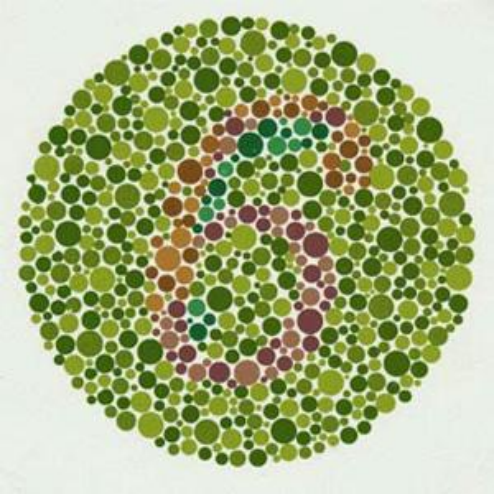
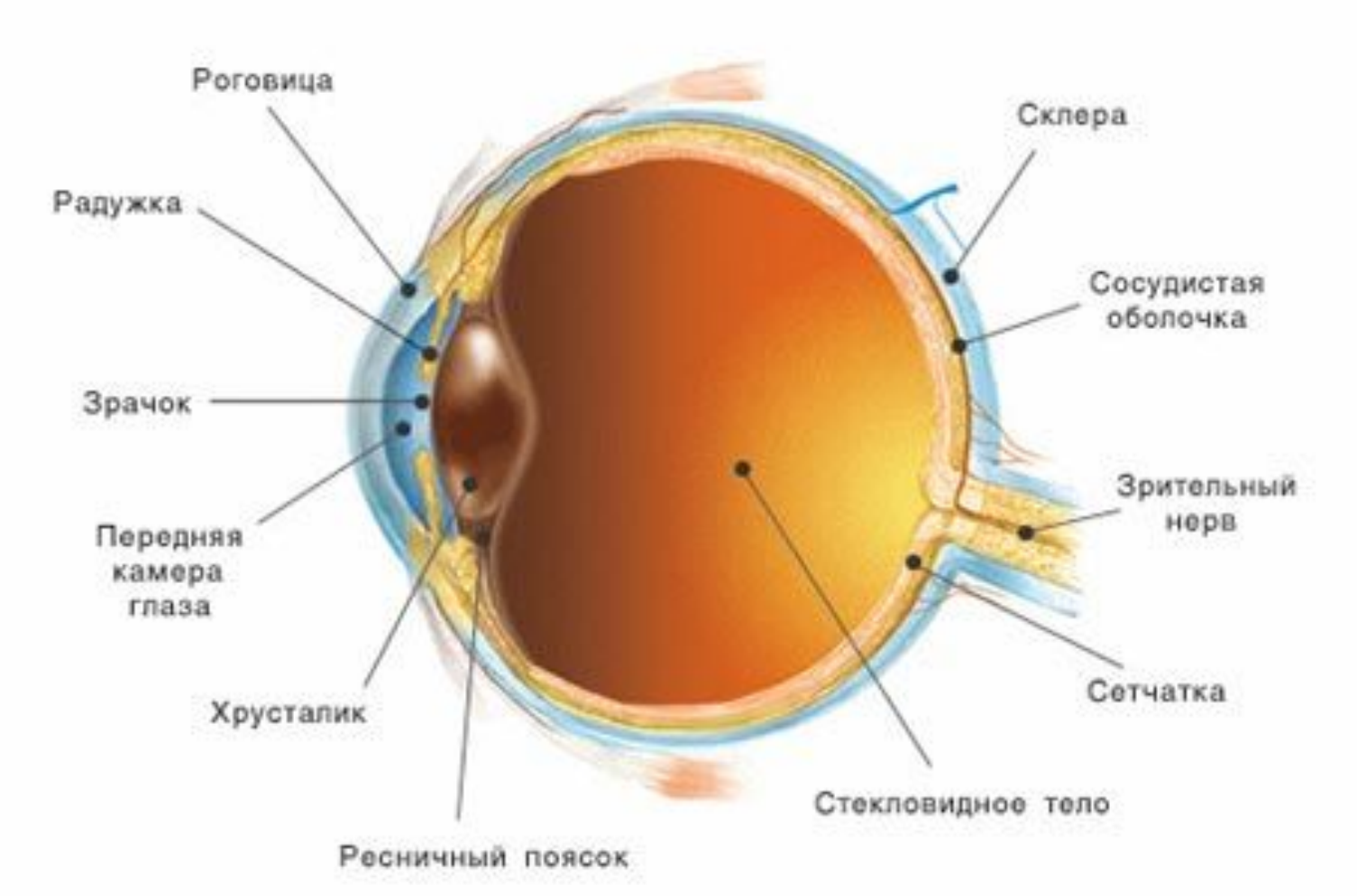
БИОФИЗИКА ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

ВИДИМЫЙ СВЕТ ОТ 400 ДО 750 НМ

ЗРЕНИЕ БАЗИРУЕТСЯ НА ВОСПРИЯТИИ

- ***КОНТРАСТОВ СВЕТЛОГО И ТЕМНОГО***,
- ***ЦВЕТОВЫХ КОНТРАСТОВ*** (ДЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ С НЕОДНОРОДНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ)





ЯДРО ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА: ХРУСТАЛИК, ВОДЯНИСТАЯ ВЛАГА, СТЕКЛОВИДНОЕ ТЕЛО

КАПСУЛА ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА: ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА

ЯДРО ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА

ХРУСТАЛИК:

- ДВОЯКОВЫПКУЛАЯ ЛИНЗА
- ПРОЗРАЧНЫЙ И БЕСЦВЕТНЫЙ
- НАХОДИТСЯ В ПРОЗРАЧНОЙ КАПСУЛЕ
- ВОЛОКНА ХРУСТАЛИКА ОБРАЗОВАНЫ БЕЛКОМ *КРИСТАЛЛИНОМ*

ВОДЯНИСТАЯ ВЛАГА ПО СОСТАВУ БЛИЗКА К ПЛАЗМЕ КРОВИ

СТЕКЛОВИДНОЕ ТЕЛО: ПРОЗРАЧНОЕ АМОРФНОЕ ВЕЩЕСТВО, ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ БЕЛОК *ВИТРИН И ГИАЛУРОНОВАЯ КИСЛОТА*

