

# Физиология зрительной системы

Выполнила студентка 4 курса  
ОЗО специальность «Биология»  
Кузнецова Анна

**Зрительная сенсорная система** - это совокупность структур, обеспечивающих восприятие световой энергии и формирование зрительных ощущений (зрительных образов).

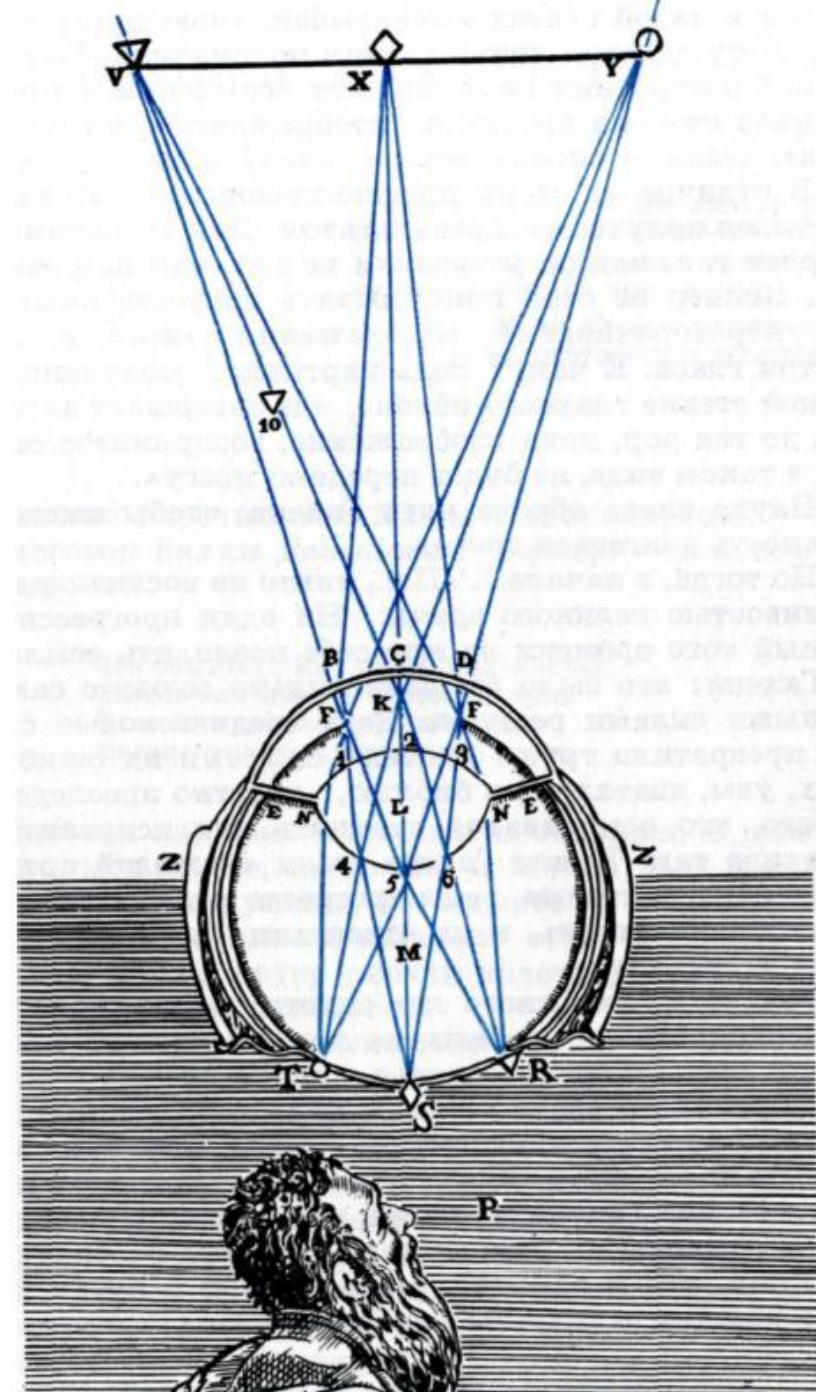
С помощью зрения человек получает до 90% информации из внешнего мира.

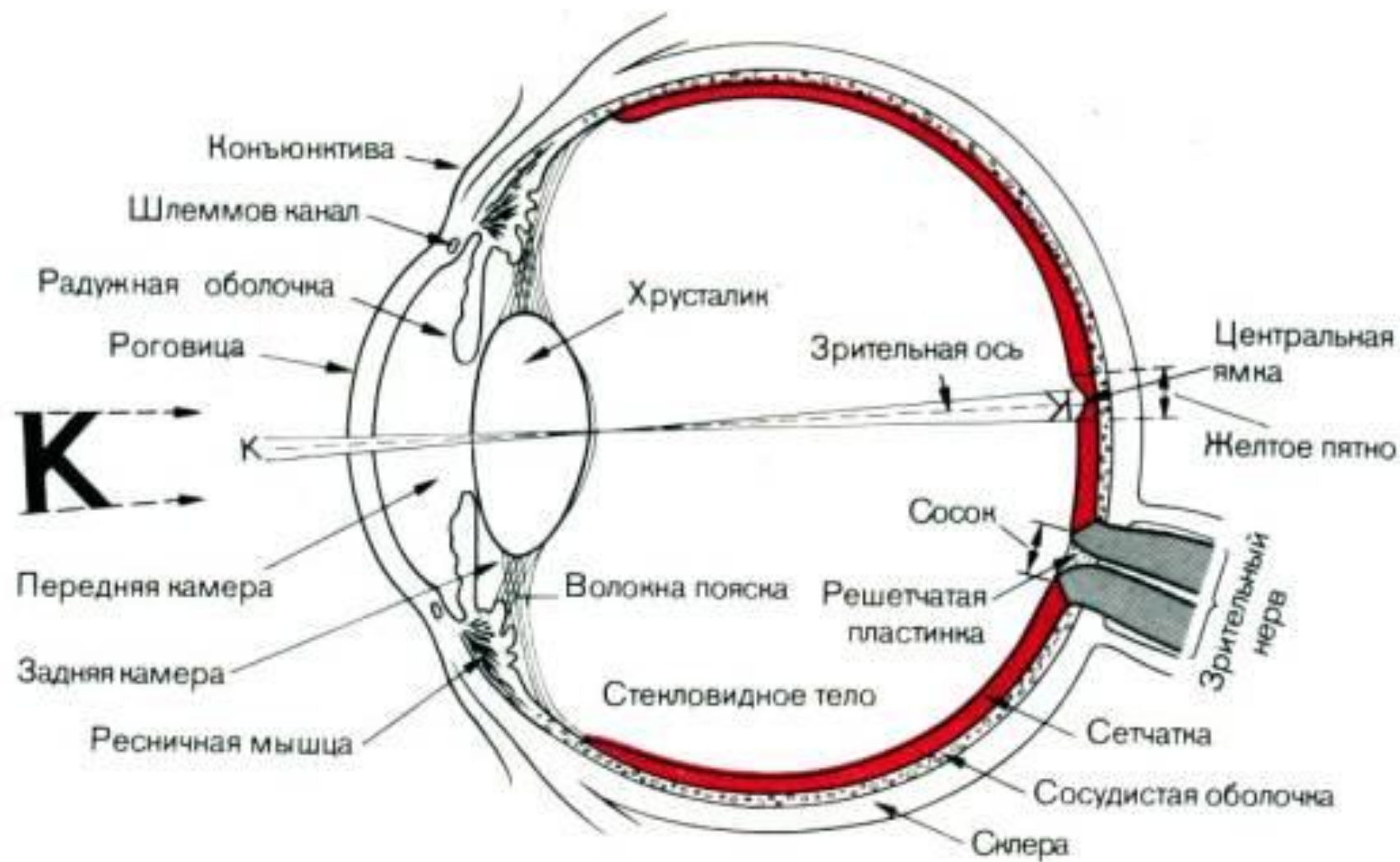
*Электромагнитное излучение в диапазоне волн от 400 до 750 нм воспринимается нами как свет.*

# ОСНОВНЫЕ СОБЫТИЯ В ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ ВОСПРИЯТИИ СВЕТА:

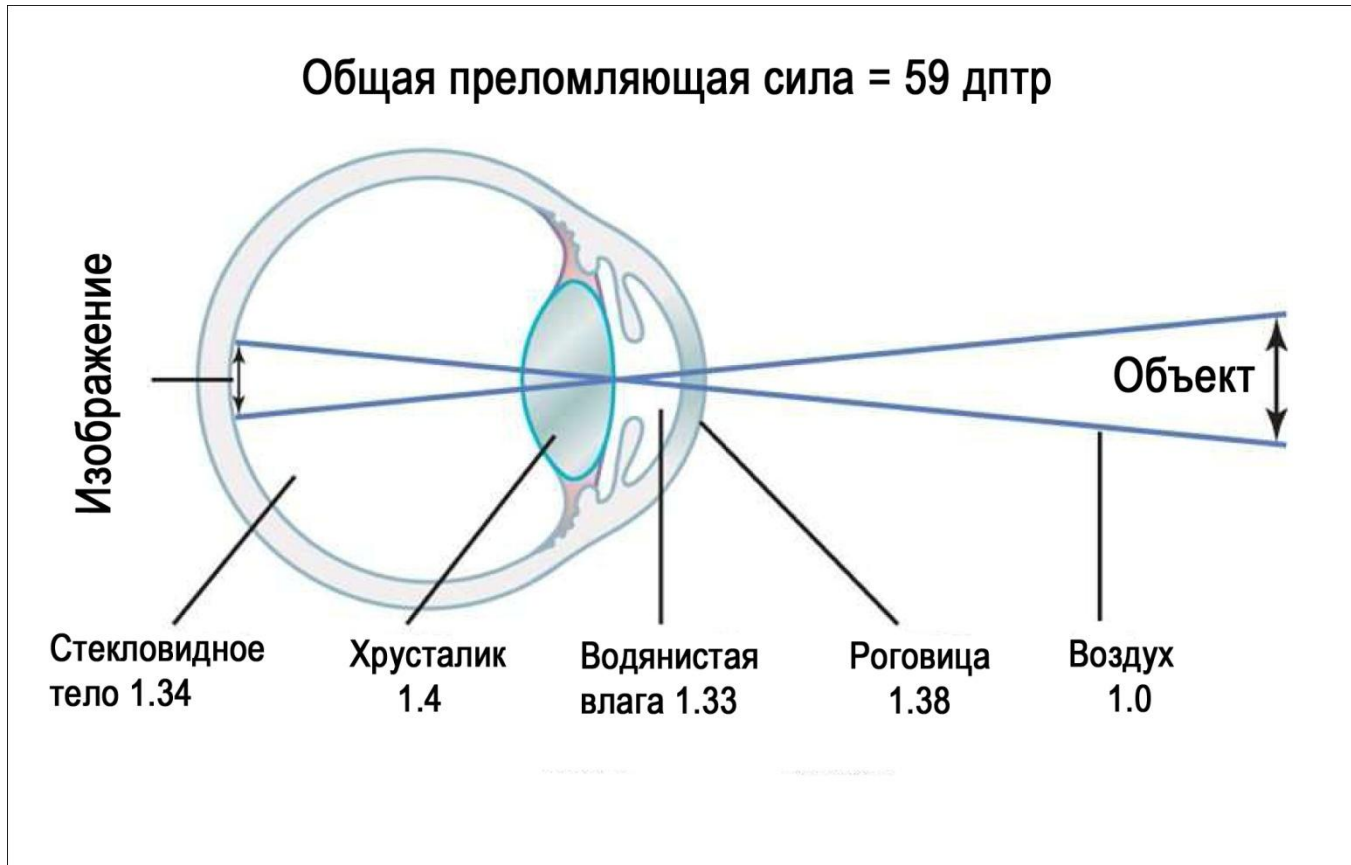
1. Преобразование светового раздражения фоторецепторами (палочками и колбочками) в нервное **торможение** в виде **гиперполяризации** и сокращение выделения ими медиатора ->
2. Передача воздействия с помощью медиатора с фоторецепторов на биполярные нейроны и возникновение на них либо **деполяризации**, либо **гиперполяризации** ->
3. Выделение биполярными нейронами медиатора и передача с его помощью на ганглиозные (ганглионарные) клетки сетчатки возбуждения в виде формирования на них локального генераторного потенциала ->
4. Порождение ганглиозными клетками нервных импульсов проведение их по зрительным нервам к нижним нервным центрам (подкорковым зрительным центрам) ->
5. Преобразование в нижних нервных центрах потока зрительного сенсорного возбуждения (в виде нервных импульсов) в новый поток нервных импульсов ->
6. Проведение потока нервных импульсов от нижних нервных центров к зрительным зонам коры больших полушарий головного мозга ->
7. Создание первичного зрительного образа в зрительной первичной проекционной зоне коры ->
8. Создание вторичного зрительного образа в ассоциативной зоне коры.

Первое  
безупречное с  
точки зрения  
физики  
построение хода  
лучей в глазу  
сделал немецкий  
астроном Иоганн  
Кеплер





# Рефракция



Преломление происходит в связи с тем, что луч света с различной скоростью проходит через данные среды и воздух. Если скорость света в воздухе составляет 300.000 км/с, то в средах глаза она снижается почти до 200.000 км/с.

В результате на поверхности двух сред происходит преломление света - *рефракция*. Границы каждой из сред действуют как линзы.

**Суммарная преломляющая сила глаза молодого человека составляет 59 D при рассматривании далеких предметов и 70,5 D - при рассматривании находящихся вблизи.**

# Фильтрация светового потока

Оптические среды глаза не только фокусируют лучи на рецепторных клетках сетчатки, но и **фильтруют** их.

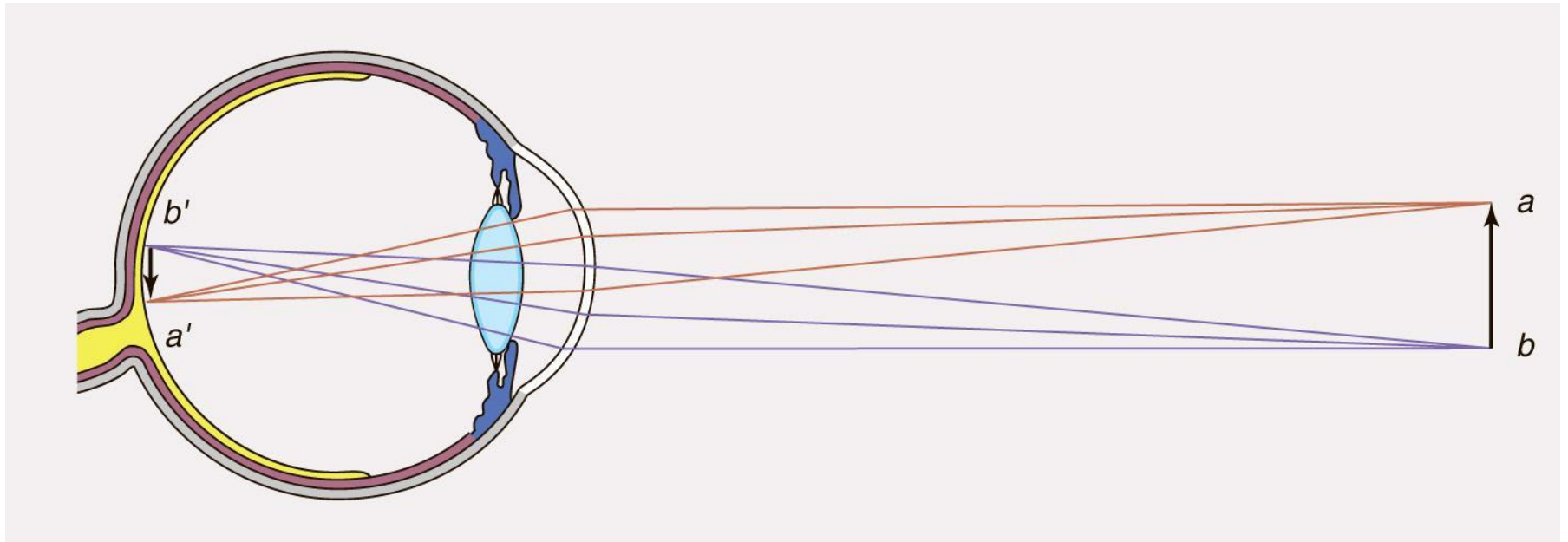
Так, влага передней камеры глаза практически полностью не пропускает все инфракрасные лучи (с длиной волны более 760 мкм).

Хрусталик также поглощает инфракрасные лучи.

Ультрафиолетовые лучи начинают поглощаться уже роговицей и остальными средами, так что и эти лучи до сетчатки не доходят.



