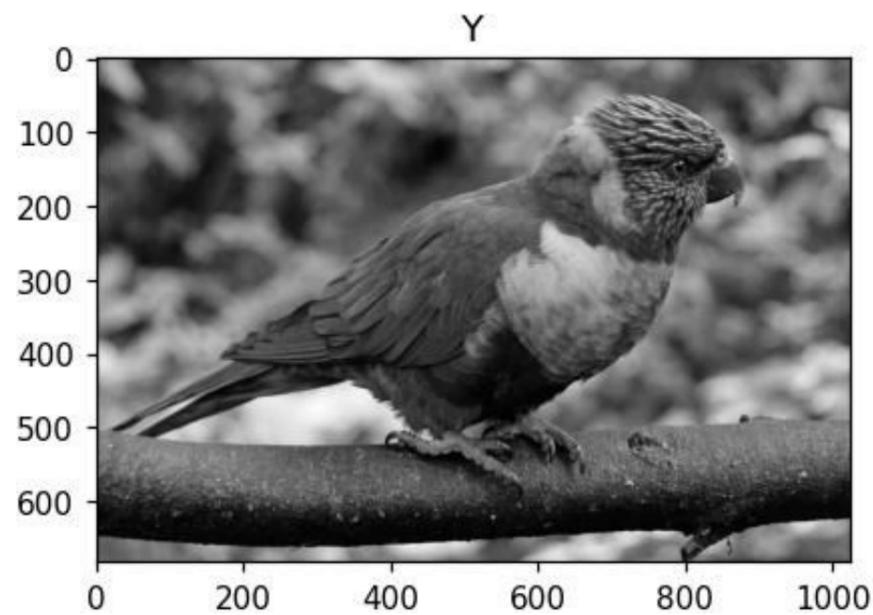
$$Cr = 0,713 \cdot (R - Y),$$

Пример перехода от RGB к YCbCr

RGB



YCbCr



Переход от YCbCr к RGB

Обратное преобразование определяется формулами

Синяя компонента

$$B = Y + 1,772Cb.$$

Красная компонента

$$R = Y + 1,402Cr,$$

Зеленая компонента

$$G = Y - 0,344Cb - 0,714Cr,$$

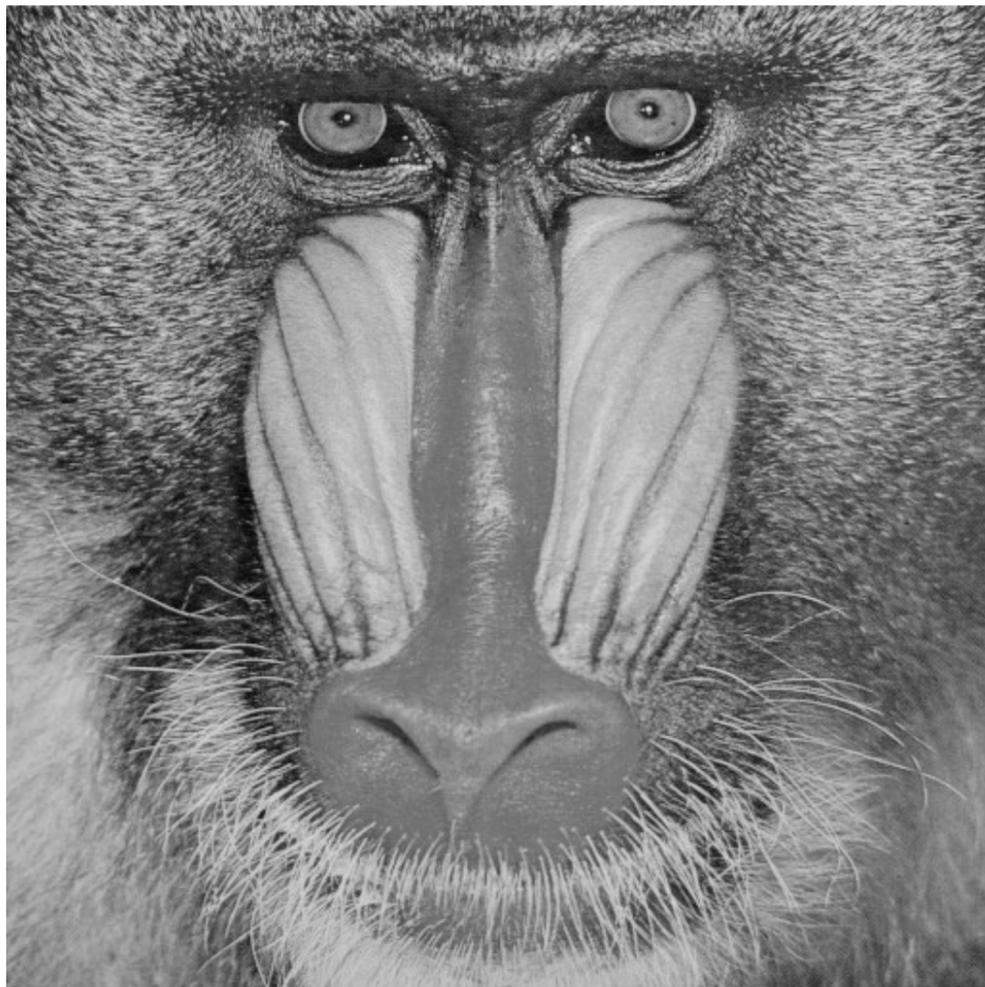
БИТОВЫЕ ПЛОСКОСТИ

Изображение с L уровнями яркости, можно представить в виде $\log_2 L$ бинарных изображений. Такие изображения называются **битовыми плоскостями**. При разбиении i -ое бинарное изображение получается путём выделения i -х битов из каждого пиксела исходного изображения.

БИТОВЫЕ ПЛОСКОСТИ

Изображение с L уровнями яркости, можно представить в виде $\log_2 L$ бинарных изображений. Такие изображения называются **битовыми плоскостями**. При разбиении i -ое бинарное изображение получается путём выделения i -х битов из каждого пиксела исходного изображения.

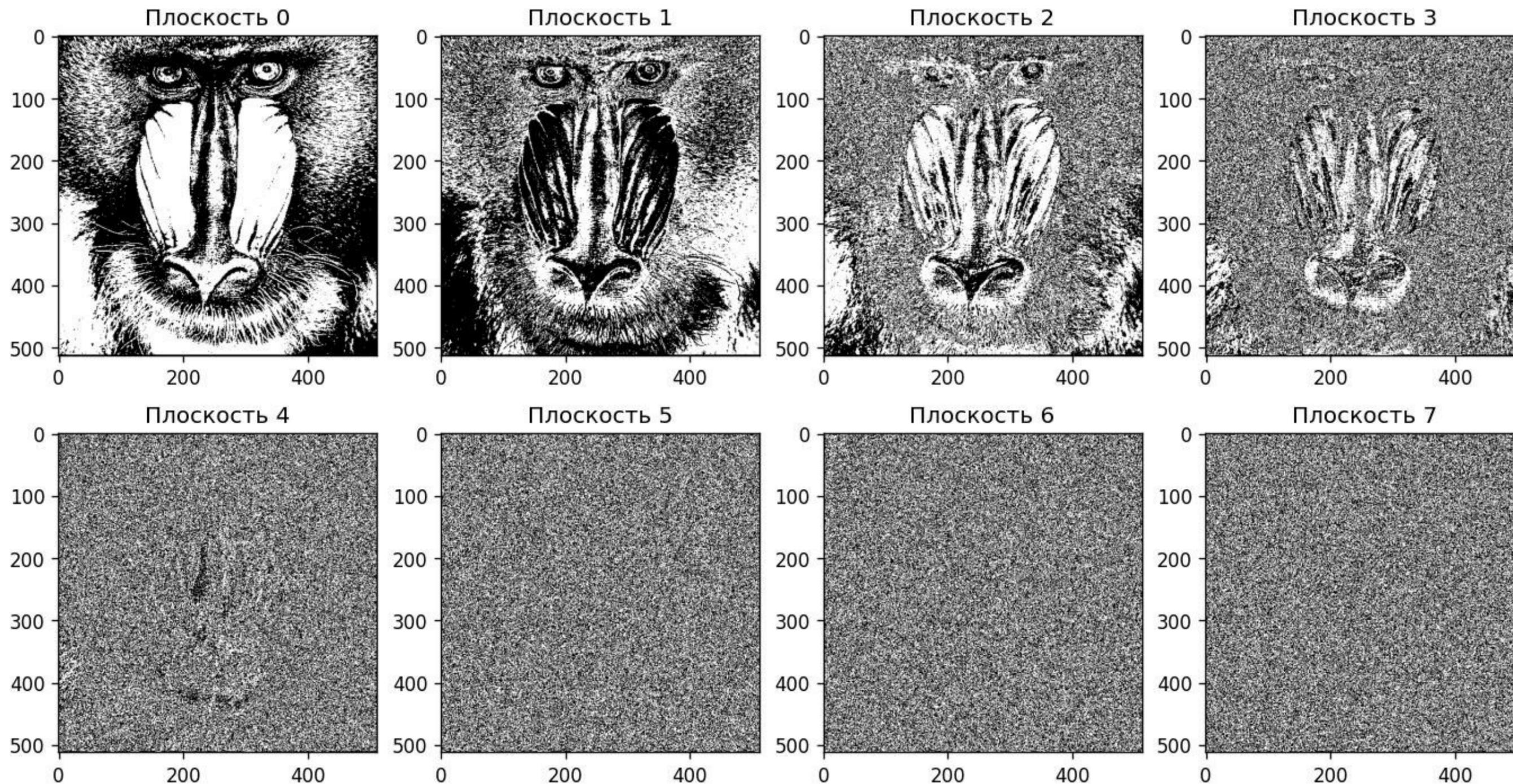
Пример



[baboon.tiff](#)

Изображение с $L = 256$ уровнями яркости.
Сколько битовых плоскостей можно получить?