КАПСУЛА ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА

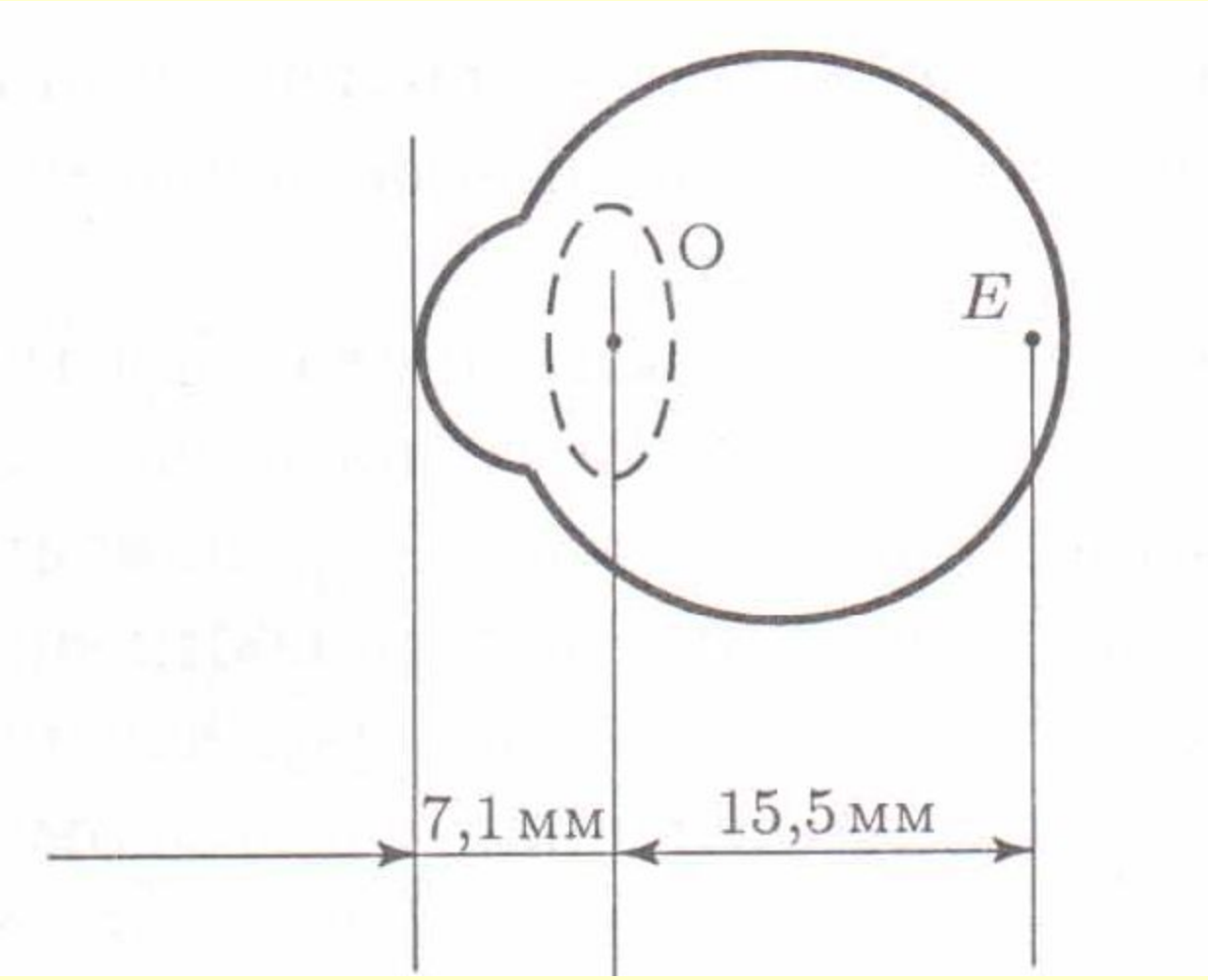
БЕЛОЧНАЯ ОБОЛОЧКА: СКЛЕРА + РОГОВИЦА

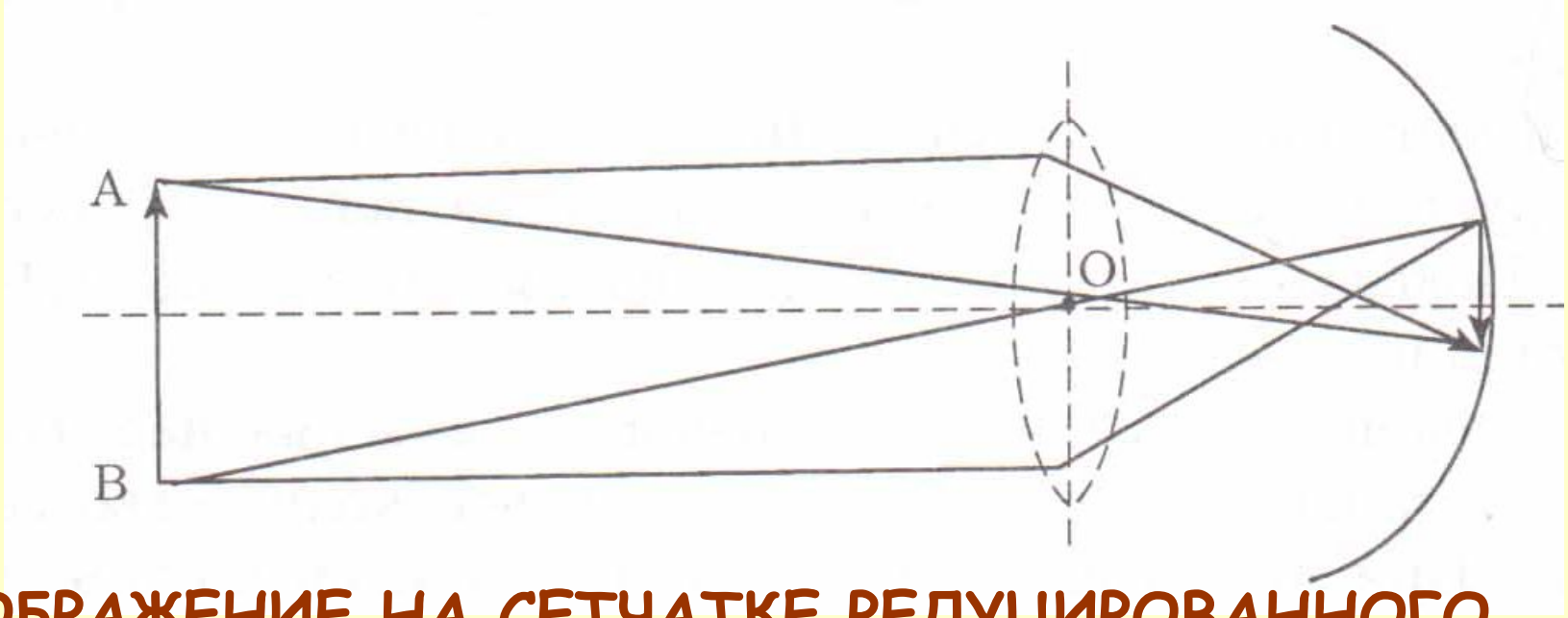
СОСУДИСТАЯ ОБОЛОЧКА: СОБСТВЕННО СОСУДИСТАЯ ОБОЛОЧКА + РЕСНИЧНОЕ ТЕЛО + РАДУЖНАЯ ОБОЛОЧКА

СЕТЧАТКА: ПИГМЕНТНЫЙ СЛОЙ + НЕРВНЫЙ СЛОЙ

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА СЕТЧАТКЕ

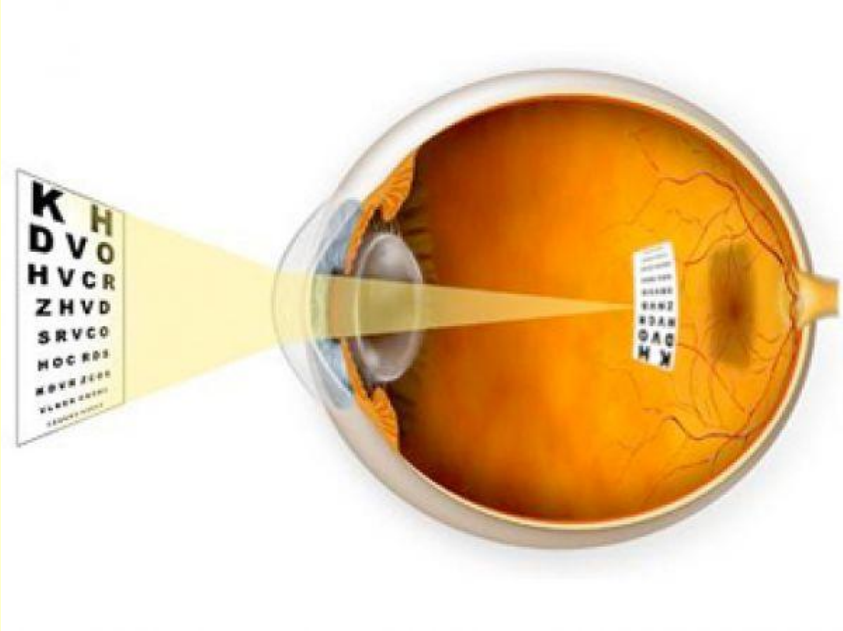
РЕДУЦИРОВАННЫЙ ГЛАЗ





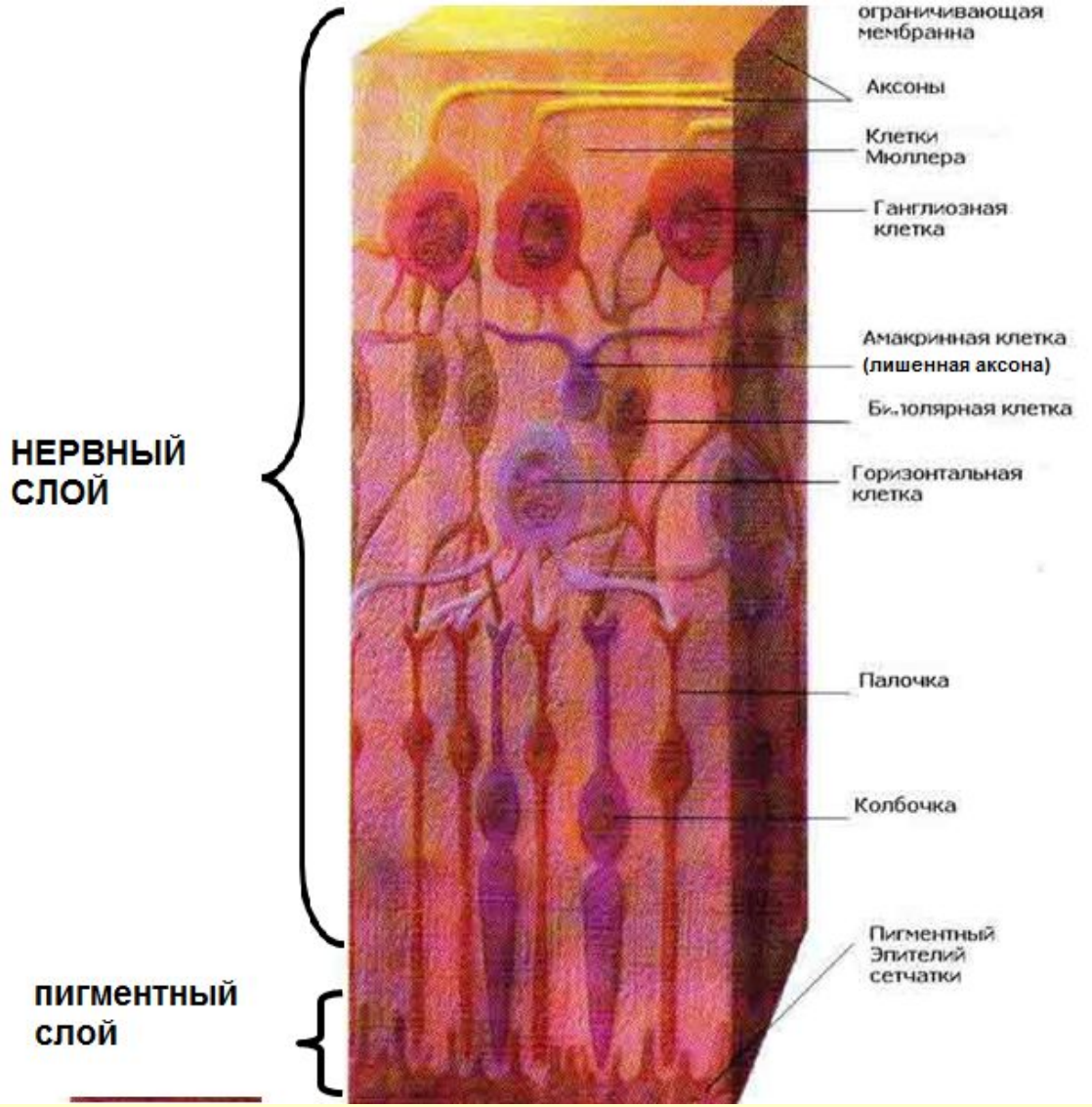
ИЗОБРАЖЕНИЕ НА СЕТЧАТКЕ РЕДУЦИРОВАННОГО ГЛАЗА:

- ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ
- УМЕНЬШЕННОЕ
- ПЕРЕВЕРНУТОЕ



СТРОЕНИЕ СЕТЧАТКИ

СВЕТ


ограничивающая мембранна
Аксоны
Клетки Мюллера
Ганглиозная клетка
Амакринная клетка (лишенная аксона)
Биполярная клетка
Горизонтальная клетка
Палочка
Колбочка
Пигментный Эпителий сетчатки
НЕРВНЫЙ СЛОЙ
пигментный слой

ФУНКЦИИ ПИГМЕНТНОГО СЛОЯ:

- ПИТАНИЕ ДЛЯ ФОТОРЕЦЕПТОРОВ
- ОБНОВЛЕНИЕ ФОТОРЕЦЕПТОРОВ
- ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА, НЕ ПОГЛОТИВШЕГОСЯ ФОТОРЕЦЕПТОРАМИ

ФУНКЦИЯ СЕТЧАТКИ:

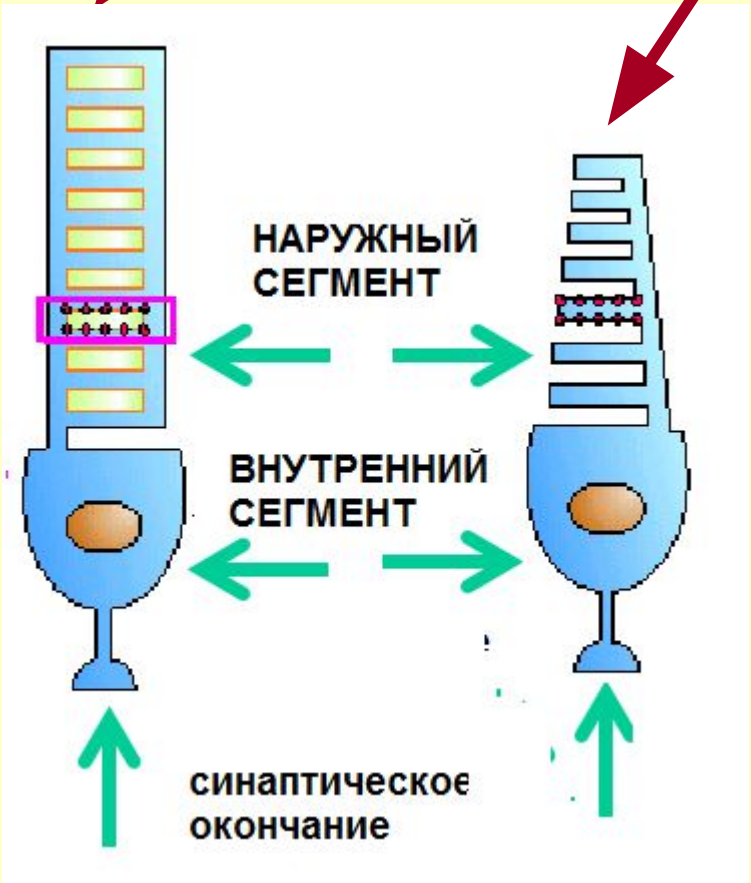
ВОСПРИЯТИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВЕТОВОГО СИГНАЛА

СТРОЕНИЕ ПАЛОЧЕК И КОЛБОЧЕК

120 млн.

Сосредоточены на периферии сетчатки

Сумеречное зрение

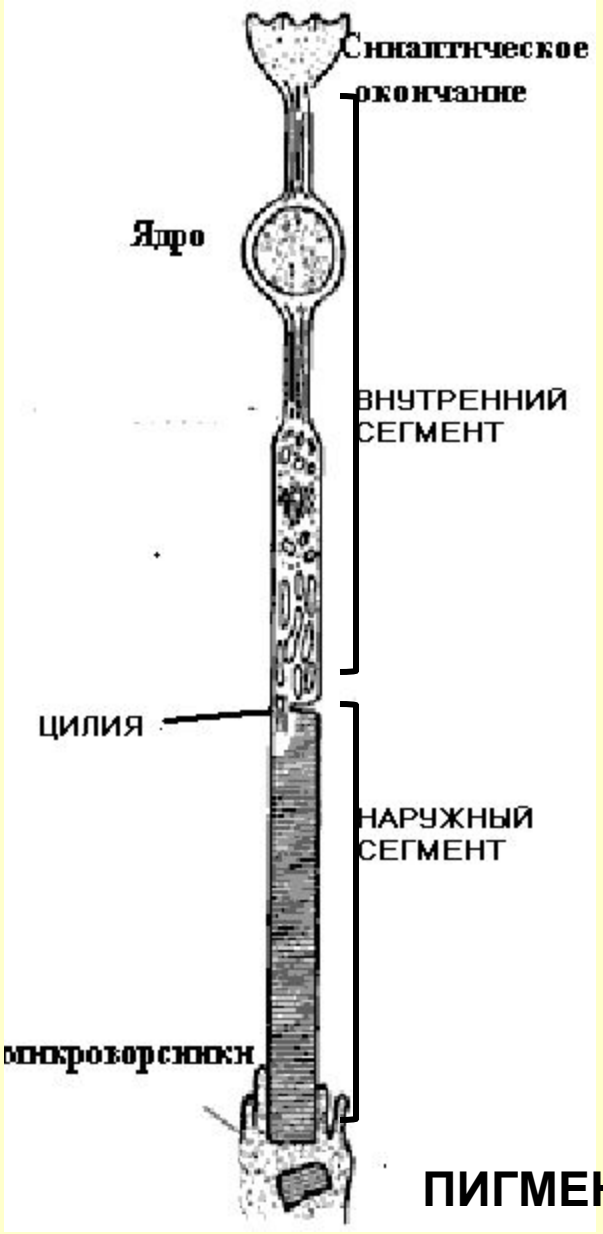


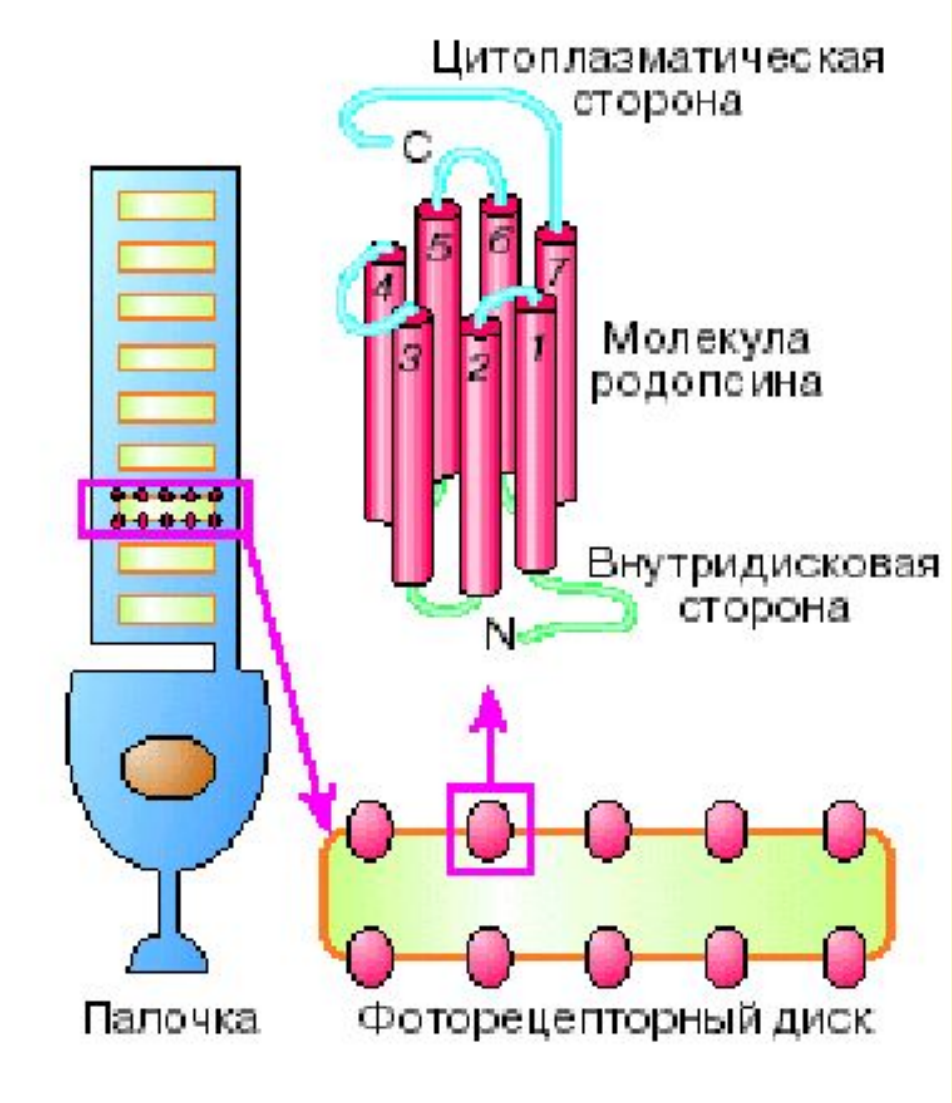
7млн.