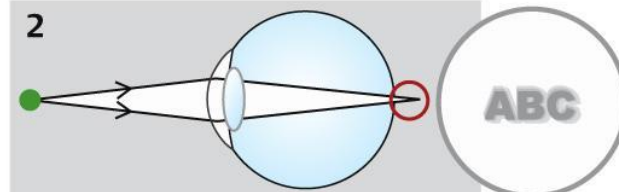
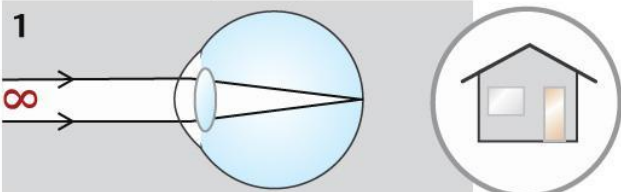
# Нормальное зрение



### Далекий объект (до $\infty$ )

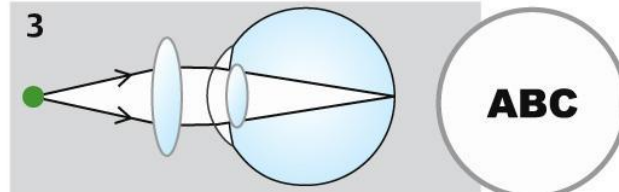
### Ближний объект

Пресбиопия

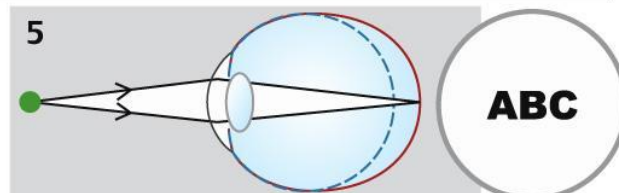
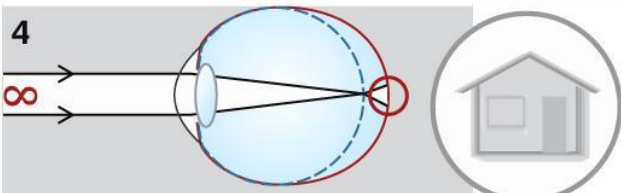


Коррекция

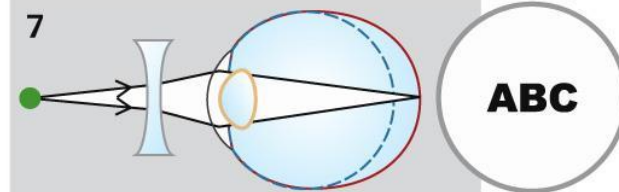
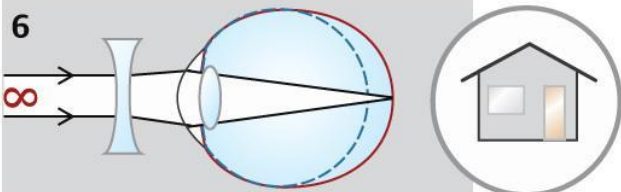
Не корректируется линзами



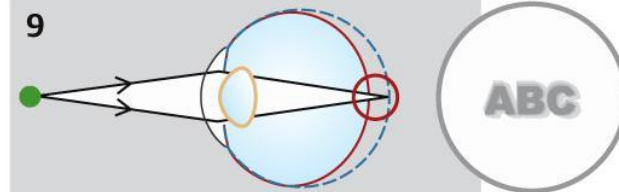
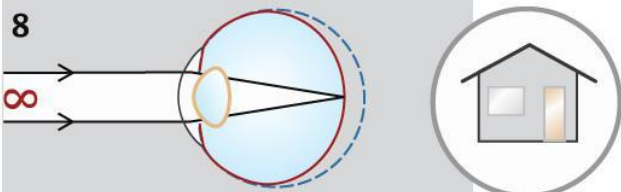
Миопия



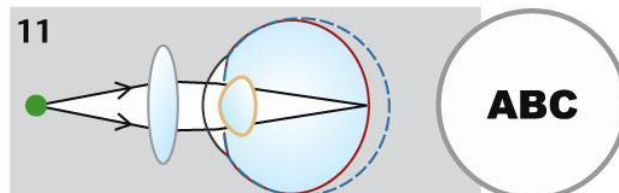
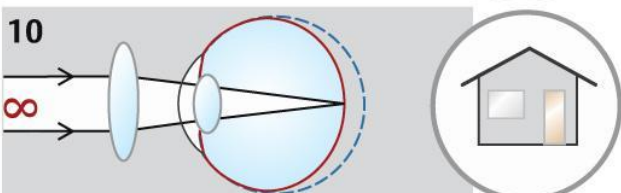
Коррекция



Гиперопия

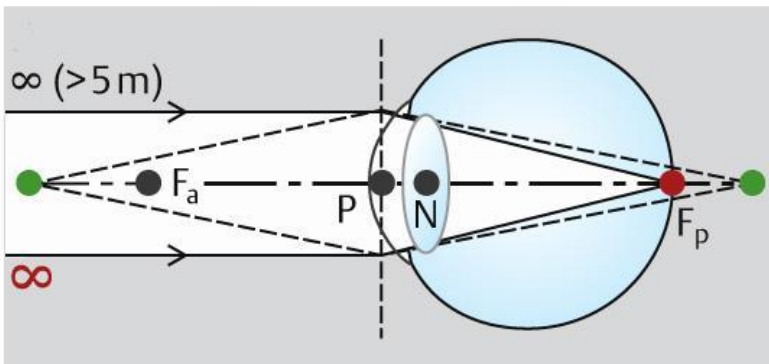


Коррекция

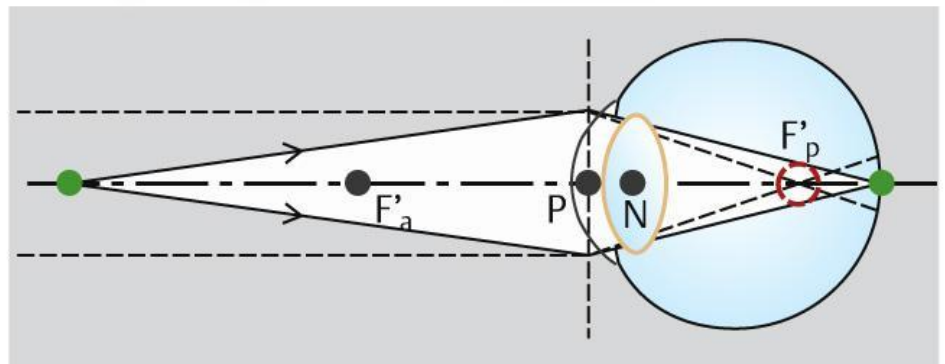


# Аккомодация

Удаленный объект



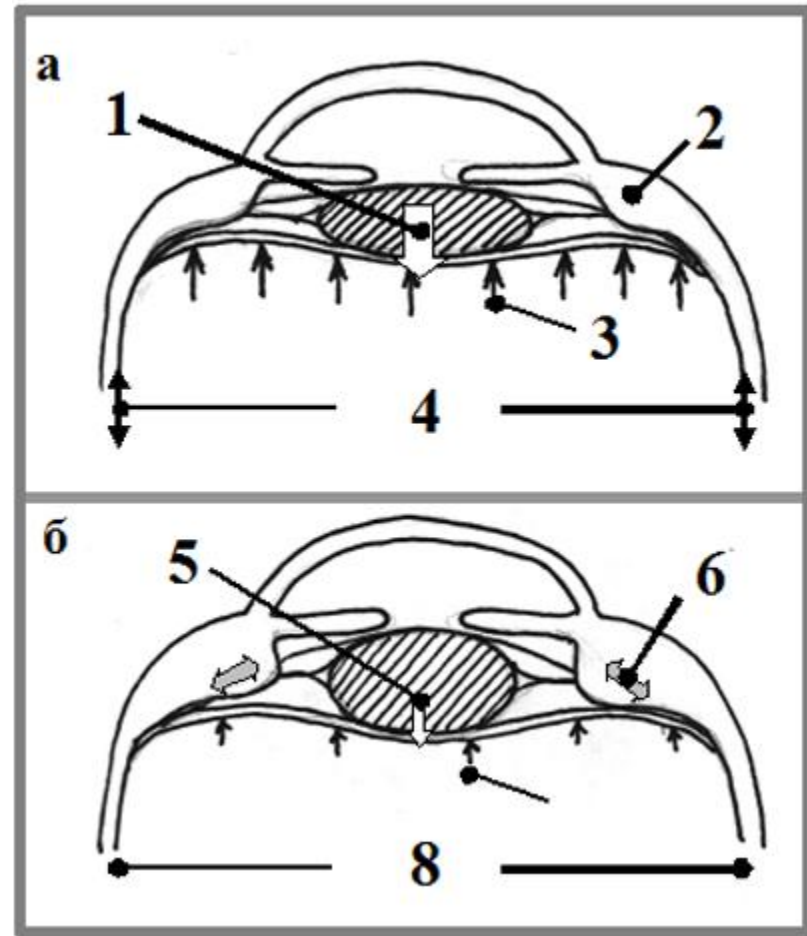
Ближний объект



# Схема механизма деформации капсулы хрусталика волокнами ресничного пояска при отсутствии аккомодации (а) и при аккомодации вблизи (б)

**А. Нет аккомодации:** 1 – действующее на хрусталик результирующее усилие от натяжения передней порции волокон ресничного пояска максимально (широкая белая стрелка); 2 – ресничная мышца расслаблена; 3 – давление в стекловидной камере повышено (длинные стрелки); 4 – хороидея сжата (короткие двойные стрелки).

**Б. Аккомодация вблизи:** 5 – действующее на хрусталик результирующее усилие от натяжения передней порции волокон ресничного пояска минимально (узкая белая стрелка); 6 – ресничная мышца напряжена (двойная серая стрелка); 7 – давление в стекловидной камере понижено (короткие стрелки); 8 – хороидея растянута (длинные двойные стрелки).



## **Интраокулярные (внутриглазные) механизмы дополнительной аккомодации:**

- 1) механизм изменения преломляющей силы хрусталика за счёт **равномерной** деформации его капсулы (основной механизм аккомодации в глазу человека по Гельмгольцу);
- 2) механизм **неравномерной** деформации капсулы хрусталика (изменение хрусталикового астигматизма);
- 3) механизм перемещения капсулы хрусталика вдоль передне-задней оси;
- 4) механизм сужения зрачка;
- 5) механизм стационарной установки сетчатки;
- 6) механизм локального перемещения периферических сегментов сетчатки;
- 7) механизм сочетанного изменения астигматизма хрусталика и роговицы - неравномерная аккомодация в разных меридианах;
- 8) механизм изменения упругости структур хороидеи;
- 9) механизм округления задней поверхности капсулы хрусталика из-за понижения давления в стекловидной камере и перемещения вперёд стекловидного тела.

## **Экстраокулярные (наружные) механизмы дополнительной аккомодации** состоят из склерального, роговичных и роговично-склерального механизмов:

**Склеральный механизм дополнительной аккомодации** - механизм изменения только передне-задней оси при сжатии склеры наружными мышцами глаза.

### **Роговичные механизмы дополнительной аккомодации:**

- 1) механизм сужения века для увеличения глубины резкости;
- 2) механизм сочетанного изменения веками и цилиарной мышцей астигматизма роговицы.

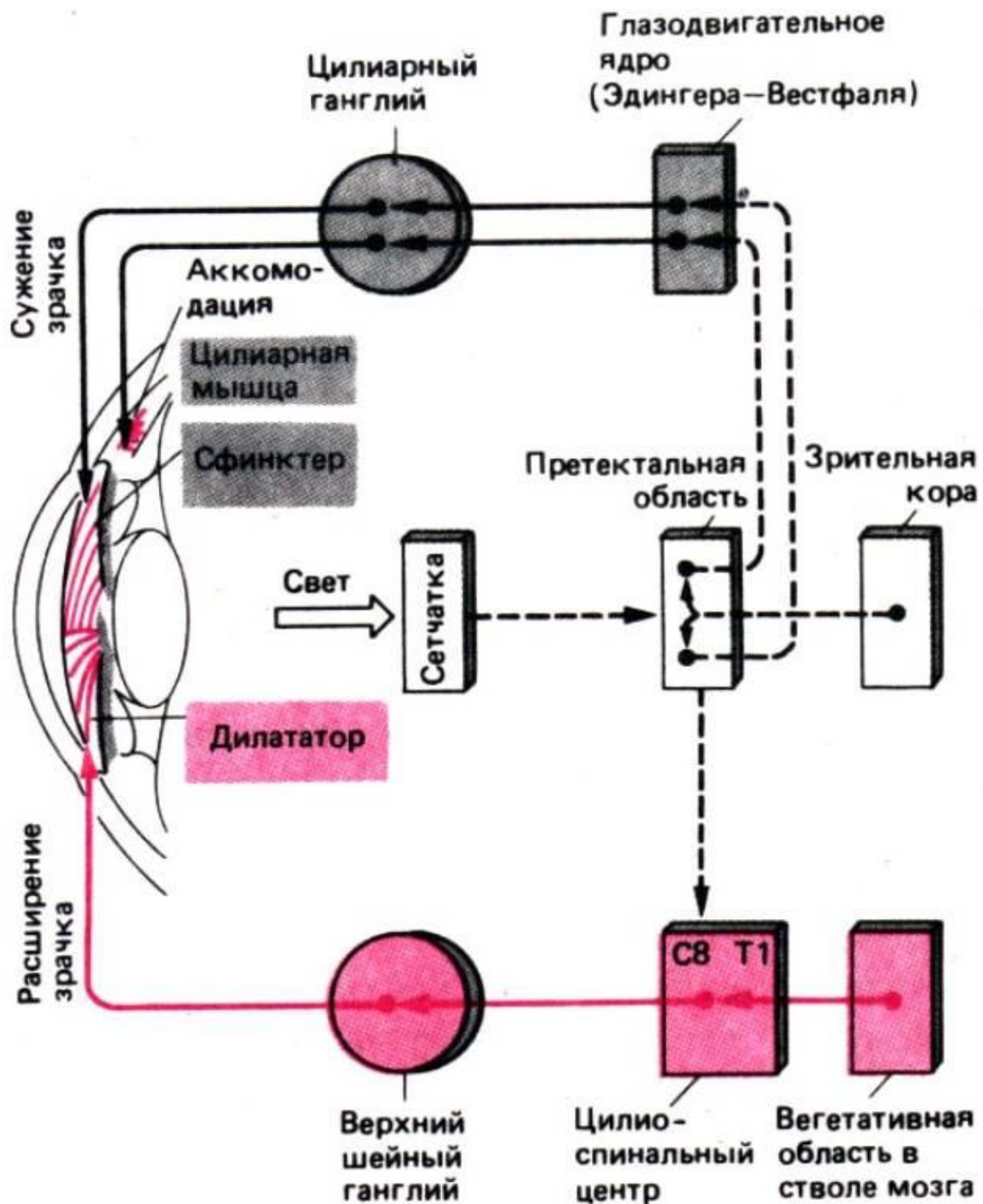
**Роговично - склеральный механизм дополнительной аккомодации** - сочетанное изменение астигматизма роговицы и величины передне-задней оси при конвергенции-дивергенции.

Аккомодация, определяемая для одного глаза, называется абсолютной. Если зрение осуществляется двумя глазами, бинокулярно, то процесс аккомодации обязательно сопровождается конвергенцией, сведением зрительных осей глаз на фиксируемой предмете. Такая аккомодация характеризуется как относительная. Аккомодация и конвергенция у человека, имеющего эмметропию, обычно совершаются параллельно и согласованно.

Для того, чтобы человек мог свободно и долго работать на близком расстоянии, необходимо, чтобы, кроме затрачиваемого напряжения аккомодации (отрицательная часть относительной аккомодации), оставалась в запасе (положительная часть) не меньше чем половина затраченного. Если запас аккомодации мал, то вовремя работы быстро возникает зрительное утомление. С возрастом аккомодационная способность глаза ослабевает.

## Схема иннервации мышц радужной оболочки и цилиарной мышцы.

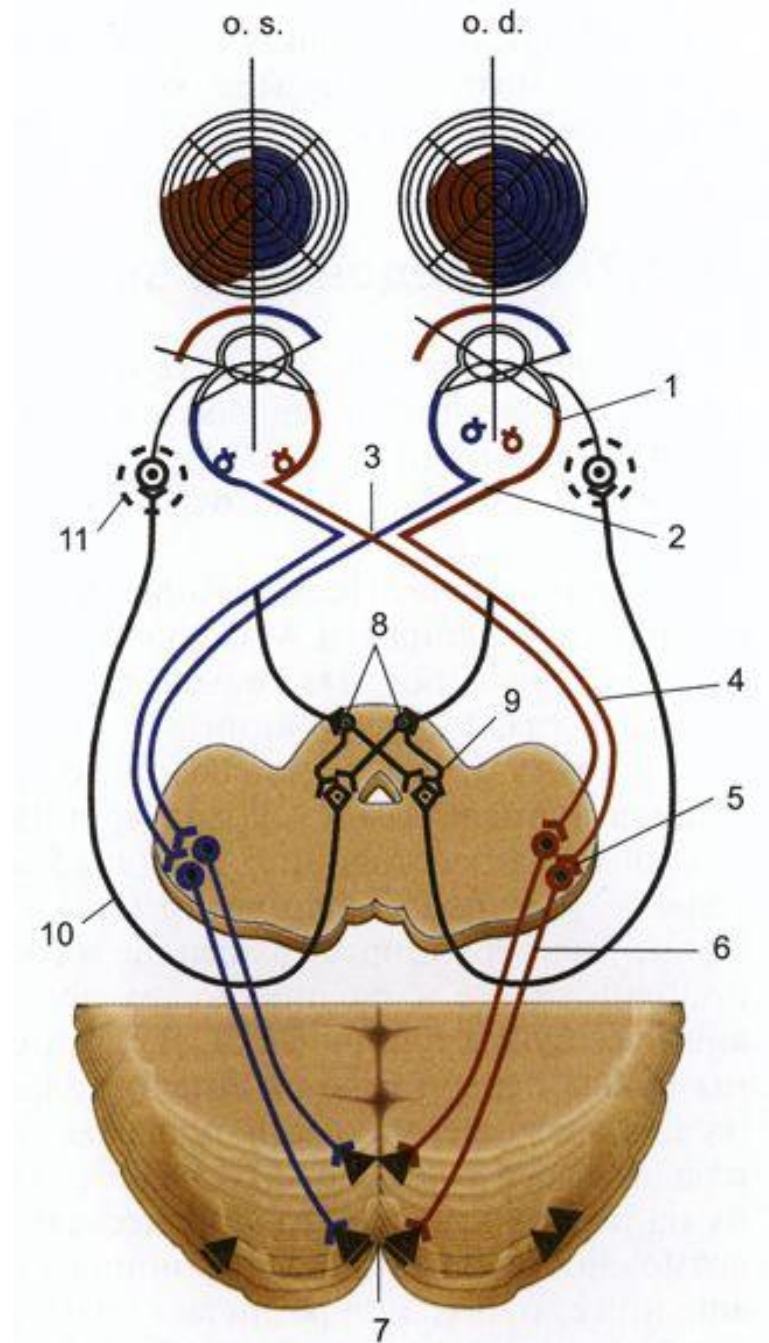
*Красным* показаны эфференты симпатической нервной системы, *черным* парасимпатической.