БИТОВЫЕ ПЛОСКОСТИ

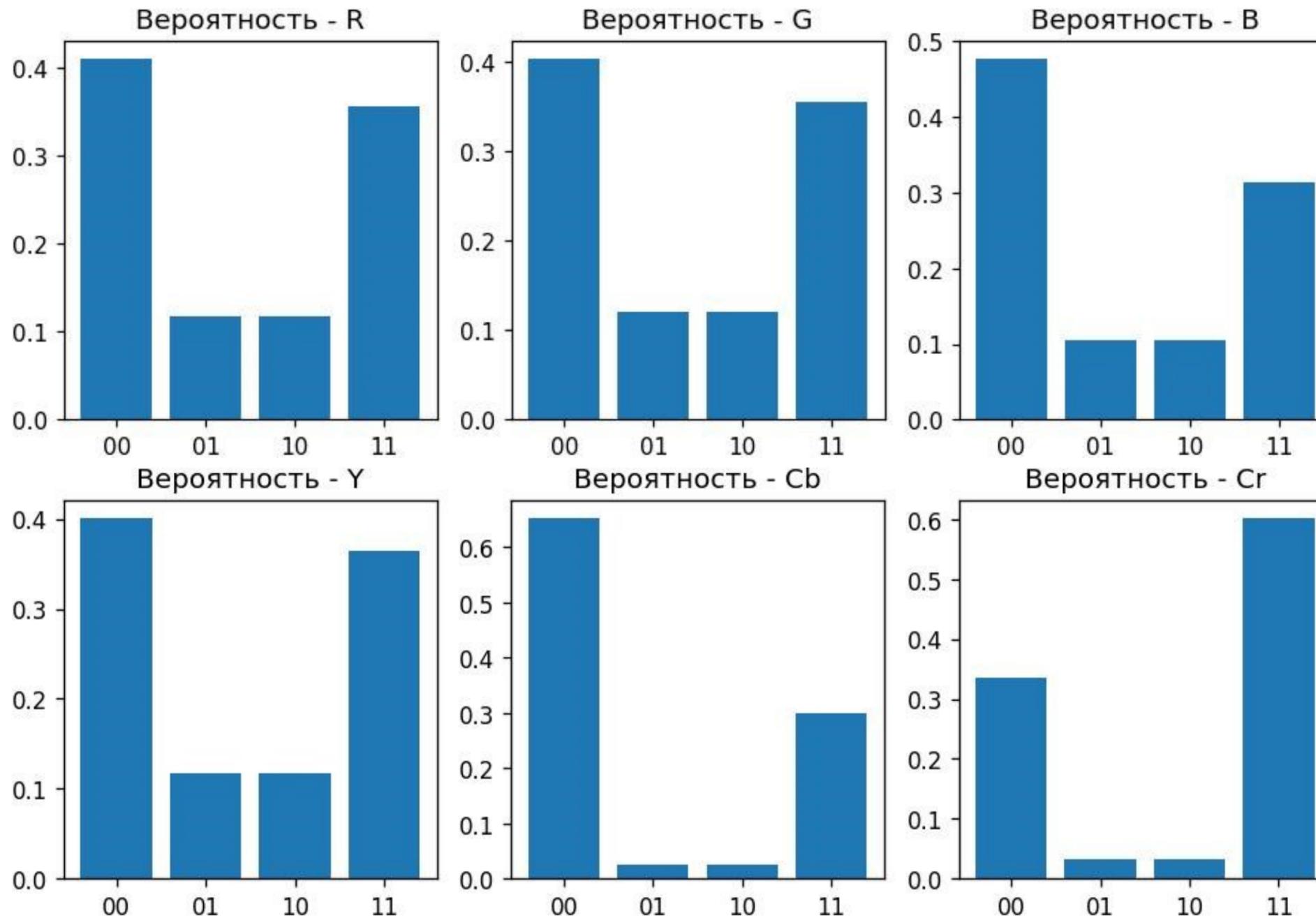


Подсчет переходов

Вычислить вероятности переходов по горизонтали между пикселями 3-й битовой плоскости RGB-изображения и изображения в кодировке YCbCr.

Подсчет переходов

Вычислить вероятности переходов по горизонтали между пикселями 3-й битовой плоскости RGB-изображения и изображения в кодировке YCbCr.