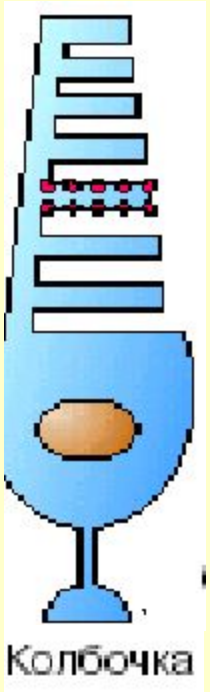
сосредоточены в центре сетчатки

Цветное зрение

СТРОЕНИЕ ПАЛОЧКИ







У ЧЕЛОВЕКА 1000 ФОТОРЕЦЕПТОРНЫХ ДИСКОВ НА ОДИН НАРУЖНЫЙ СЕГМЕНТ

СОСТАВ ФОТОРЕЦЕПТОРНЫХ ДИСКОВ

БЕЛКИ – около 60%, ЛИПИДЫ – около 40%, УГЛЕВОДЫ – менее 4%

ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ:

- МАЛОЕ КОЛИЧЕСТВО ХОЛЕСТЕРИНА,
- МНОГО ЛИПИДОВ С ДВОЙНЫМИ СВЯЗЯМИ.

РЕЗУЛЬТАТ: НИЗКАЯ ВЯЗКОСТЬ И ВЫСОКАЯ ЛАБИЛЬНОСТЬ МЕМБРАН

БЕЛКОВЫЙ СОСТАВ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МЕМБРАННЫЕ: *РОДОПСИН* (95%)

ЭКСТРАГИРУЕМЫЕ:

- *G-БЕЛОК ТРАНСДУЦИН*
- *АРРЕСТИН*
- *ФОСФОДИЭСТЕРАЗА цГМФ*
- *РОДОПСИНКИНАЗА*
- *ГУАНИЛАТЦИКЛАЗА*
- *РЕКОВЕРИН*

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ ФОТОРЕЦЕПТОРОВ

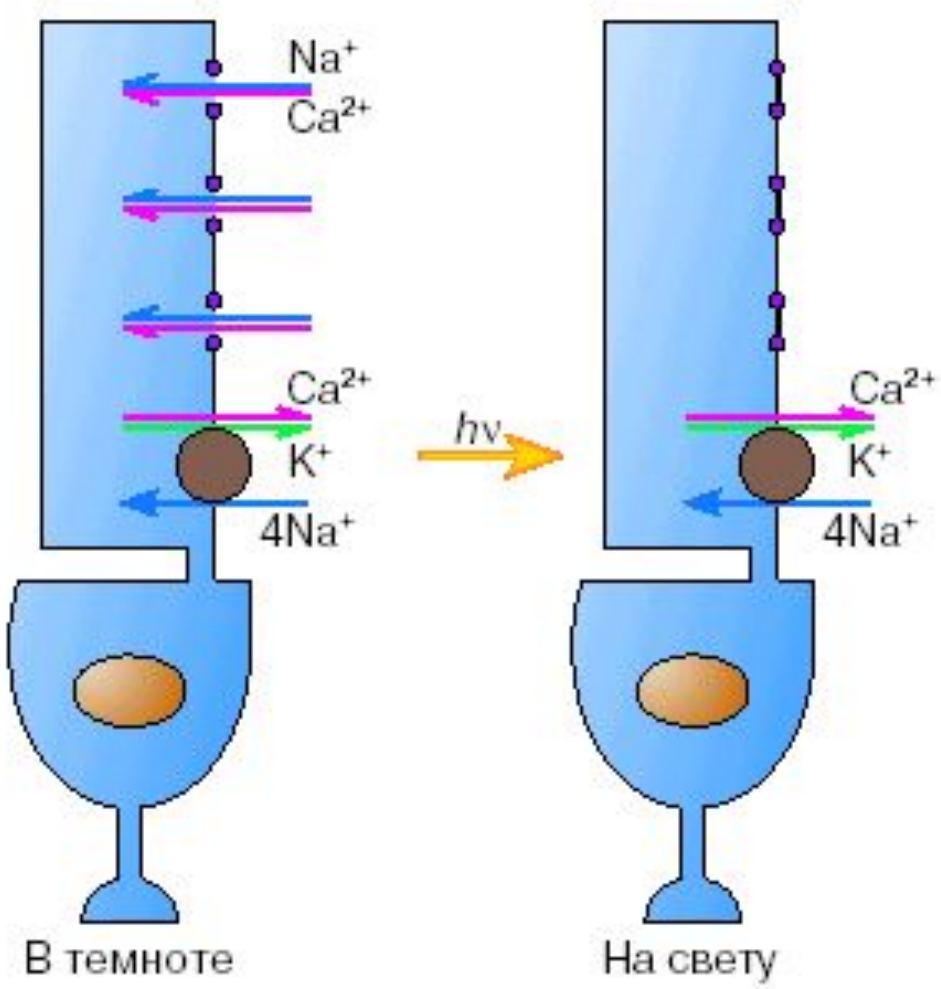
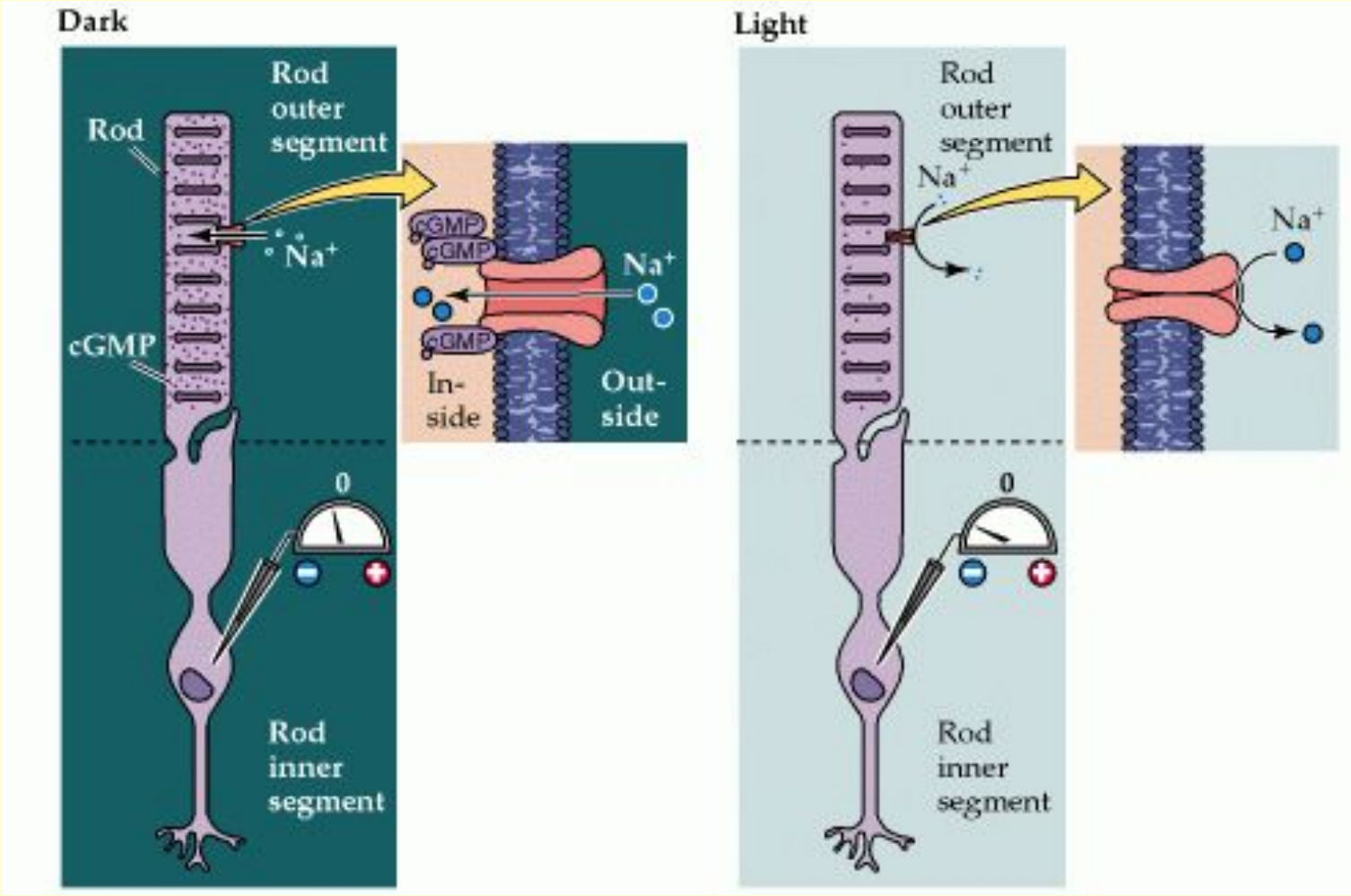