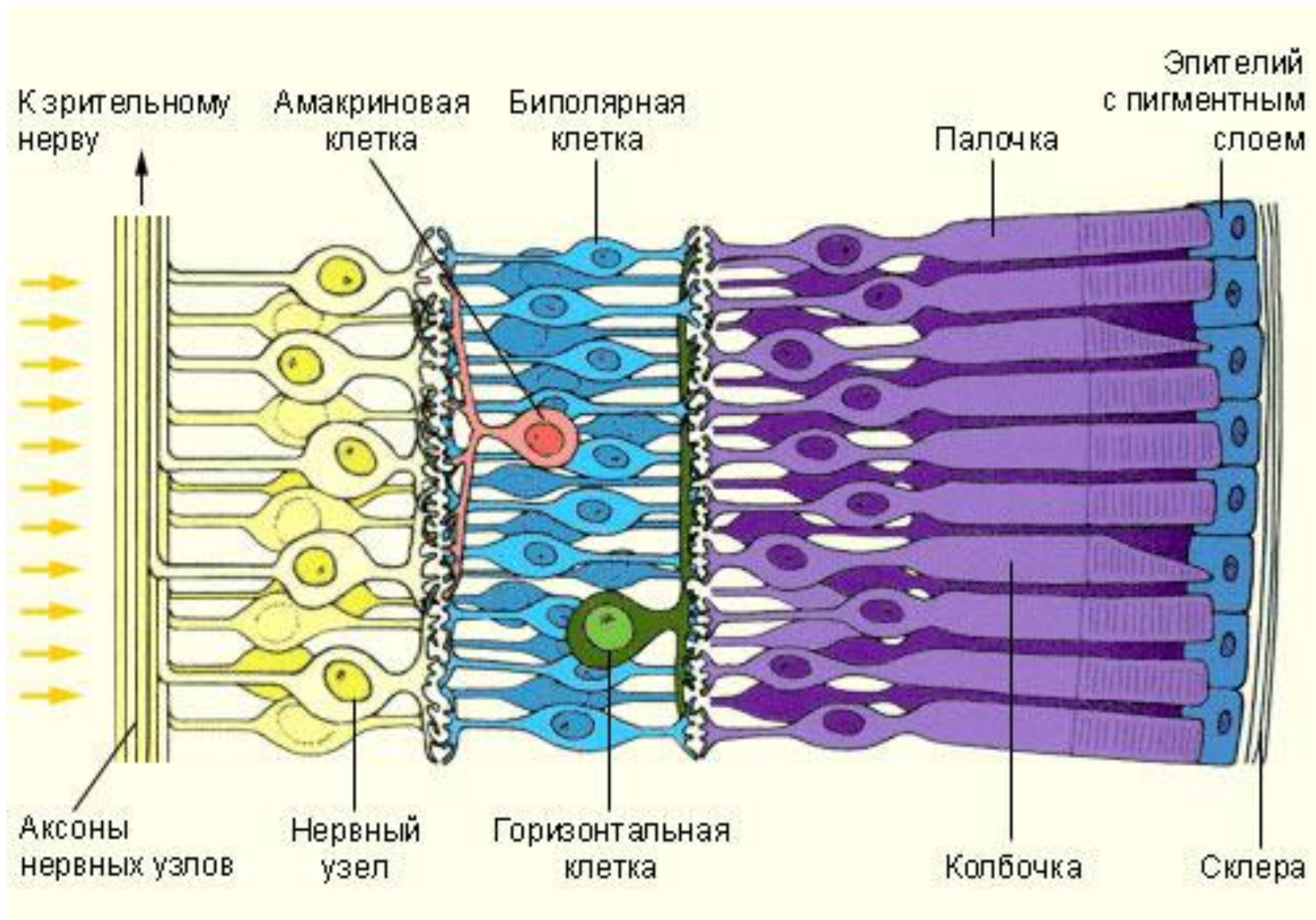


# Зрительный анализатор и рефлекторная дуга зрачкового рефлекса.

- 1 — сетчатка глаза;
- 2 — зрительный нерв;
- 3 — хиазма;
- 4 — зрительный тракт;
- 5 — клетки наружного колленчатого тела;
- 6 — зрительная лучистость (пучок Грациоле);
- 7 — корковая проекционная зрительная зона — шпорная борозда;
- 8 — переднее двухолмие;
- 9 — ядра глазодвигательного (III) нерва;
- 10 — вегетативная часть глазодвигательного (III) нерва;
- 11 — ресничный узел.

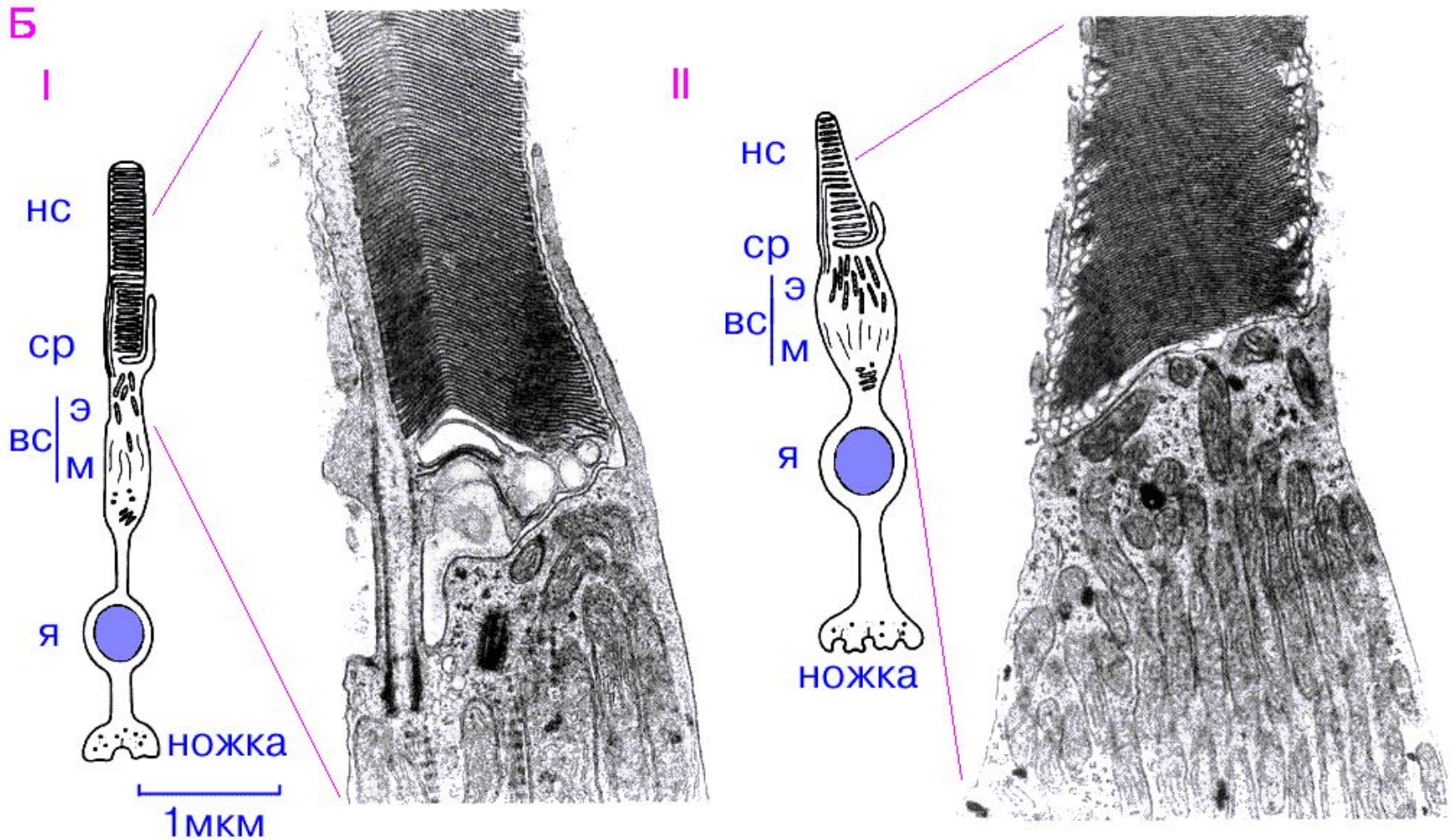


# Слои сетчатки

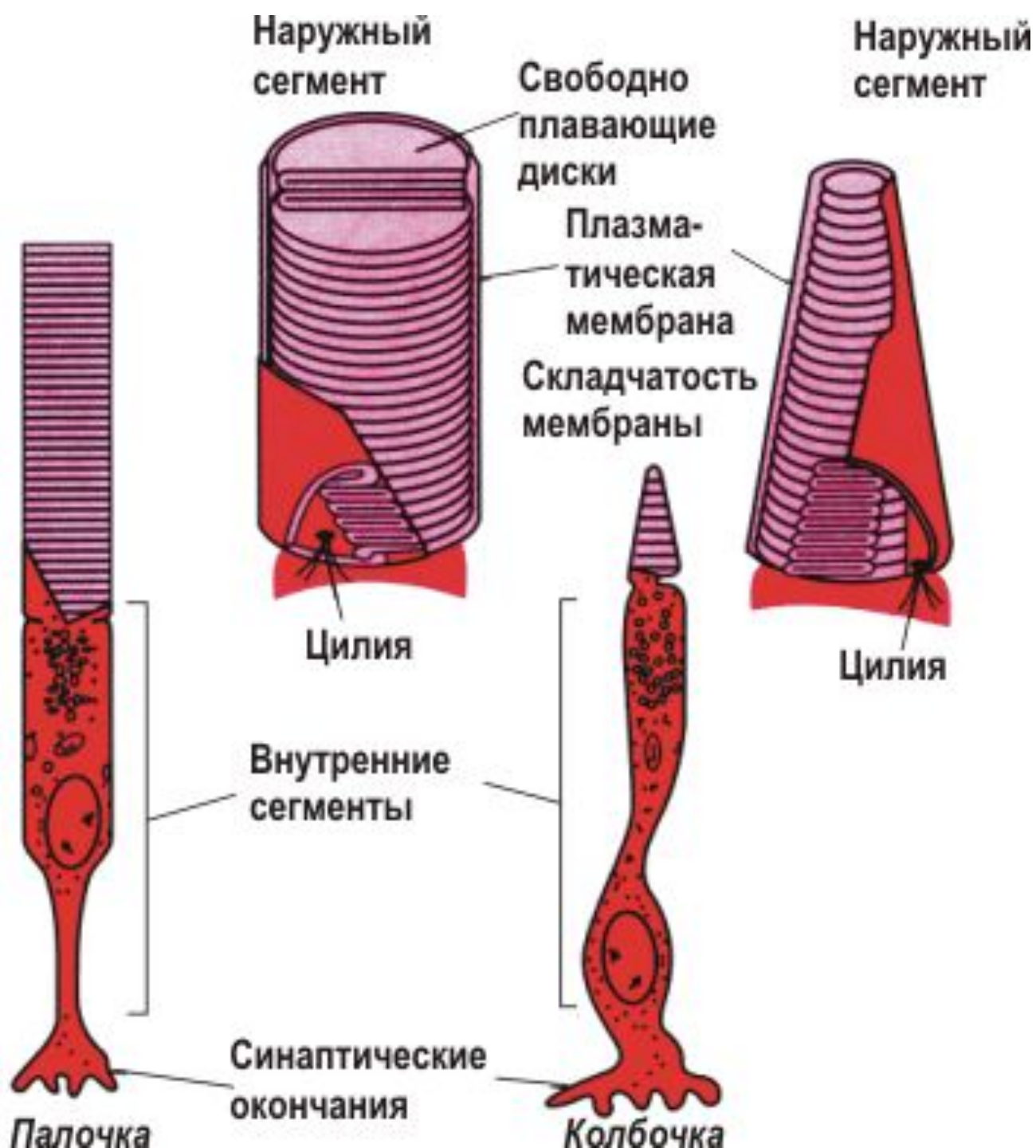




# палочка и колбочка



(I) палочка и (II) колбочка. ср - соединительная ресничка, э - эллипсоид, с - ножка или сферула, м - миоид, я - область ядра, вс - внутренний сегмент, нс - наружный сегмент. (Электронная микрофотография)



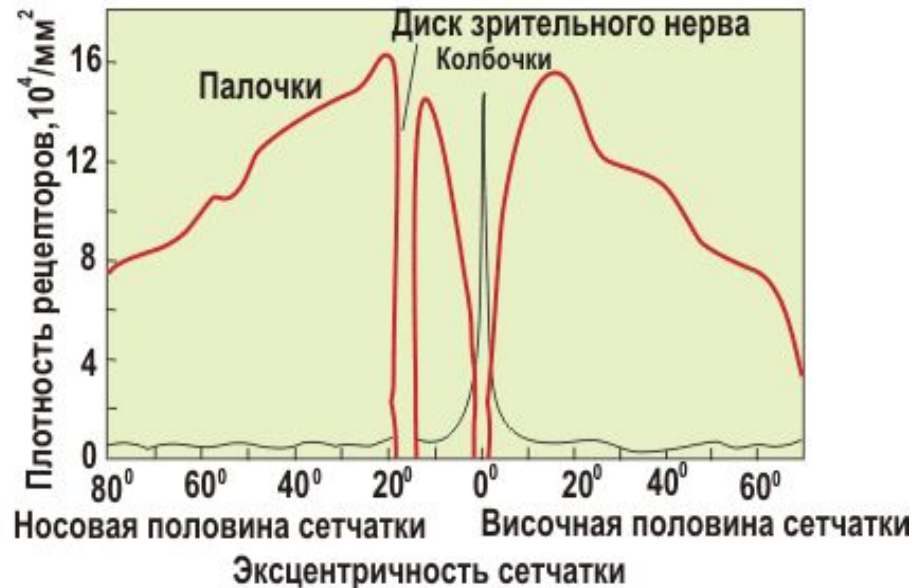
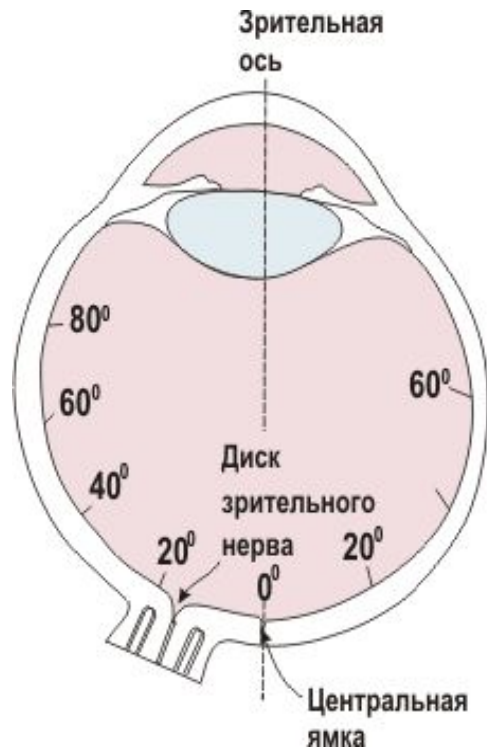
- Фоторецепторный диск образован двумя мембранами, соединенными по краям. Мембрана диска — это типичная биологическая мембрана, образованная двойным слоем молекул фосфолипидов, между которыми находятся молекулы белка. Мембрана диска богата полиненасыщенными жирными кислотами, что обуславливает ее низкую вязкость. В результате этого молекулы белка в ней быстро вращаются и медленно перемещаются вдоль диска. Это позволяет белкам часто сталкиваться и при взаимодействии образовывать на короткое время функционально важные комплексы.

- За час на границе внутреннего и наружного сегмента в среднем заново образуется три новых диска. Затем они медленно (у человека примерно в течение 2—3 нед) перемещаются от основания наружного сегмента палочки к его верхушке. В конце концов верхушка наружного сегмента, содержащая до сотни теперь уже старых дисков, обламывается и фагоцитируется клетками пигментного слоя. Это один из важнейших механизмов защиты фоторецепторных клеток от накапливающихся в течение их световой жизни молекулярных дефектов.
- Наружные сегменты колбочек обновляются с меньшей скоростью

- Светочувствительный сегмент фоторецепторов содержит *зрительные пигменты*, а на противоположном конце их имеется синапс. Зрительный пигмент палочек – *родопсин* фиксирован на мембране диска, а в колбочках - на их складках.
- Колбочки различаются по наличию трех типов зрительного пигмента: *иодопсина*, *хлоролаба* и *эритролаба*.