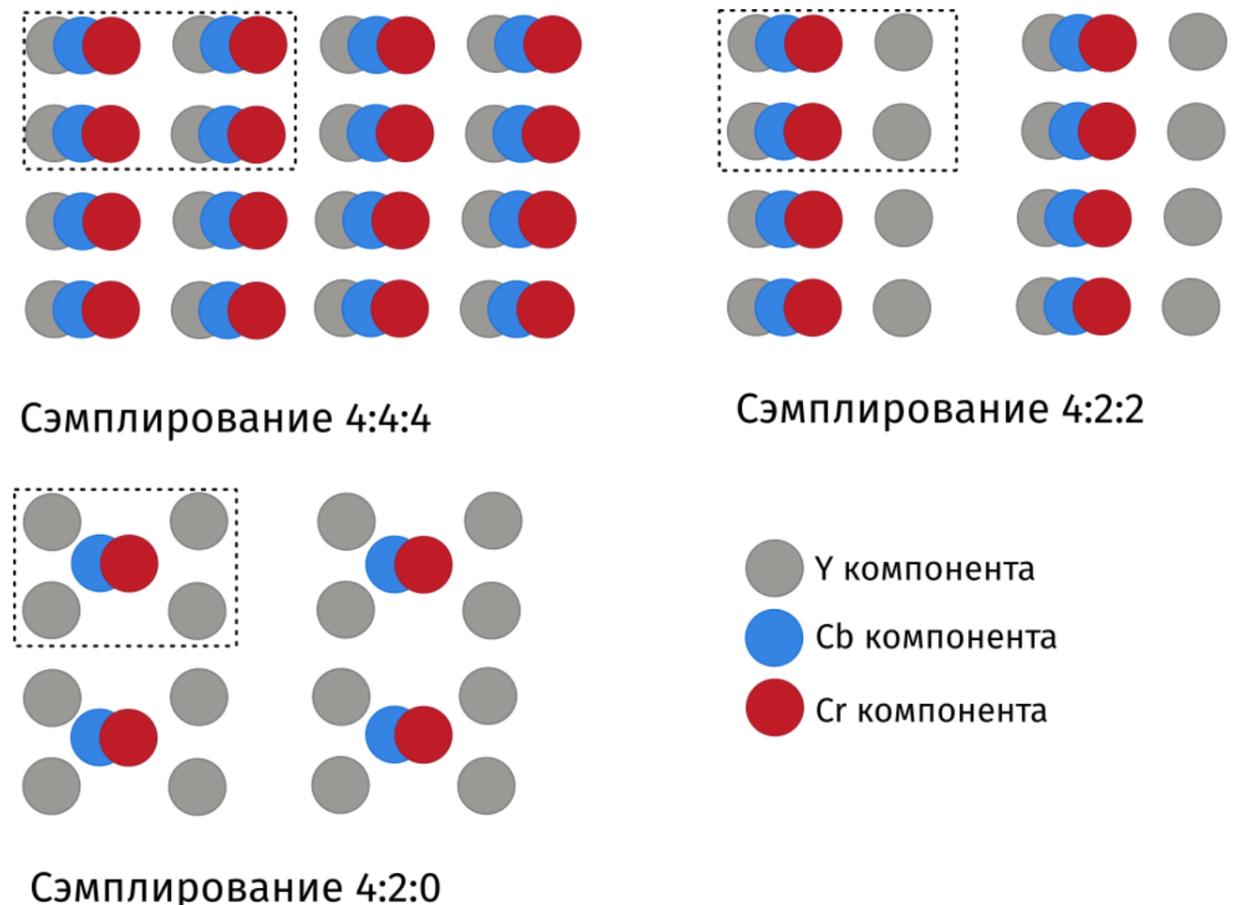


Субдискретизация YCbCr

Y'CbCr не является абсолютным цветовым пространством, скорее, это способ кодирования информации сигналов **RGB**.

– Для систем отображения используют систему цветов **RGB**, которая, однако, не является эффективной для хранения и передачи изображений, так как она имеет большую избыточность.

– Перевод изображения в систему **Y'CbCr** позволяет передать информацию о яркости с полным разрешением, а для цветоразностных компонент произвести **субдискретизацию**, то есть выборку с уменьшением числа передаваемых элементов изображения, так как человеческий глаз менее чувствителен к перепадам цвета. Это повышает эффективность системы, позволяя уменьшить поток видеоданных (JPEG, MPEG).



Субдискретизация хроматических компонент YCbCr

Схема субдискретизации обычно выражается в виде трех чисел $J:a:b$, которые описывают количество пикселей яркости и цветности в концептуальной области,

J – ширина концептуальной области, обычно 4, но не обязательно.

a – количество выборок цветности (Cr, Cb) в первом ряду из J пикселей.

b – количество изменений выборок цветности (Cr, Cb) между первым и вторым рядом J пикселей.