Рис. 3. Схема ионных токов в НСП в темноте и после действия света (*hν*)

ИОННЫЕ КАНАЛЫ цГМФ-ЗАВИСИМЫЕ, ОТКРЫТЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С цГМФ

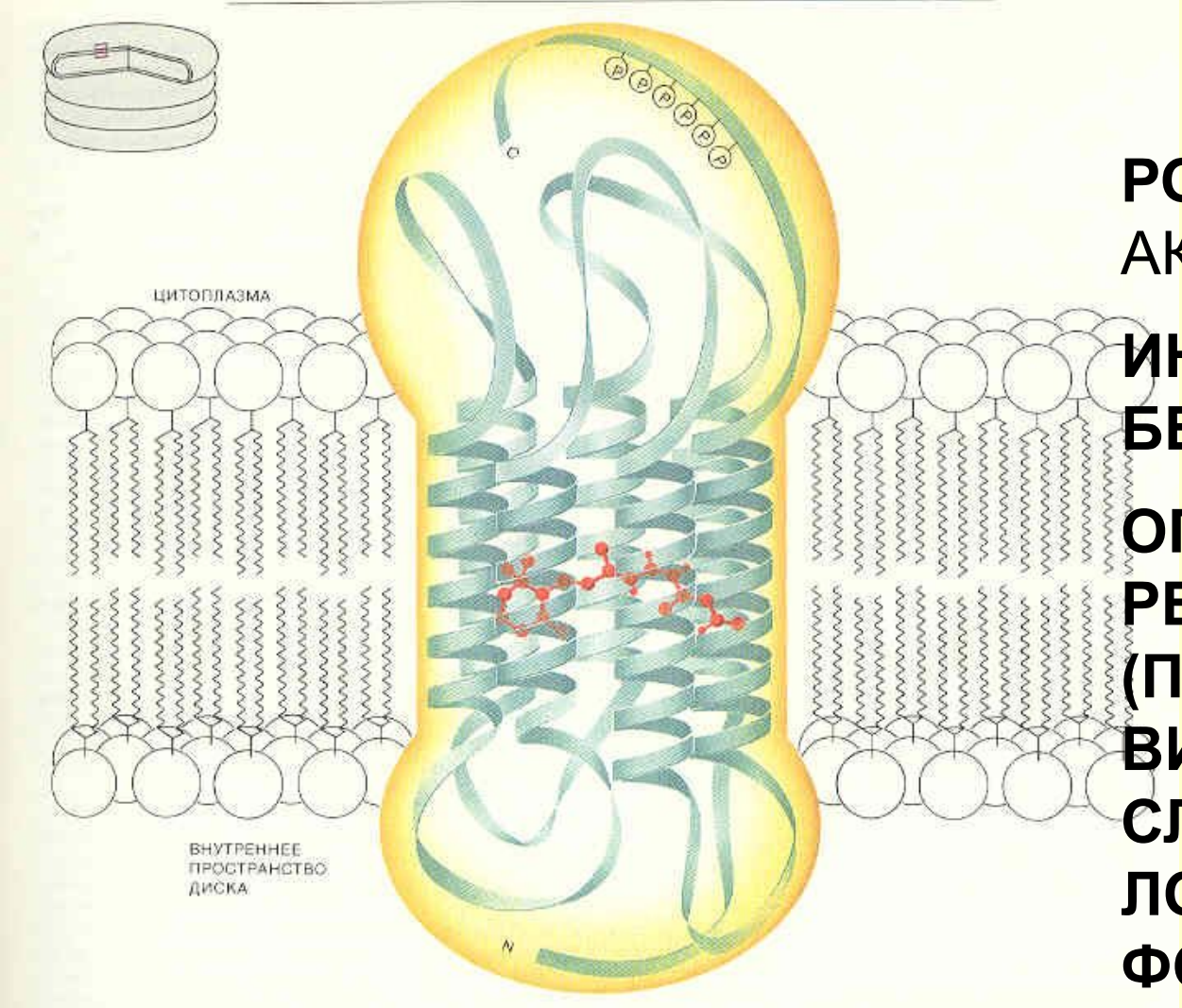
В ТЕМНОТЕ: ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ цГМФ, КАНАЛЫ **ОТКРЫТЫ**

НА СВЕТУ: СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ цГМФ, КАНАЛЫ **ЗАКРЫТЫ**. ИТОГ ЭТОГО – **ГИПЕРПОЛЯРИЗАЦИЯ** МЕМБРАНЫ


Dark
Rod
Rod outer segment
Na+
cGMP
cGMP
cGMP
cGMP
Na+
In-side
Out-side
0
Rod inner segment
Light
Rod outer segment
Na+
Na+
0
Rod inner segment