## Центральная ямка, палочки и колбочки глаза

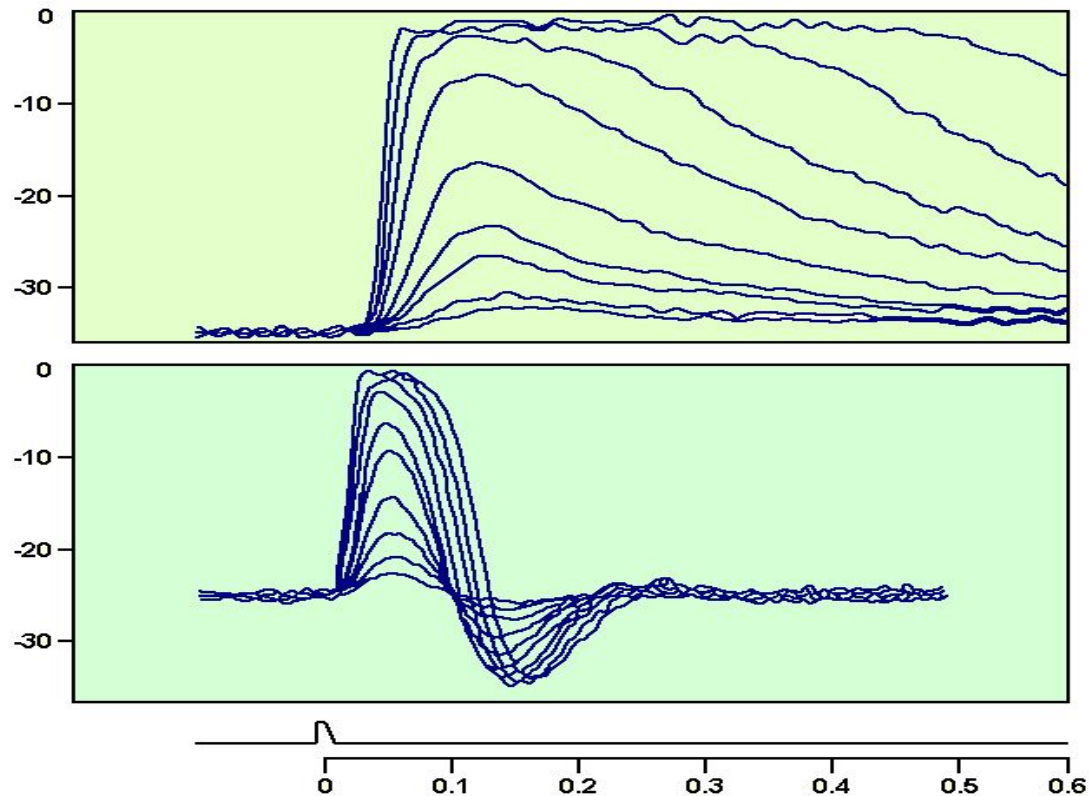


Плотность колбочек максимальна в центральной ямке, палочек - в участке с эксцентриситетом около 20 градусов, а в области диска зрительного нерва фоторецепторов нет.

Слева - локализация центральной ямки (0 градусов) и различных областей сетчатки по отношению к ней (в градусах эксцентриситета).

Справа - плотность распределения палочек и колбочек в зависимости от эксцентриситета участка сетчатки.



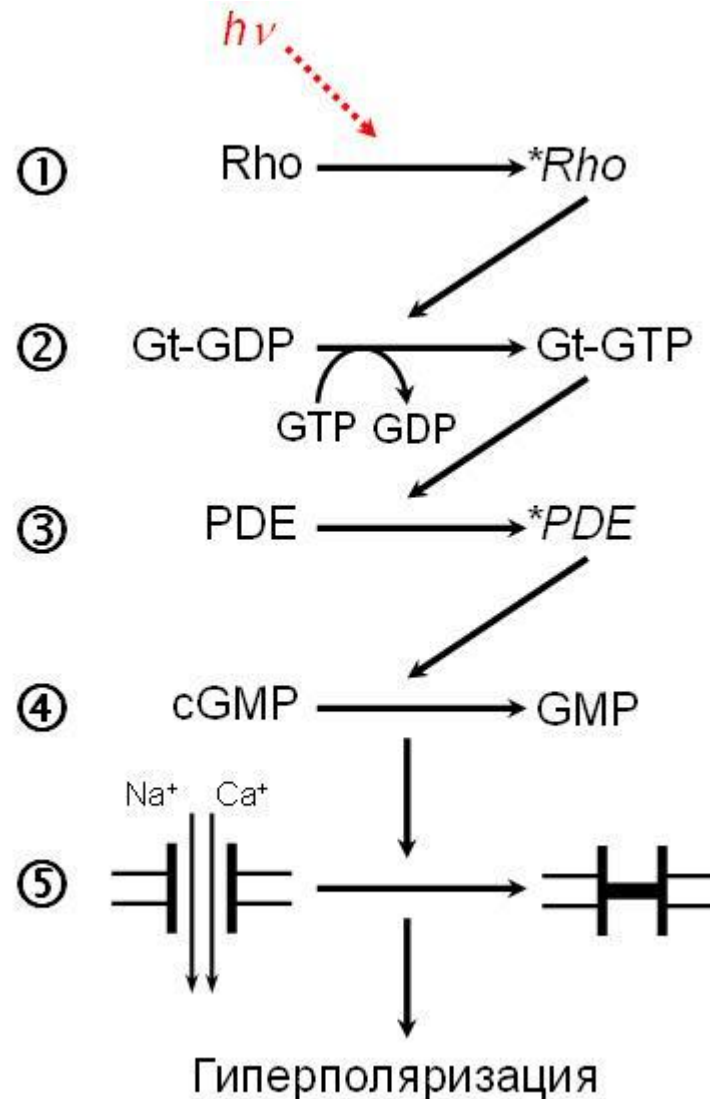


В палочке ответ составляет половину максимального при активации 30 молекул родопсина; в колбочке – при активации 1200 молекул пигмента. **МЕМБРАННЫЕ ТОКИ** в палочке (вверху) и колбочке (внизу) у обезьяны. Записаны с помощью засасывающей пипетки. Наружные сегменты клеток освещались вспышками света, причем интенсивность вспышки последовательно удваивали до тех пор, пока ответы не достигли максимальной амплитуды, а входящие токи полностью не блокировались.



# Каскад реакций, лежащих в основе зрительной рецепции

- Rho – родопсин,
- *Rho* – фотоактивированный родопсин,
- Gt – трансдуцин,
- PDE – фосфодиэстераза,
- \* *PDE* – активированная фосфодиэстераза.
- Внизу схематически показаны ионные каналы в открытом и закрытом состоянии.



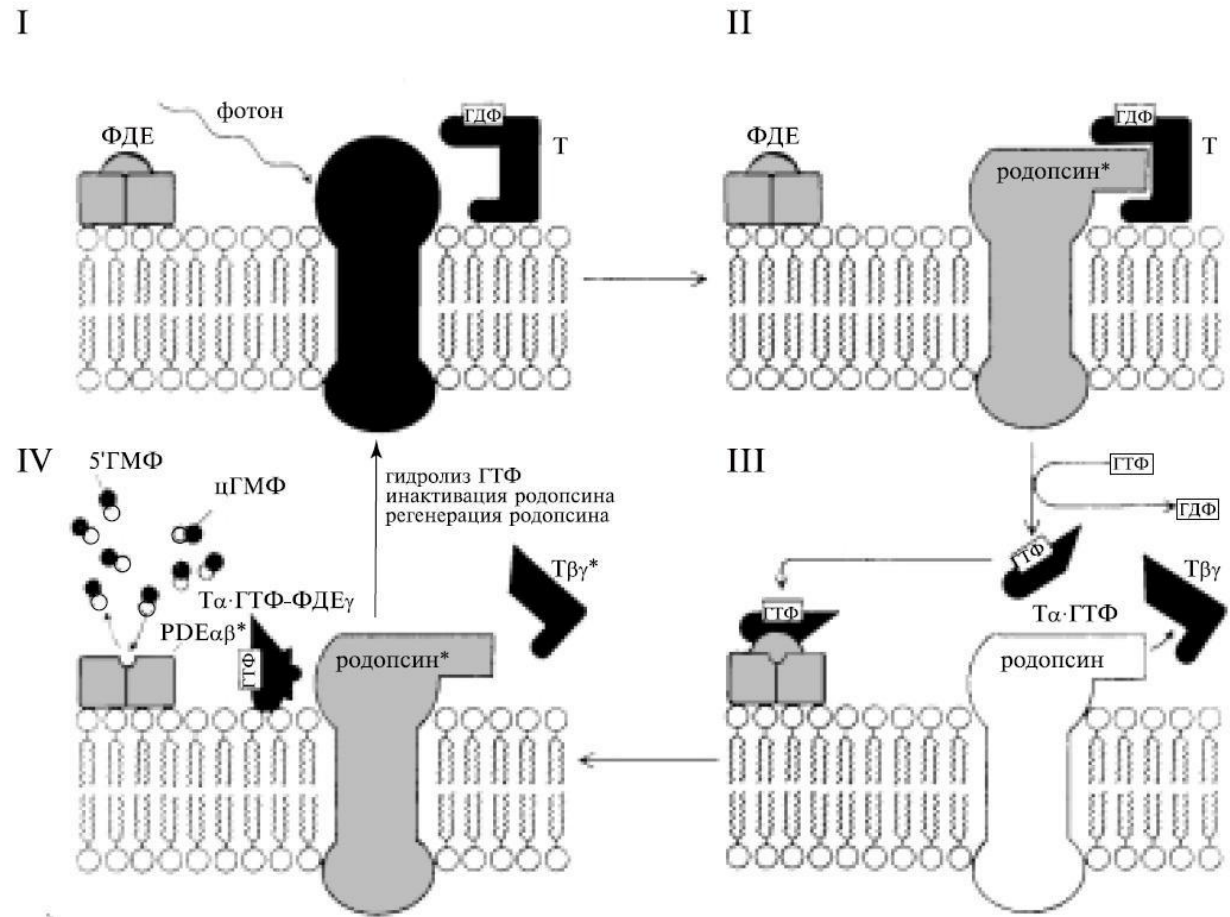
# Каскад реакций, лежащих в основе зрительной рецепции

1- поглощение кванта света активирует родопсин  $R^*$ , который затем реагирует с белком-трансдуцином  $T$ ;

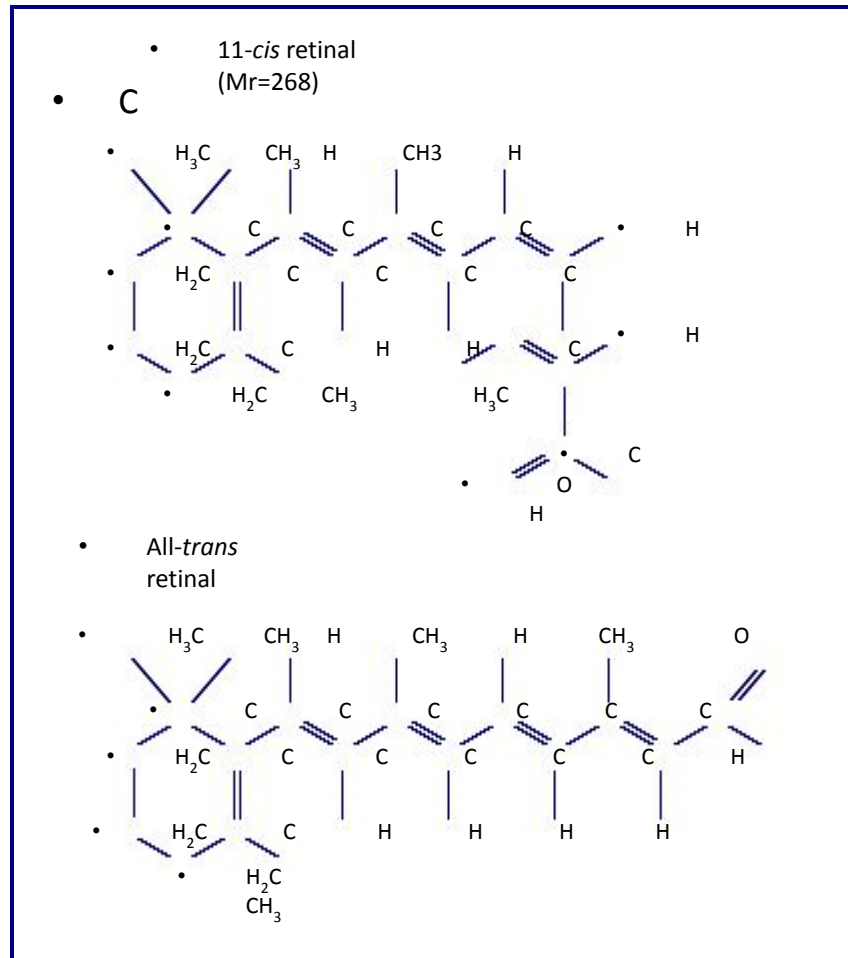
2- происходит замена ГТФ на ГДФ в  $\alpha$ -субъединице  $T\alpha$  трансдуцина;

3- отщепленная  $T\alpha$ -ГТФ активирует фосфодиэстеразу ФДЕ, отщепляя ее  $\gamma$ -субъединицу;

4- активированная ФДЕ гидролизует тысячи молекул цГМФ. Через некоторое время ГТФ в  $\alpha$ -субъединице  $T\alpha$  расщепляется и превращается в ГДФ,  $T\alpha$ -ГТФ присоединяется к  $T\beta\gamma$ . Трансдучин и ФДЕ восстанавливаются. Родопсин  $R^*$  инактивируется и регенерирует в исходное состояние.



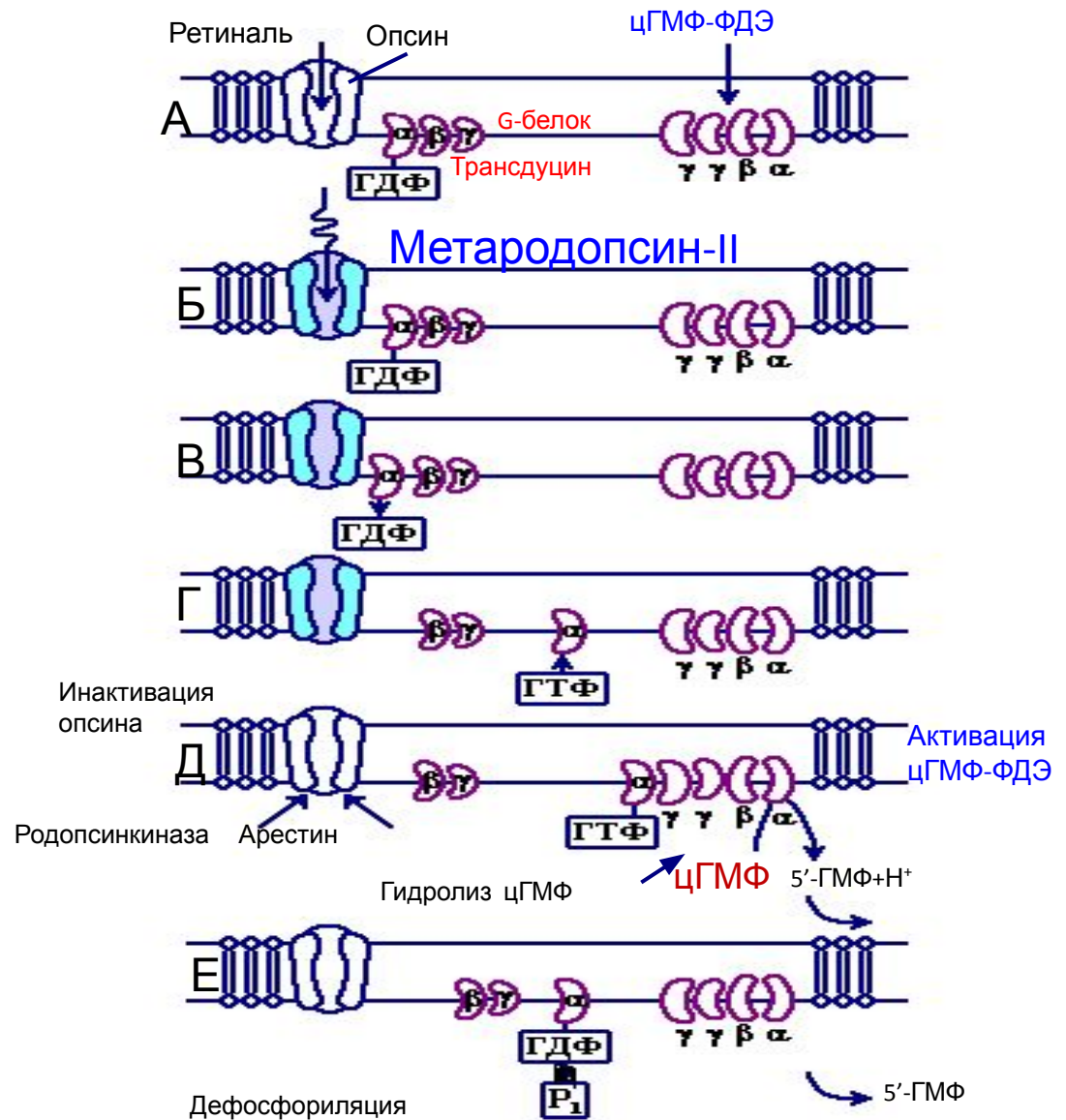
# Первая стадия фототрансдукции: активация зрительного пигмента



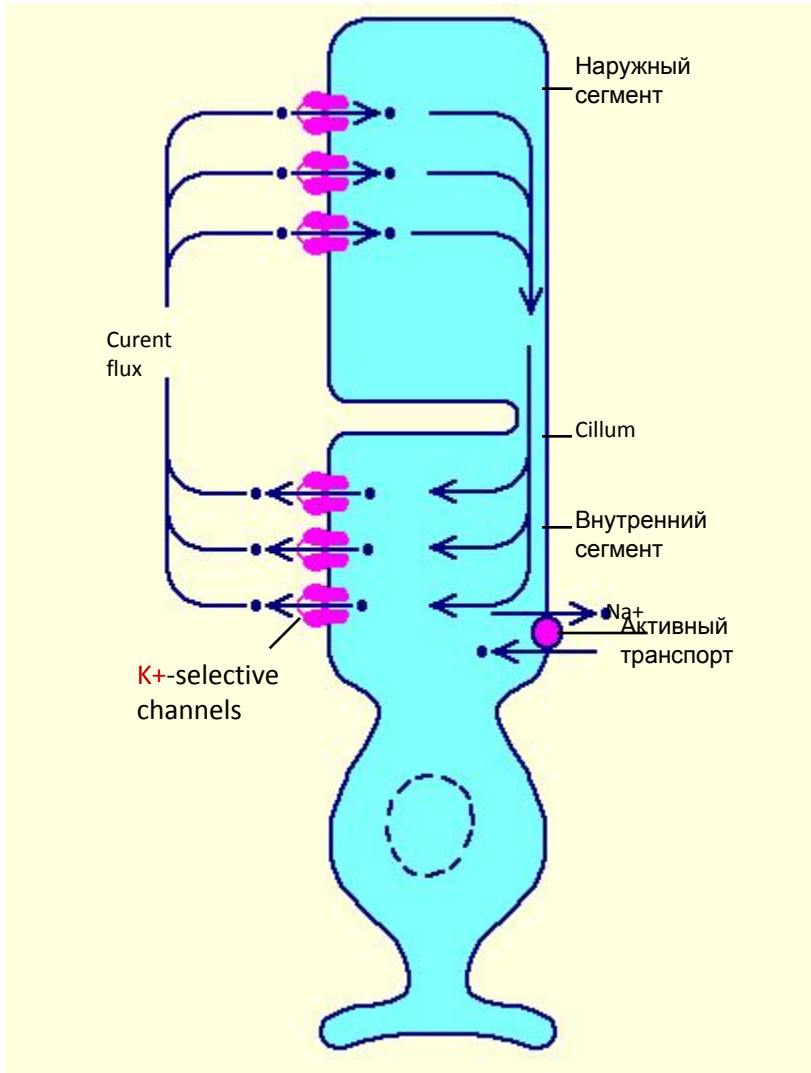
# Вторая стадия фототрансдукции: изменение концентрации цГМФ в фоторецепторе

Гуанилат-циклаза – синтез цГМФ из ГДФ  
 Фосфодиэстераза – гидролиз цГМФ

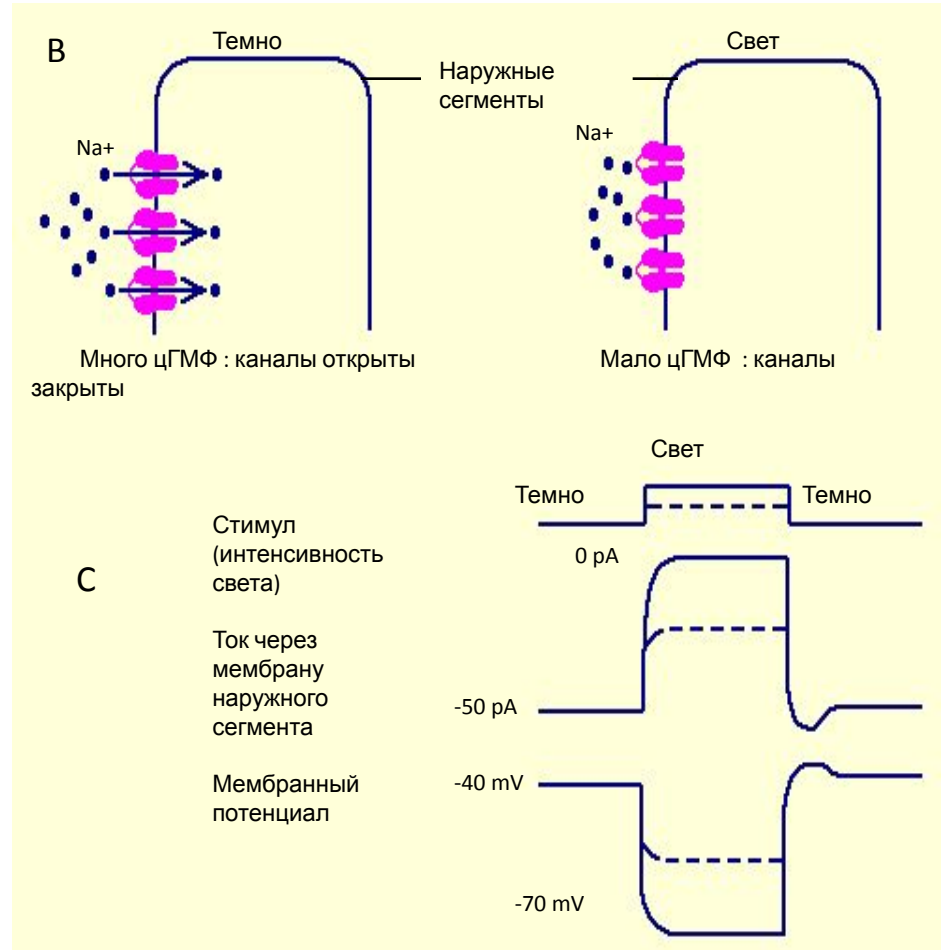
Скорость движения G-белка в мембране 0.1 - 0.001 мкм/сек.



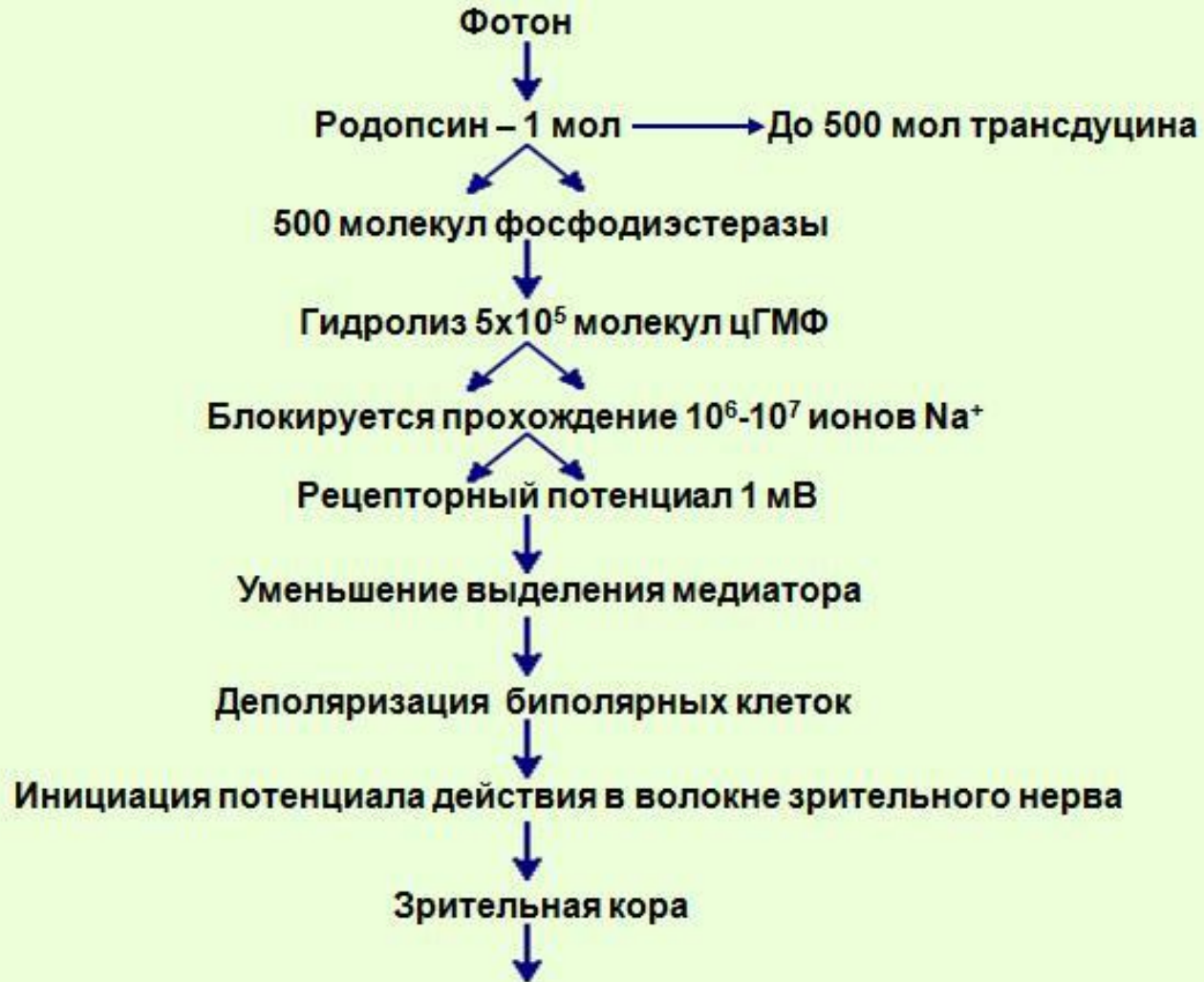




Третья стадия фототрансдукции:  
изменение проницаемости цГМФ-  
зависимых Na<sup>+</sup> - каналов мембраны  
фоторецептора

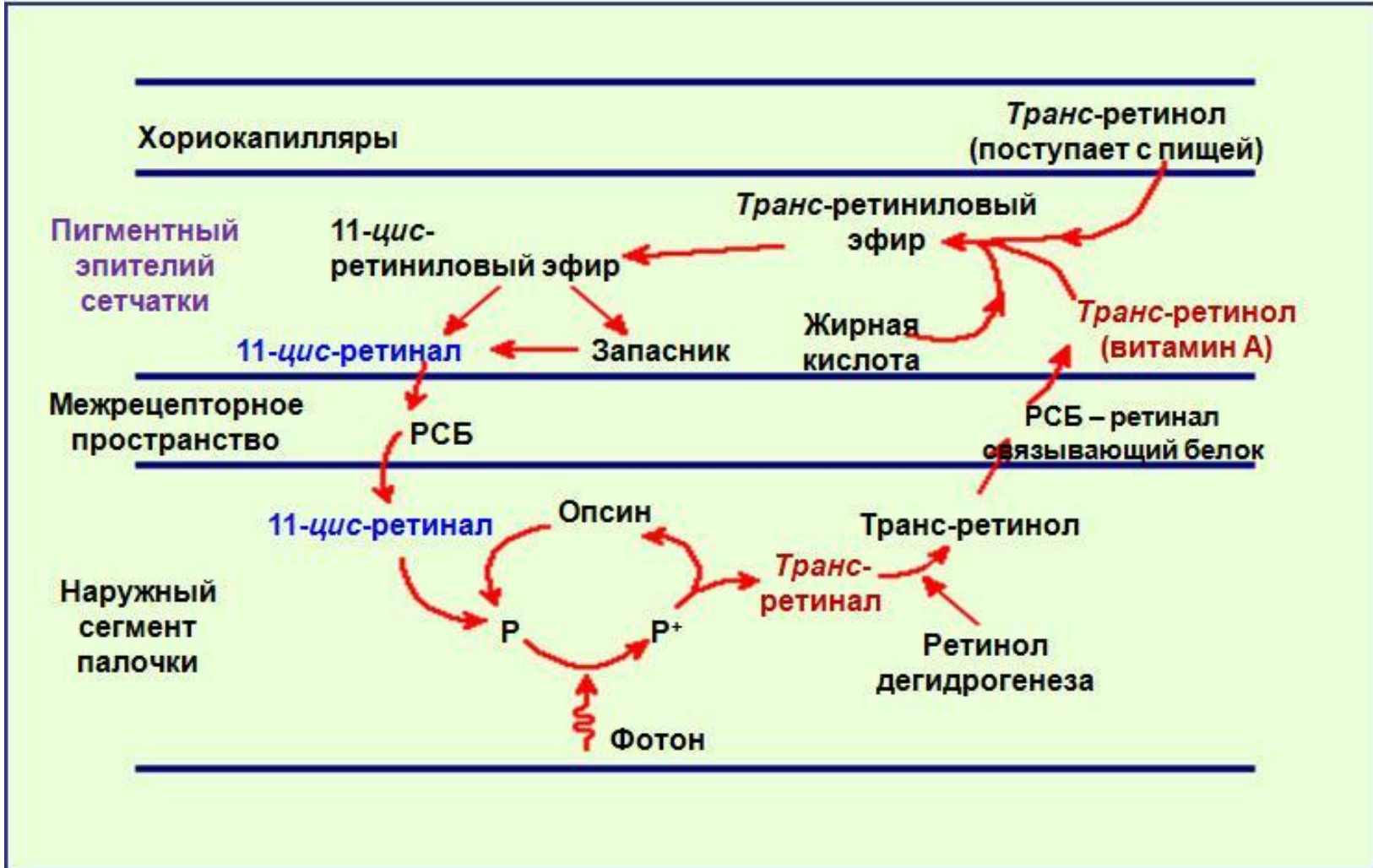


# Усилительный каскад в зрительной системе.



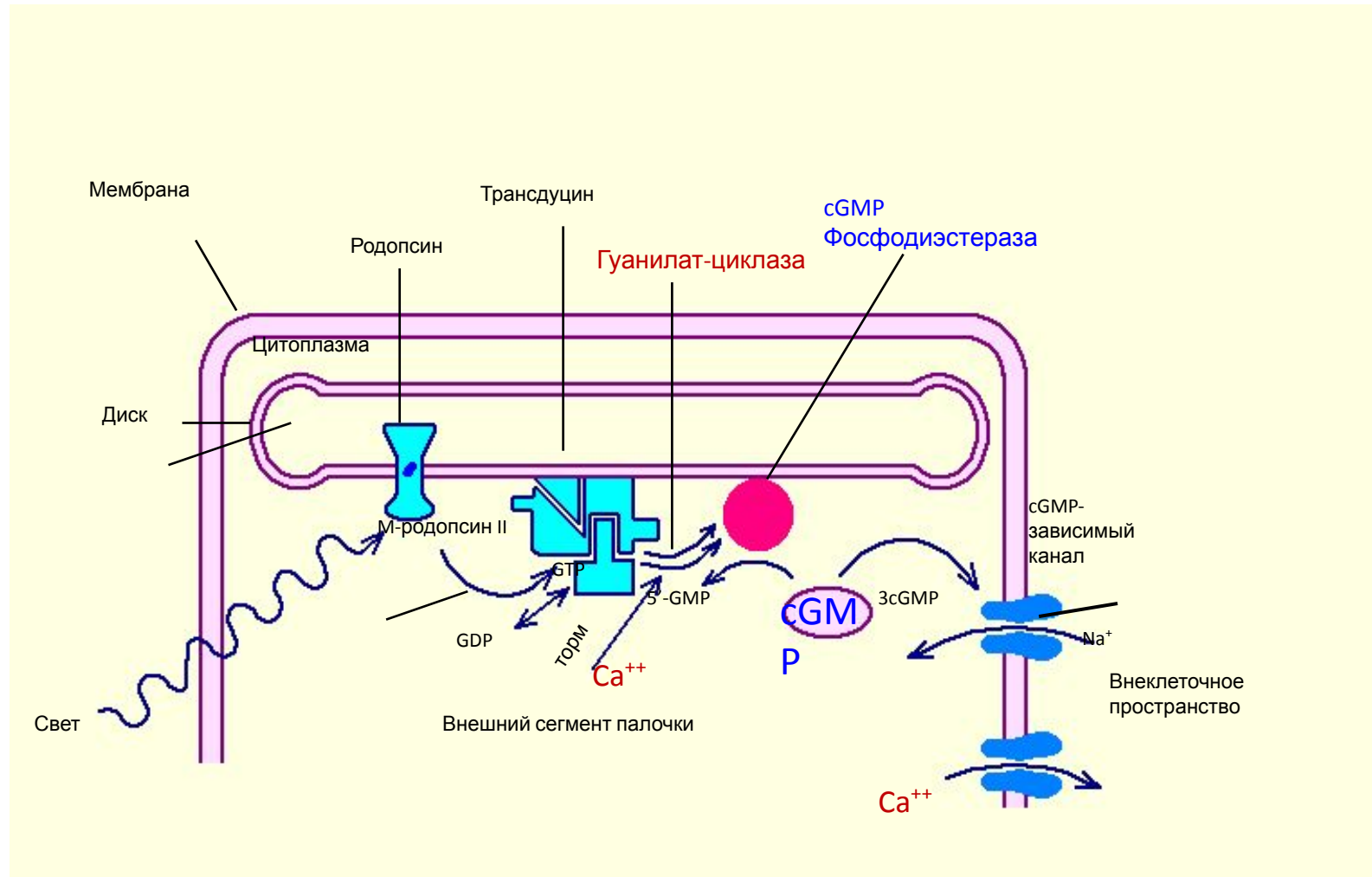


## Регенерация 11-цис-ретинала



Р – родопсин, Р+ - активированный родопсин.