БЕЛКИ ЗРИТЕЛЬНОГО КАСКАДА

- **РОДОПСИН**
- **G-белок ТРАНСДУЦИН**
- **цГМФ-ФОСФОДИЭСТЕРАЗА**

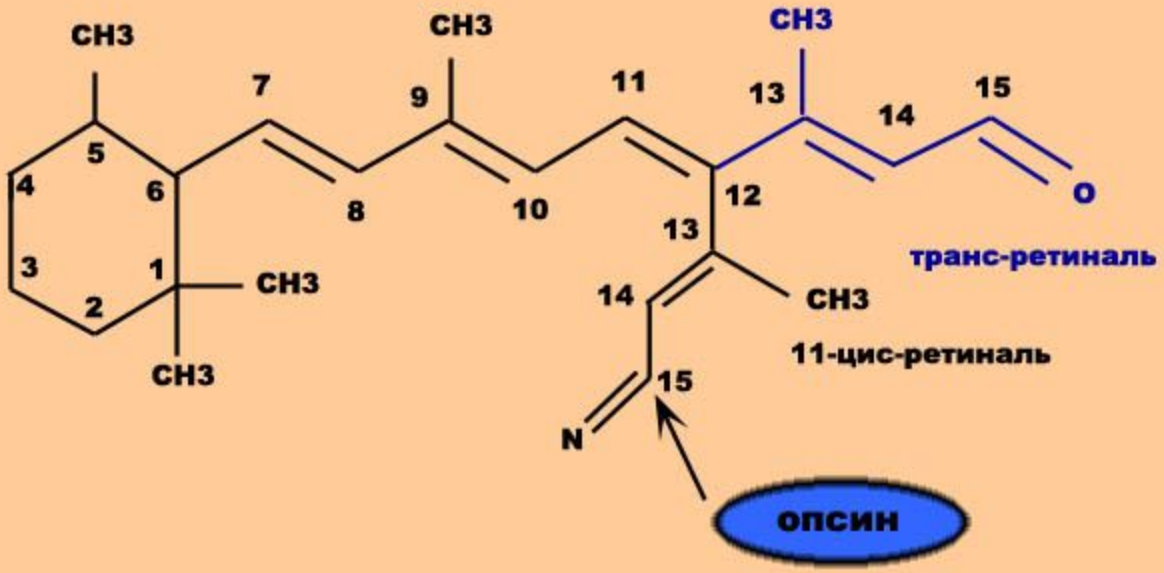


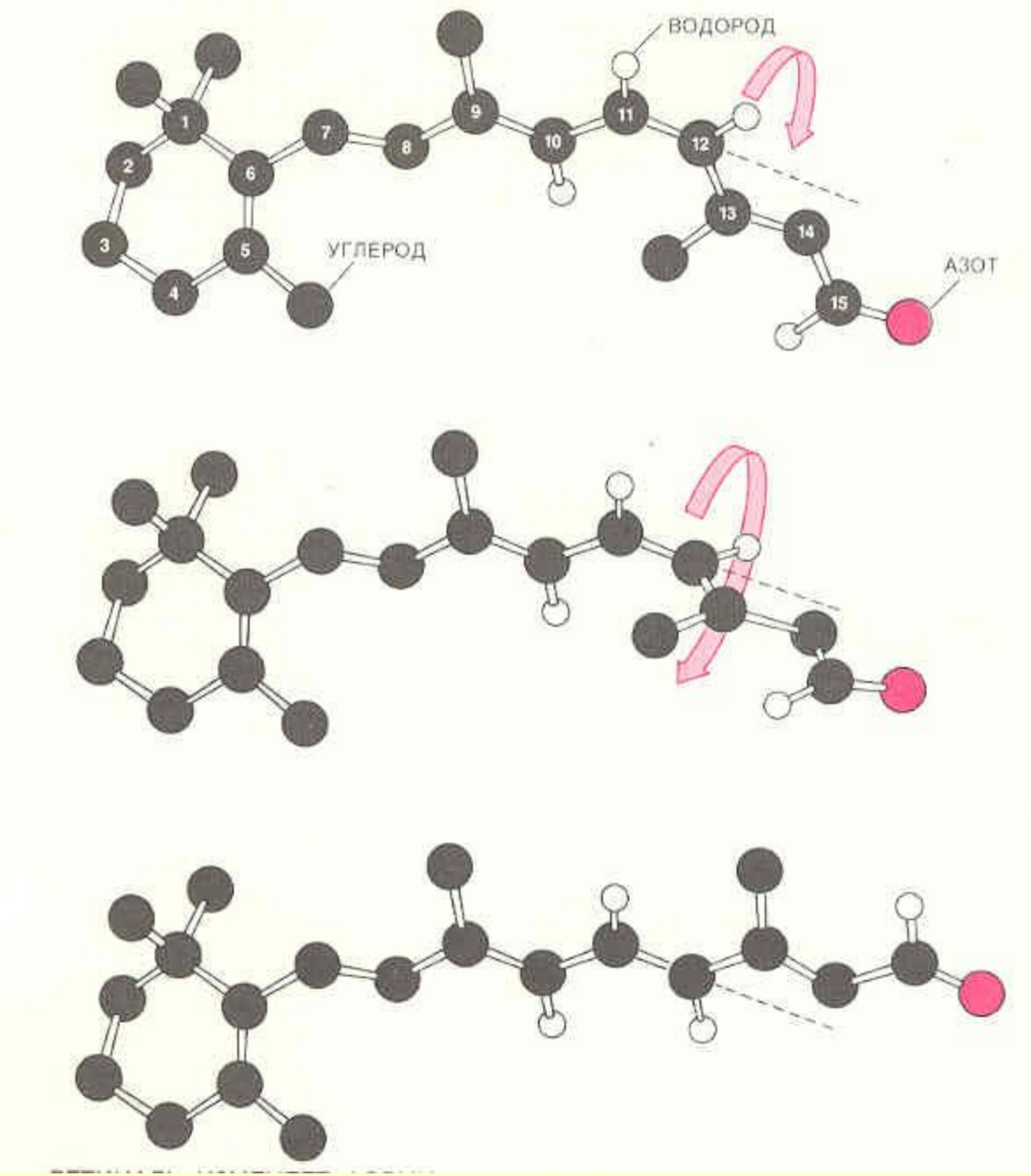
РОДОПСИН – АКЦЕПТОР ФОТОНА

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ БЕЛОК

ОПСИН + 11-*цис*-РЕТИНАЛЬ (ПРОИЗВОДНОЕ ВИТАМИНА А, СЛУЖИТ ЛОВУШКОЙ ДЛЯ ФОТОНА)

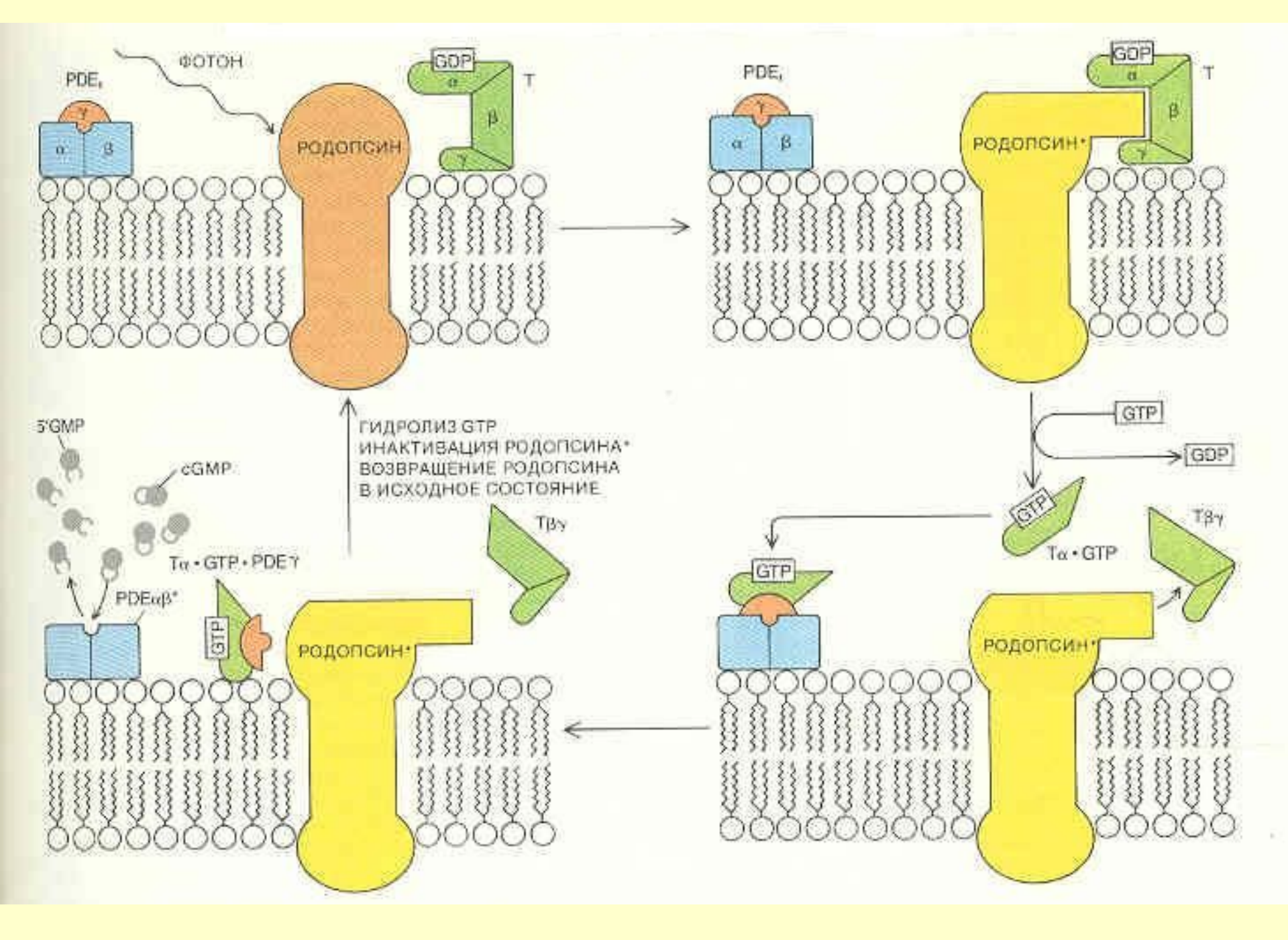
РЕТИНАЛЬ

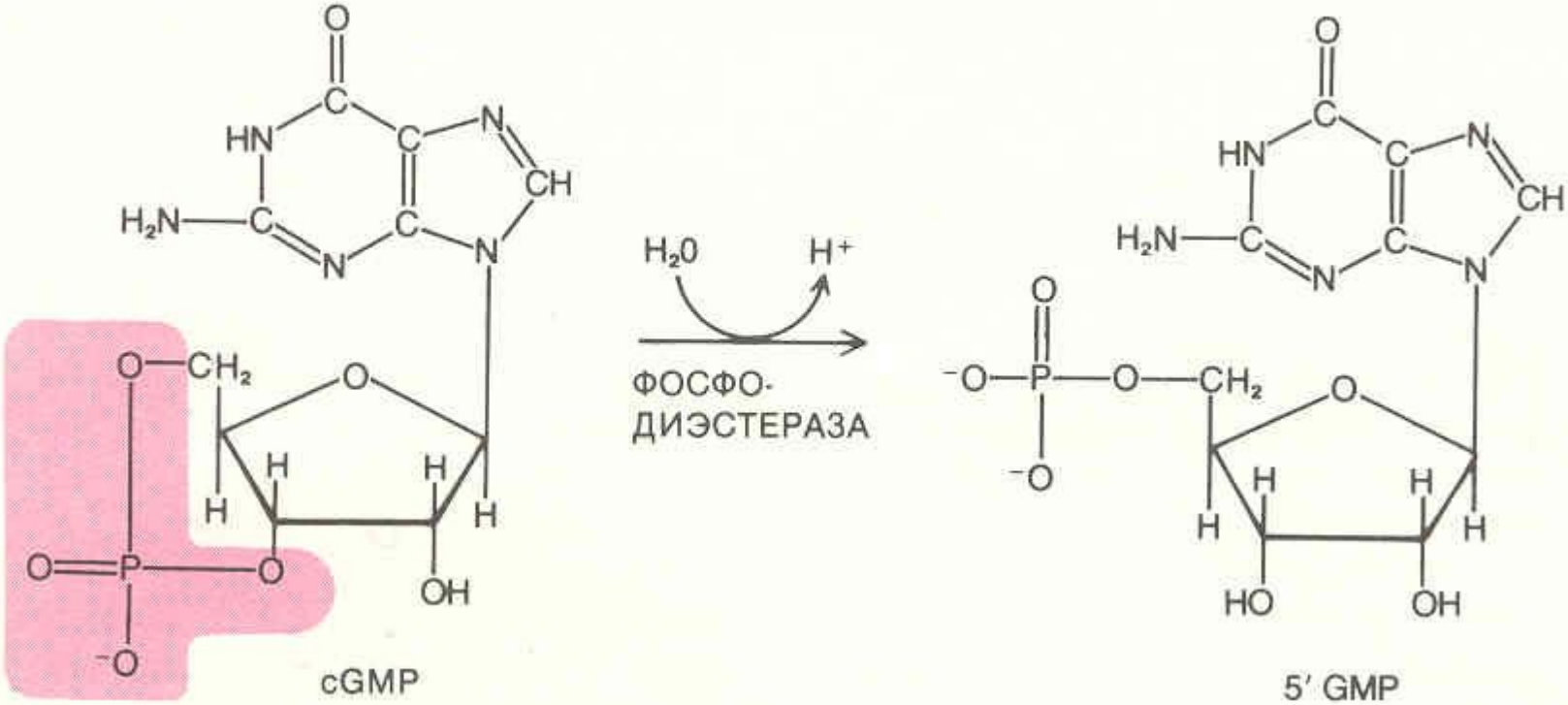

CH3
CH3
CH3
7
9
11
13
14
15
5
4
6
8
10
12
O
13
3
1
CH3
2
14
CH3
транс-ретиналь
CH3
11-цис-ретиналь
15
N
опсин

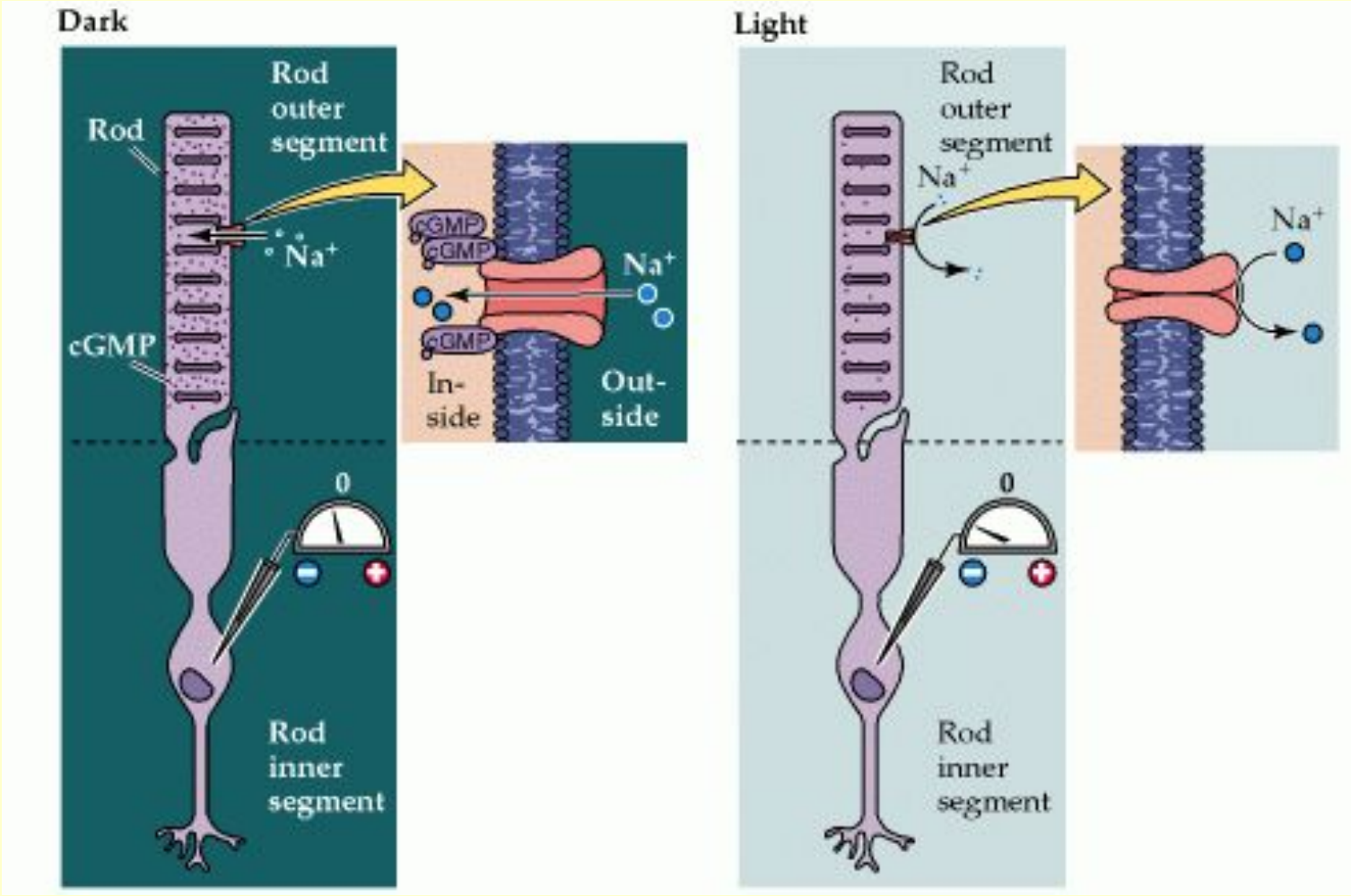


11-*цис*-РЕТИНАЛЬ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СВЕТА ИЗОМЕРИРУЕТСЯ В ***транс*-РЕТИНАЛЬ**

ЭТО ИЗМЕНЯЕТ ПРОСТРАНСТ-ВЕННУЮ СТРУКТУРУ ОПСИНА


ФОТОН
PDE
γ
α
β
РОДОПСИН
GDP
α
T
β
γ
PDE
γ
α
β
РОДОПСИН*
GDP
α
T
β
γ
GTP
GDP
GTP
Tα • GTP
Tβγ
GTP
РОДОПСИН*
Tβγ
5'GMP
cGMP
ГИДРОЛИЗ GTP
ИНАКТИВАЦИЯ РОДОПСИНА*
ВОЗВРАЩЕНИЕ РОДОПСИНА
В ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ
Tα • GTP • PDEγ
PDEαβ*
GTP
РОДОПСИН*


cGMP
H_2O
H^+
ФОСФО-
ДИЭСТЕРАЗА
5′ GMP


Dark
Rod
Rod outer segment
Na+
cGMP
cGMP
cGMP
cGMP
Na+
In-side
Out-side
0
Rod inner segment
Light
Rod outer segment
Na+
Na+
0
Rod inner segment

ЦВЕТНОЕ ЗРЕНИЕ

Впервые гипотезу о механизме цветового зрения высказал **М. В. Ломоносов**.
Он в 1756 г. сформулировал трехкомпонентную (трехцветную) теорию восприятия цветов.

Согласно этой теории, в глазу имеются три вида приемников лучистой энергии (колбочек), воспринимающих соответственно **красную** (длинноволновую), **желтую** (средневолновую) и **голубую** (коротковолновую) части видимого спектра.

Томас Юнг

Подобные гипотезы были также выдвинуты в Англии **Томасом Юнгом** в 1807 г., в Германии —**Г. Гельмгольцем** в 1852 г.,

За основные цвета были приняты красный, зеленый и синий.