# Внутриклеточный механизм адаптации к свету



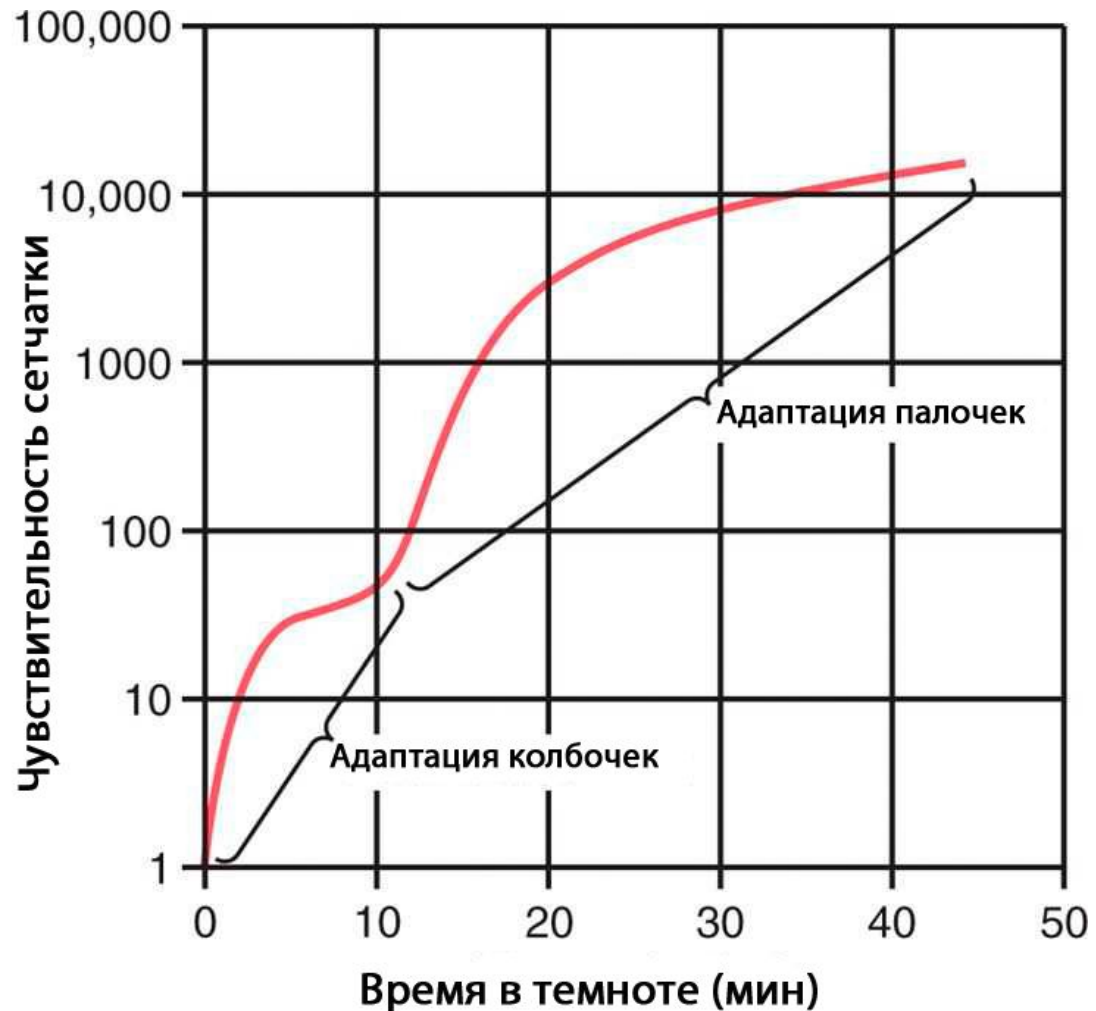
**Гуанилат-циклаза** – синтез цГМФ из ГТФ  
**Фосфодиэстераза** – гидролиз цГМФ

# Различия между палочками и колбочками

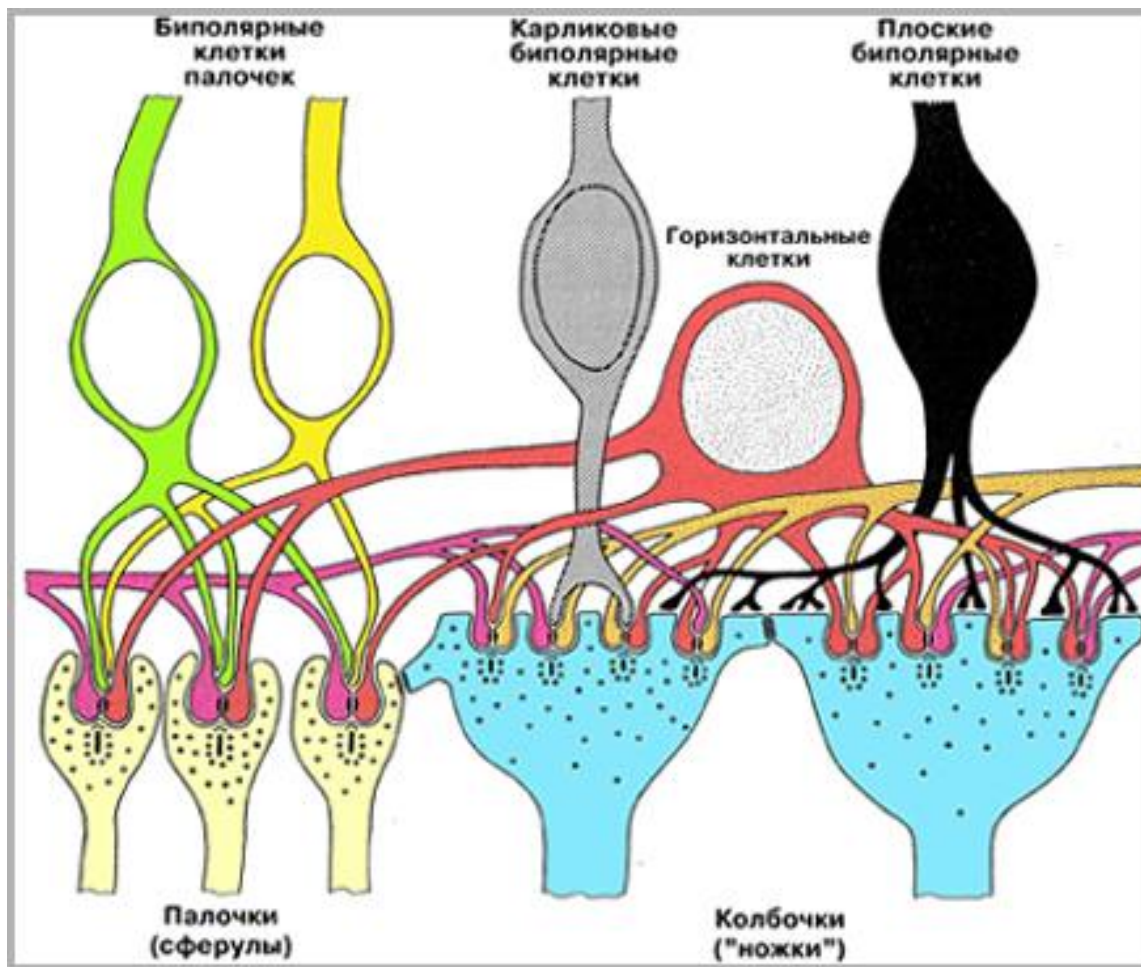
| <b>Палочки (120 млн)</b>  | <b>Колбочки (6 млн)</b>  |
|---|--|
| <i>Высоко чувствительны, специализированы для ночного зрения. Располагаются по периферии сетчатки.</i>                            | <i>Низко чувствительные, специализированные для дневного зрения. Сконцентрированы в центральной ямке.</i>                      |
| <i>Большее количество фотопигмента, поглощают больше света.</i>   | <i>Меньшее количество фотопигмента.</i>  |
| <i>Высокая степень усиления сигнала, воспринимается один фотон.</i>   | <i>Невысокая степень усиления.</i>   |
| <i>Насыщение при попадании нескольких фотонов</i>   | <i>Насыщение только при очень интенсивном свете</i>  |
| <i>Низкая временная разрешающая способность: медленный ответ, длительное время интеграции. Воспринимают колебания &lt; 12 гц.</i> | <i>Высокая временная разрешающая способность: быстрый ответ, короткое время интеграции. Воспринимают колебания до 55 гц.</i>   |
| <i>Более чувствительны к рассеянному свету.</i>   | <i>Более чувствительны к прямым лучам света.</i>   |
| <b>Палочковая система</b>   | <b>Колбочковая система</b>   |
| <i>Низкая точность: широкая конвергенция, отсутствие палочек в центральной ямке.</i>  | <i>Высокая точность: слабая конвергенция в сетчатке, колбочки сконцентрированы в центральной ямке.</i>                         |
| <i>Нецветное зрение: палочки с одним типом пигмента.</i>  | <i>Цветное зрение: колбочки с тремя типами пигмента, каждый из которых наиболее чувствителен в определенной части спектра.</i> |

# Темновая адаптация, демонстрирующая взаимосвязь между адаптацией палочек и колбочек.

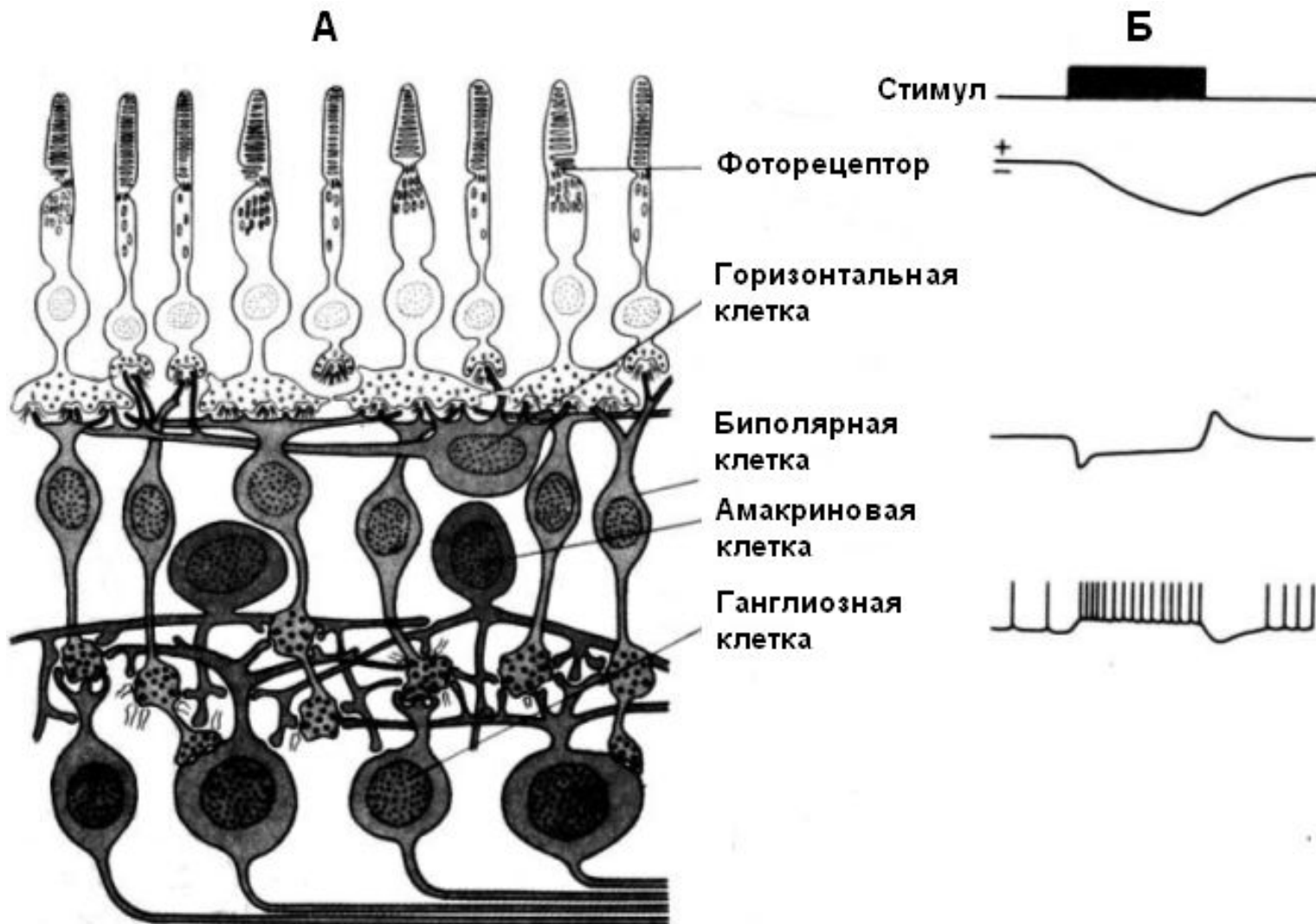
- Все химические события зрения в колбочках происходят в 4 раза быстрее, чем в палочках (начальная часть кривой)
- Через несколько минут колбочки прекращают адаптацию
- Чувствительность медленно адаптирующихся палочек продолжает возрастать, достигая чрезвычайной степени.
- Большая чувствительность палочек связана с их конвергенцией 100 или более палочек на одиночную ганглиозную клетку в сетчатке; реакции этих палочек суммируются, увеличивая их чувствительность.



# Схематическое изображение синаптических тел колбочек и палочек



# Нейронная сеть сетчатки (А) и электрические ответы разных типов клеток на световой стимул (Б)



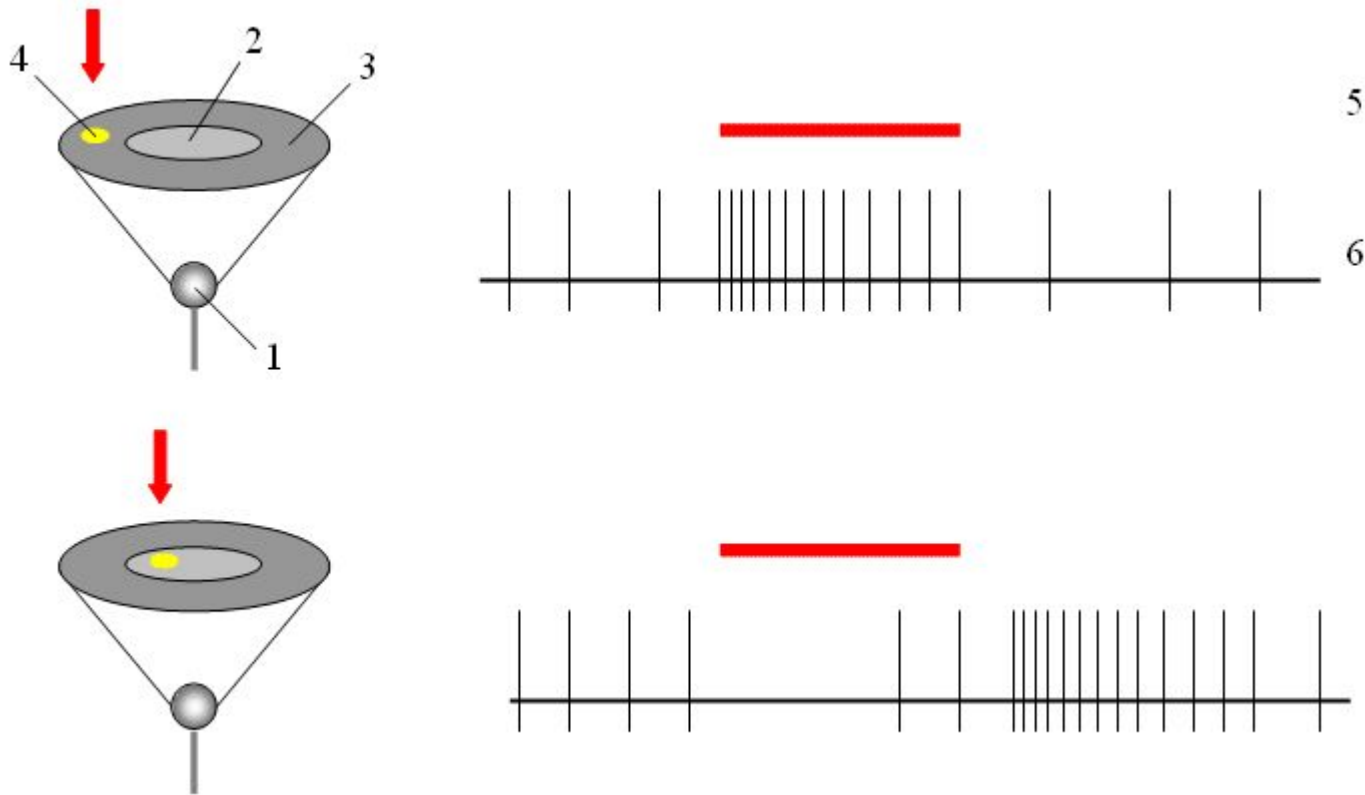
Каждая ганглиозная клетка имеет свое рецептивное поле, т.е. ограниченный участок сетчатки, фоторецепторы которого связаны с данной клеткой. Реакция такой клетки на свет вне ее рецептивного поля отсутствует. Ганглиозные клетки функционально различны, их разделяют на два типа:

- 1) нейроны, которые возбуждаются светом, падающим на центр рецептивного поля, но затормаживаются, если свет падает на его периферию;
- 2) нейроны, которые затормаживаются светом в центре рецептивного поля и возбуждаются при действии света на его края.