Герман Гельмгольц

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

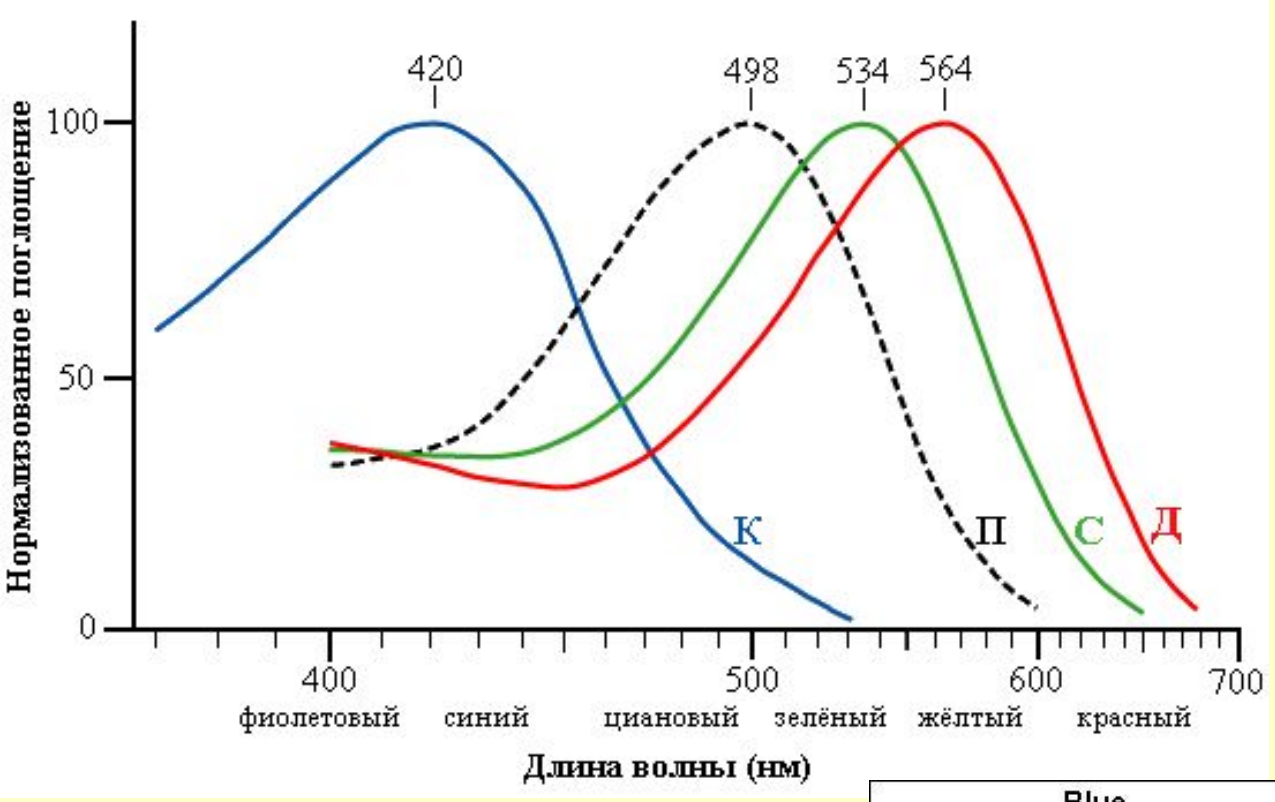
КОЛБОЧКИ:

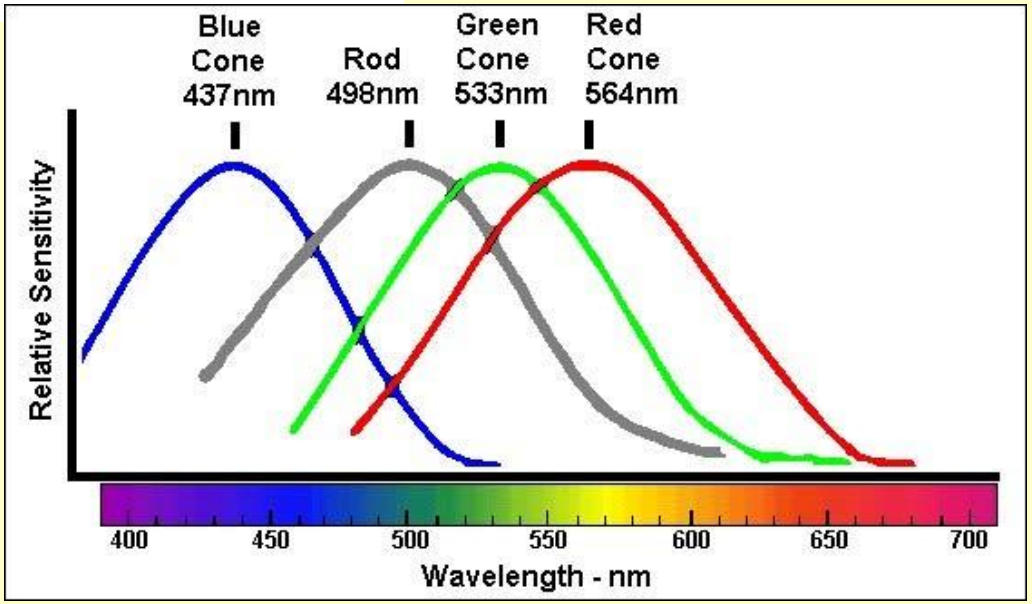
S-типа чувствительны в **фиолетово-синей** (S от англ. *Short* — коротковолновый спектр),

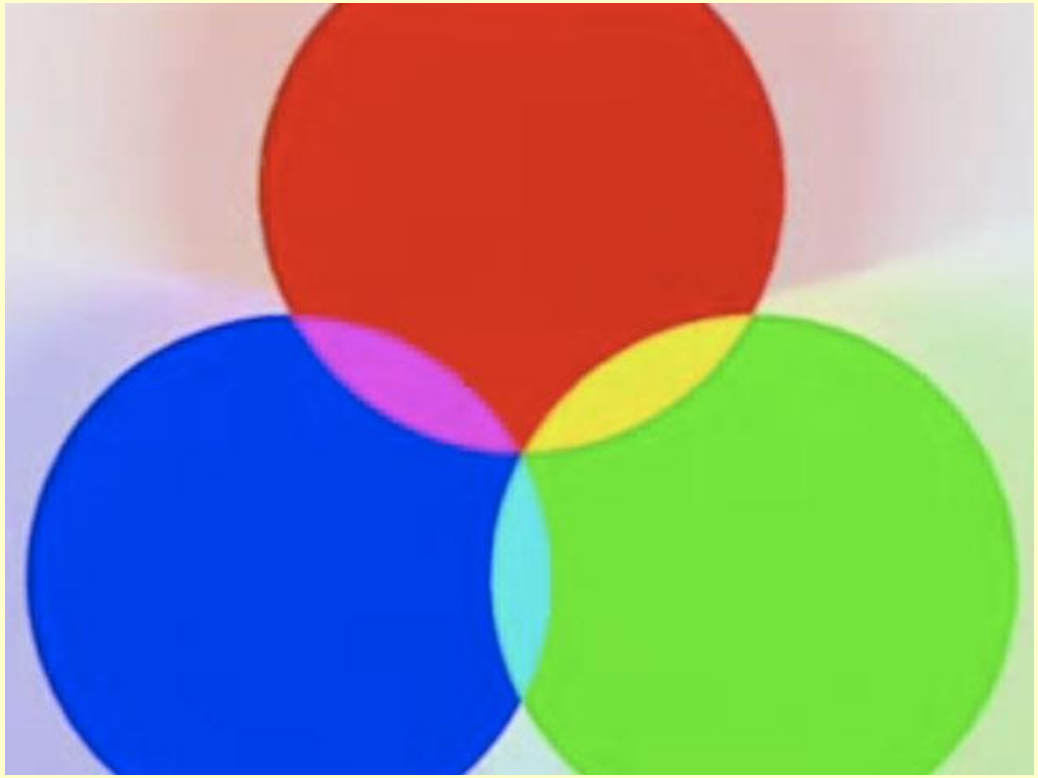
M-типа — в **зелено-желтой** (M от англ. *Medium* — средневолновый),

L-типа — в **желто-красной** (L от англ. *Long* — длинноволновый) частях спектра.

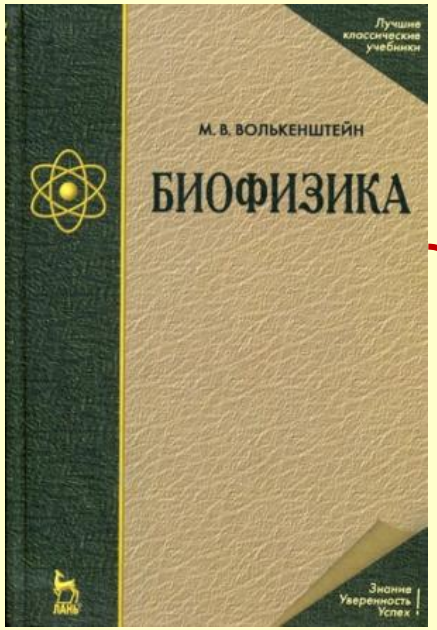
Название	максимум	Название цвета
'S'	443 nm	фиолетовый
'M'	544 nm	зелёный
'L'	570 nm	красный


420
498
534
564
100
50
0
Нормализованное поглощение
К
П
С
Д
400
500
600
700
фиолетовый
синий
циановый
зелёный
жёлтый
красный
Длина волны (нм)


Blue Cone 437nm
Rod 498nm
Green Cone 533nm
Red Cone 564nm
Relative Sensitivity
400
450
500
550
600
650
700
Wavelength - nm



НАДЕЮСЬ, ЧТО КУРС ЛЕКЦИЙ ПО БИОФИЗИКЕ ПОМОЖЕТ В ВАШЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



Удачи на экзаменах!