Одновременная реакция нейронов первого и второго типов лежит в основе появления *одновременного контраста* за счет подчеркивания края изображения их антагонистическими рецептивными полями.



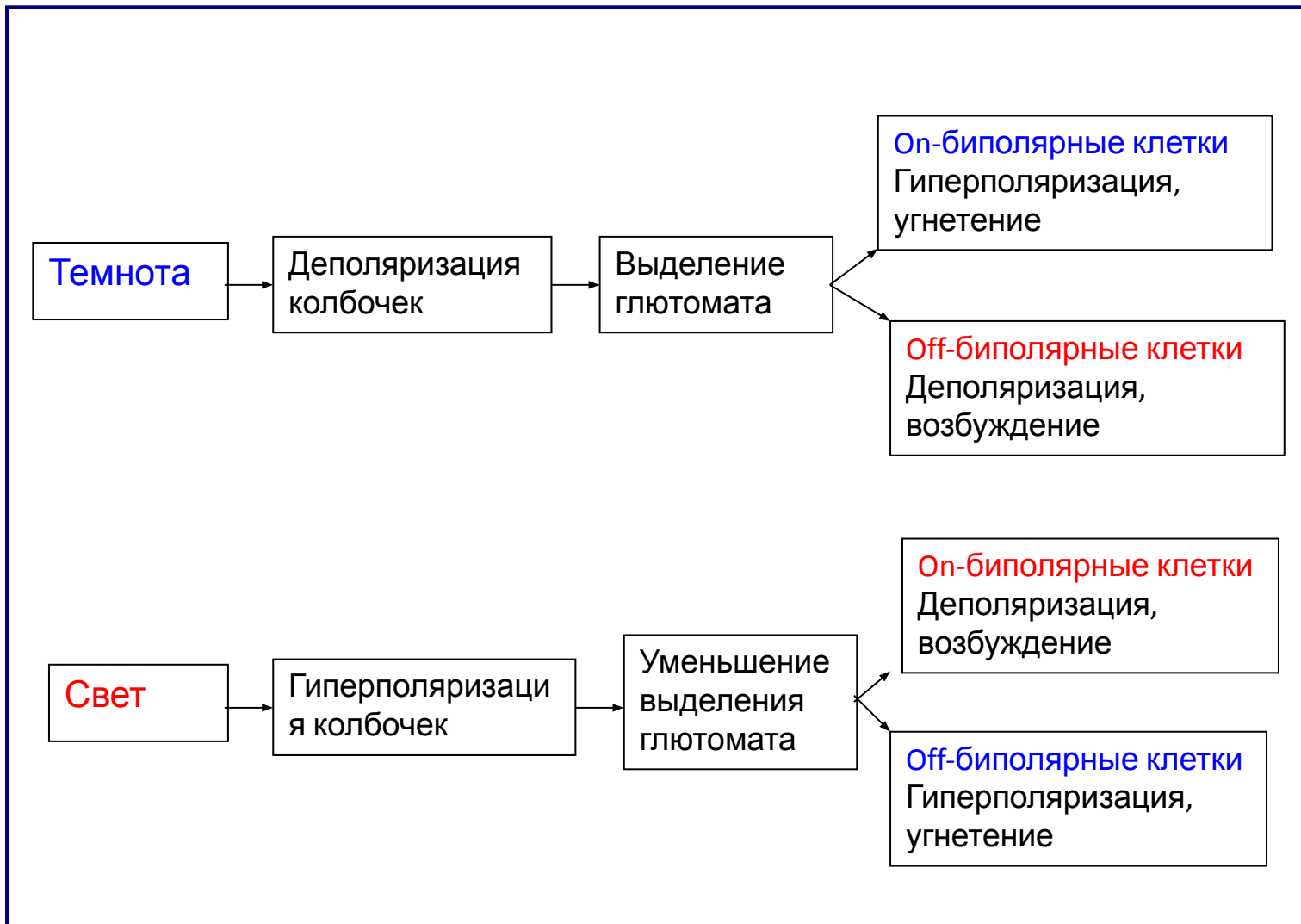
# Электрические реакции ганглиозной клетки ON -типа на освещение центральной и периферической части ее рецептивного поля узким пучком света.



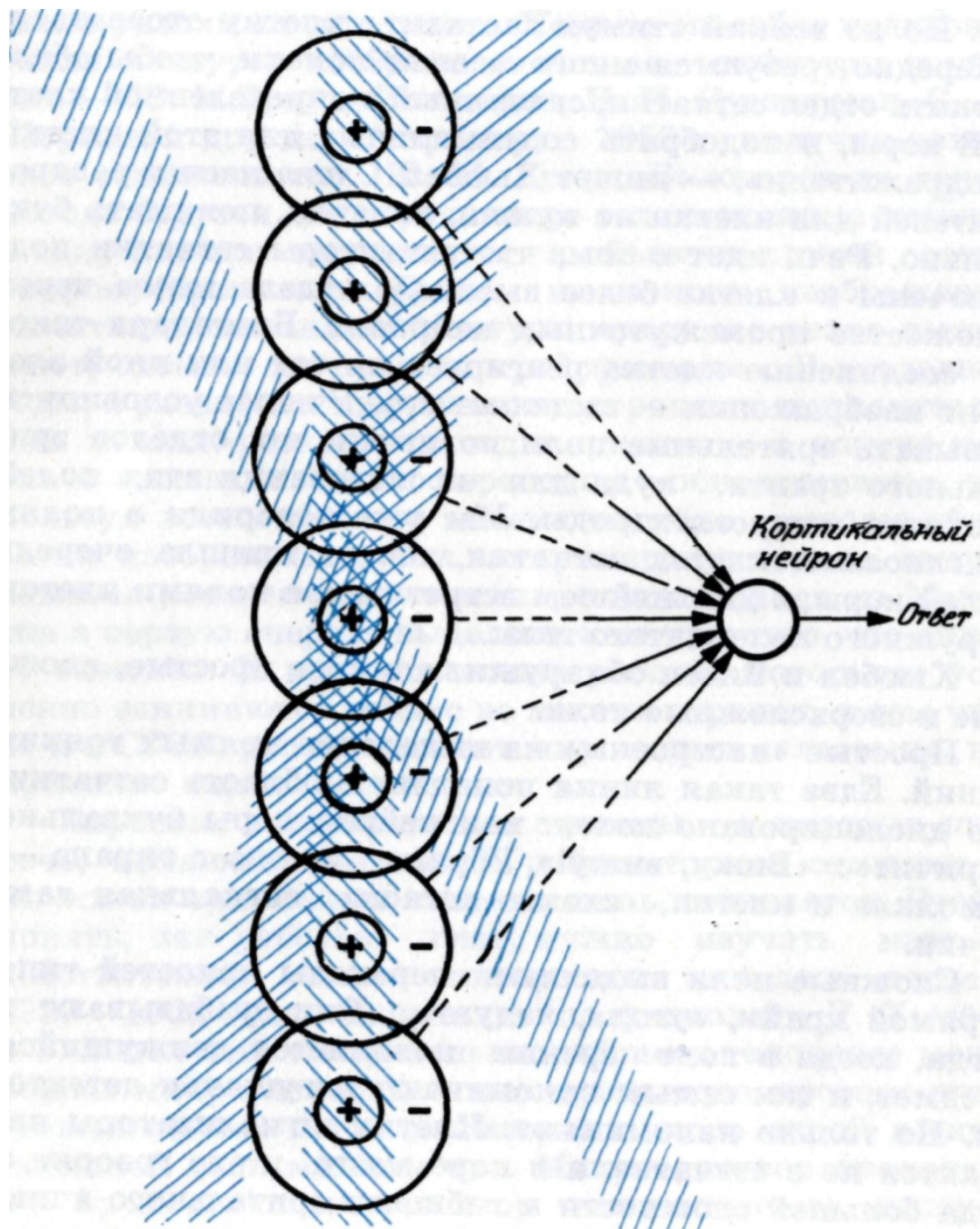
1 - ганглиозная клетка, 2 и 3 - центральная и периферическая часть ее рецептивного поля (показано схематично), 4 – пучок света, 5 – отметка времени действия светового стимула, 6 - импульсная электрическая активность ганглиозной клетки



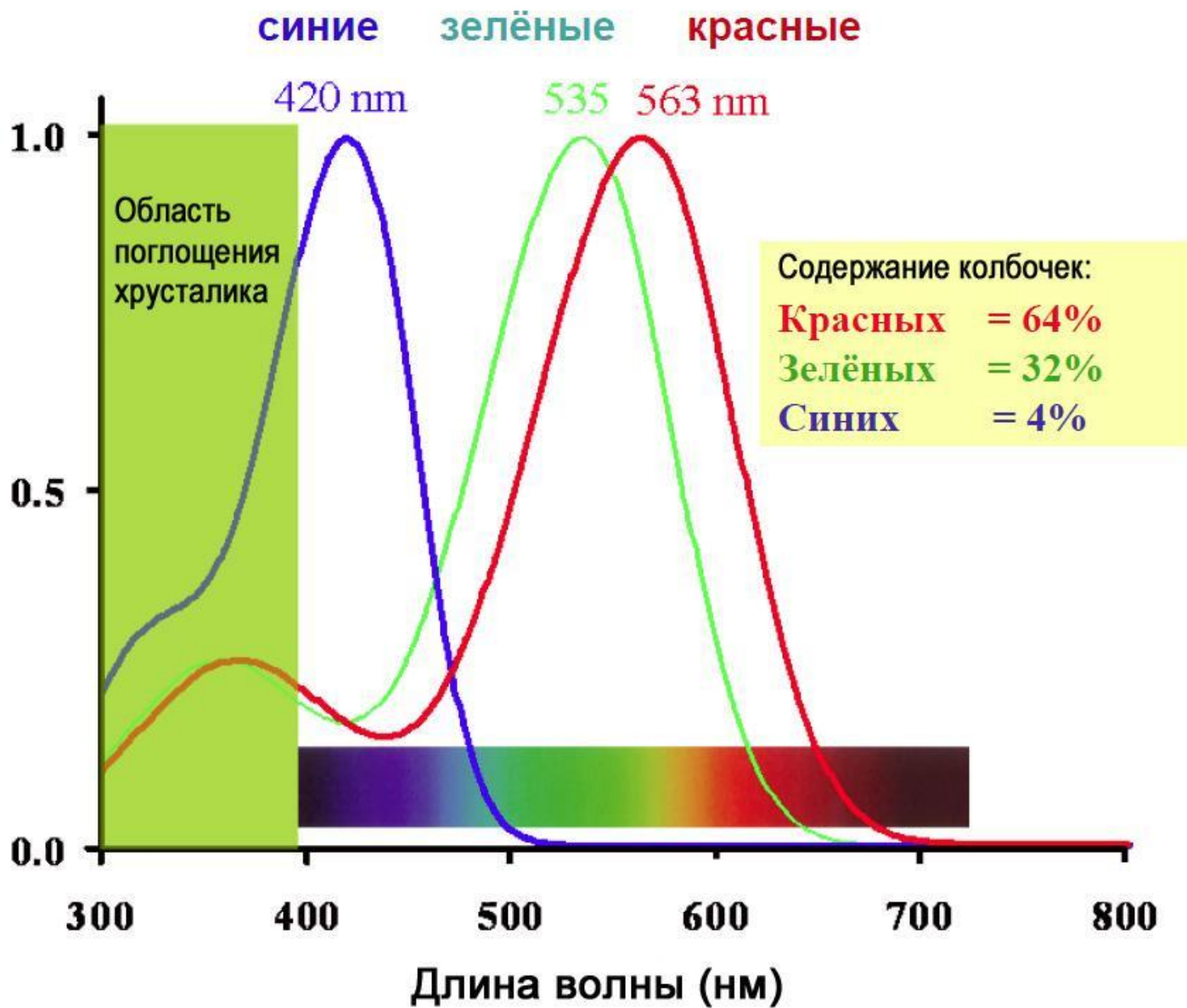
# Передача информации от фоторецептора к on- и off-биполярным клеткам сетчатки



Поле коры, суммируя  
сигналы полей  
ганглиозных клеток  
сетчатки, выделяет  
прямую линию.

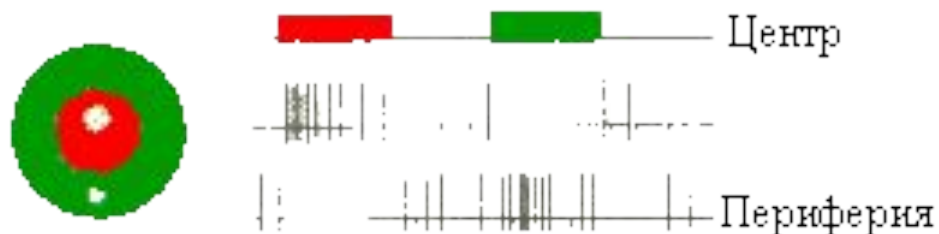


# Зрительные пигменты колбочек сетчатки человека

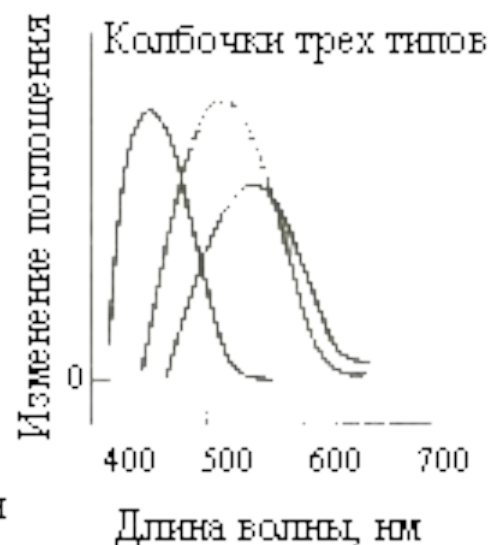
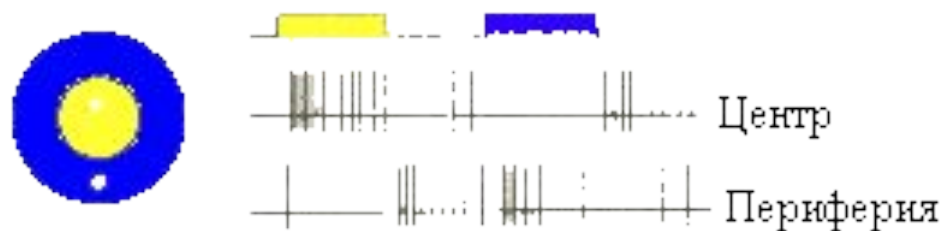


# Возможный способ кодирования цветов в сетчатке. Ганглиозные поля колбочек.

Рецептивное поле нейрона красно-зеленой системы



Рецептивное поле нейрона желто-синей системы



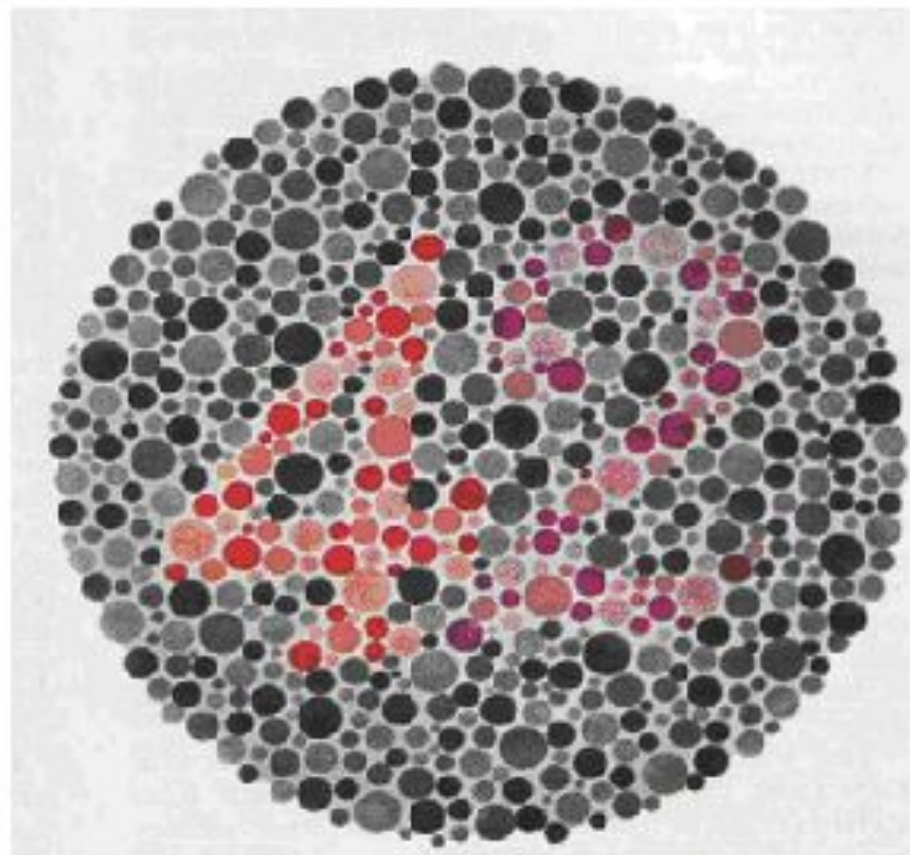
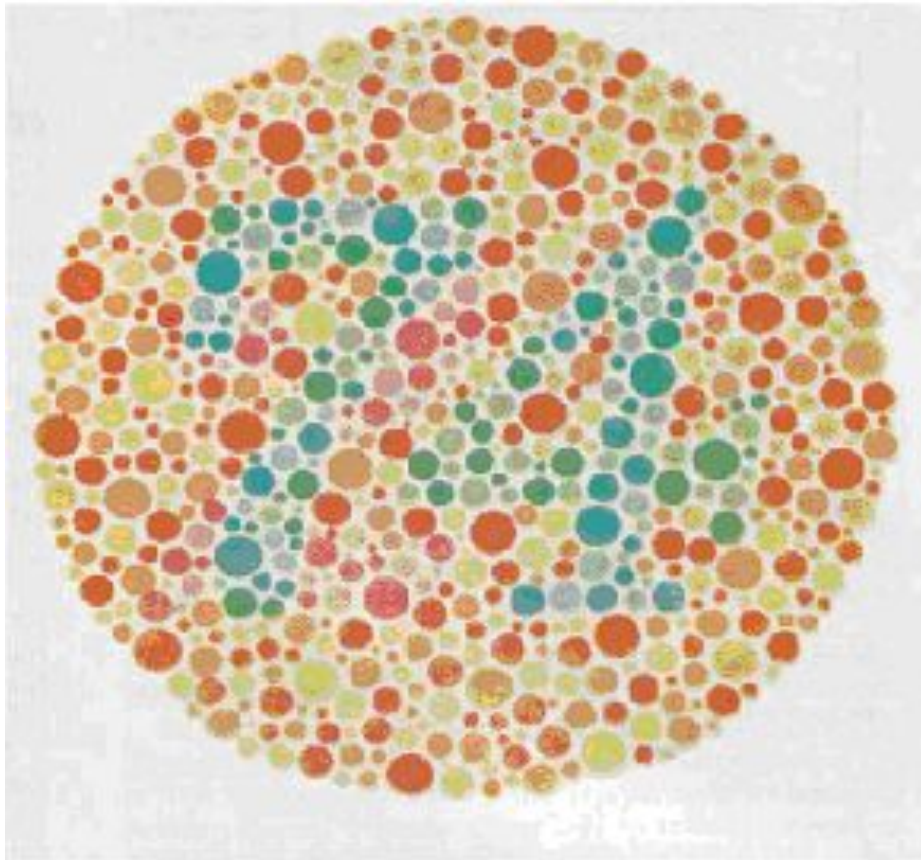
Вверху: ганглиозная клетка активируется красным цветом в центре поля и зеленым на периферии

Внизу: активность ганглиозных клеток, получающих входные сигналы от «желтых» колбочек в центре поля и «синих» - на периферии.

У этих цветоспецифических рецептивных полей отмечается антагонизм центра и периферии. (Колбочек, воспринимающих зеленый цвет, не существует. Это качество возникает благодаря конвергенции горизонтальных нейронов локальных сетей в пределах сетчатки.)

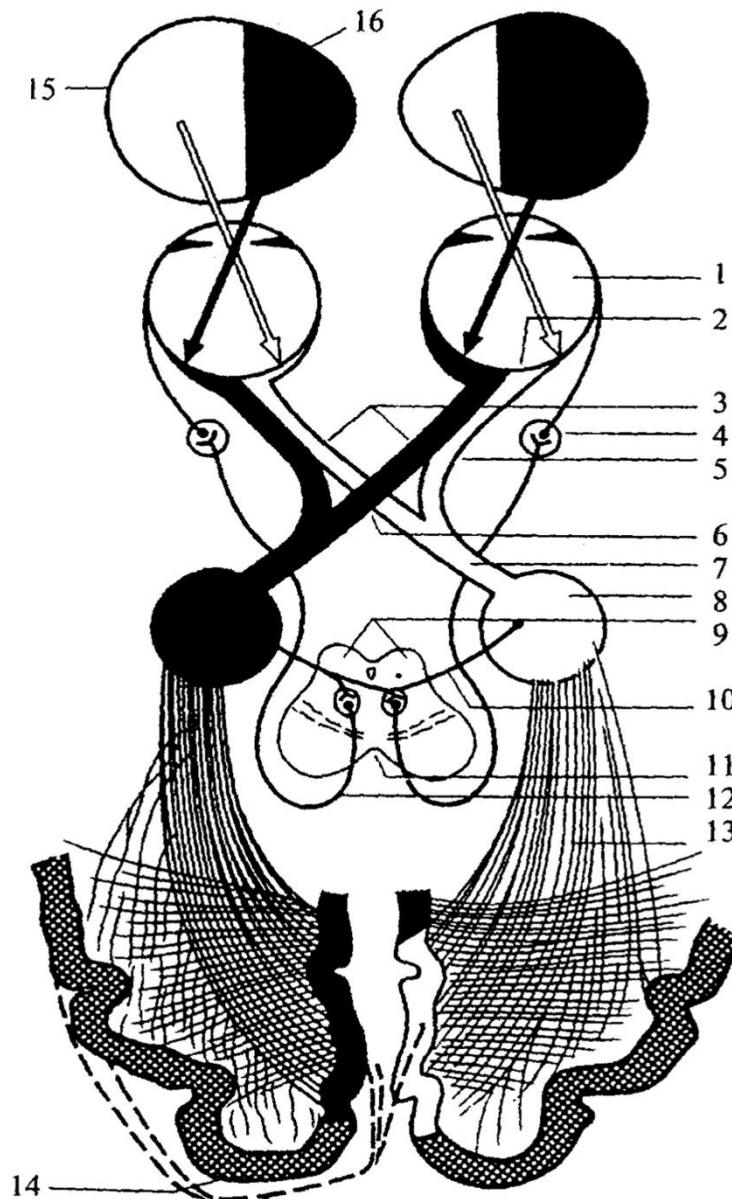


# Исследование цветового зрения

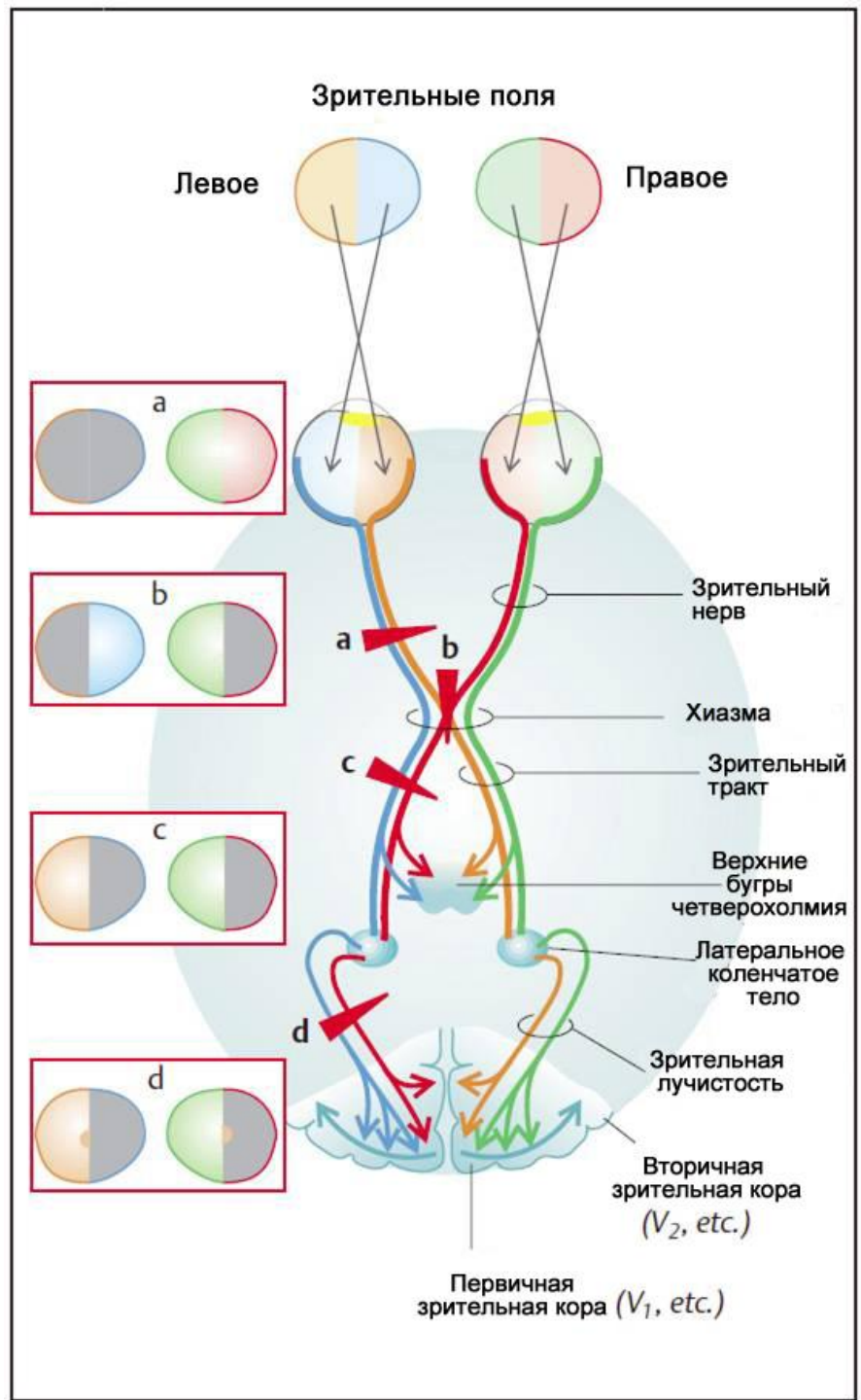


# Схема проводящих путей зрительного анализатора:

- 1 — глазное яблоко;
- 2 — сетчатка;
- 3 — зрительные нервы;
- 4 — ресничный ганглий;
- 5 — неперекрещивающиеся волокна зрительного нерва;
- 6 — хиазма;
- 7 — зрительный тракт;
- 8 — латеральное колленчатое тело;
- 9 — верхние бугры четверохолмия;
- 10 — неспецифический зрительный путь;
- 11 — средний мозг;
- 12 — волокна парасимпатической нервной системы;
- 13 — зрительная радиация;
- 14 — зрительная кора;
- 15 — латеральное поле зрения;
- 16 — медиальное поле зрения



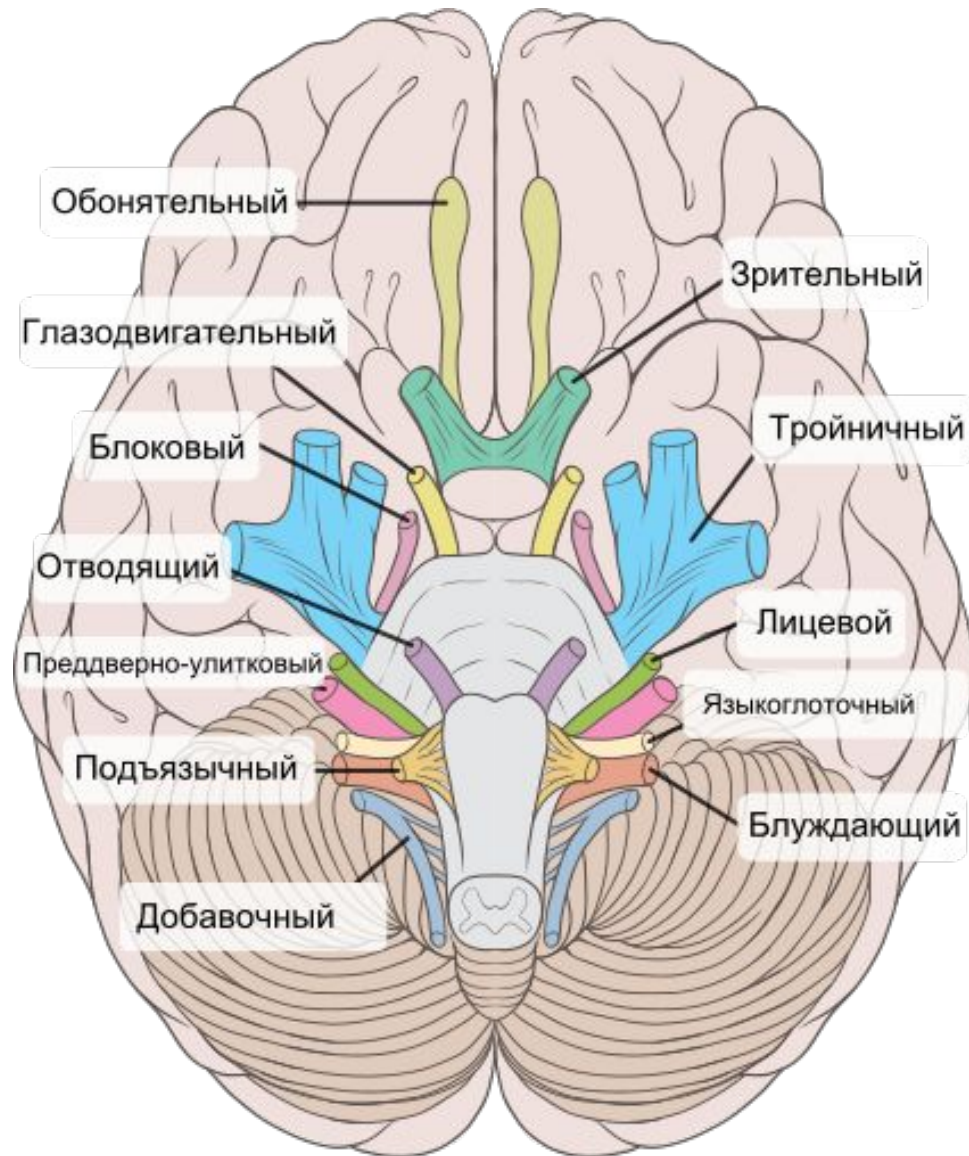
# Повреждение проводящих путей зрительной информации



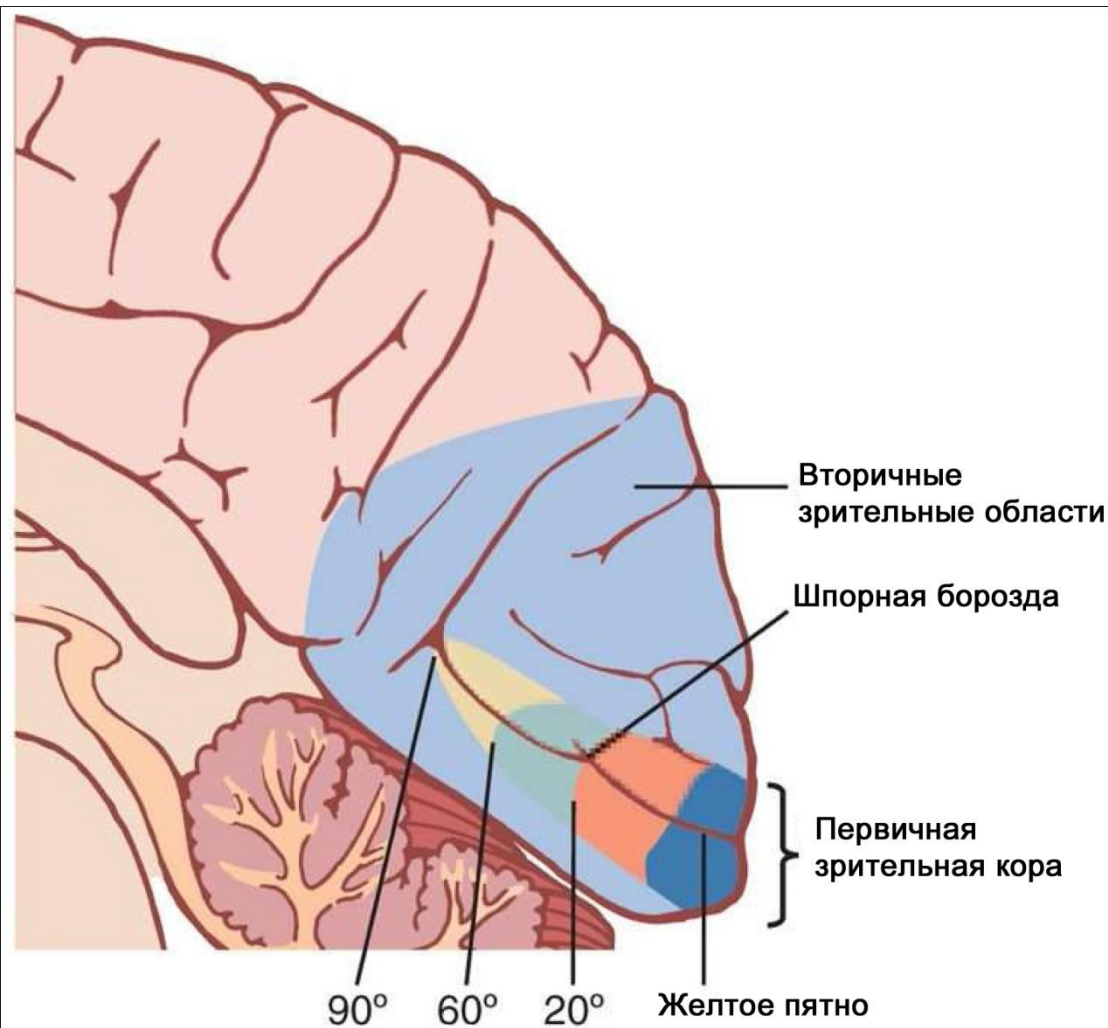
- Зрительный нерв представляет собой нерв специальной чувствительности. Зрительный нерв по своему развитию и строению представляет собой не типичный черепномозговой нерв, а как бы мозговое вещество, вынесенное на периферию и связанное с ядрами промежуточного мозга, а через них и с корой больших полушарий.



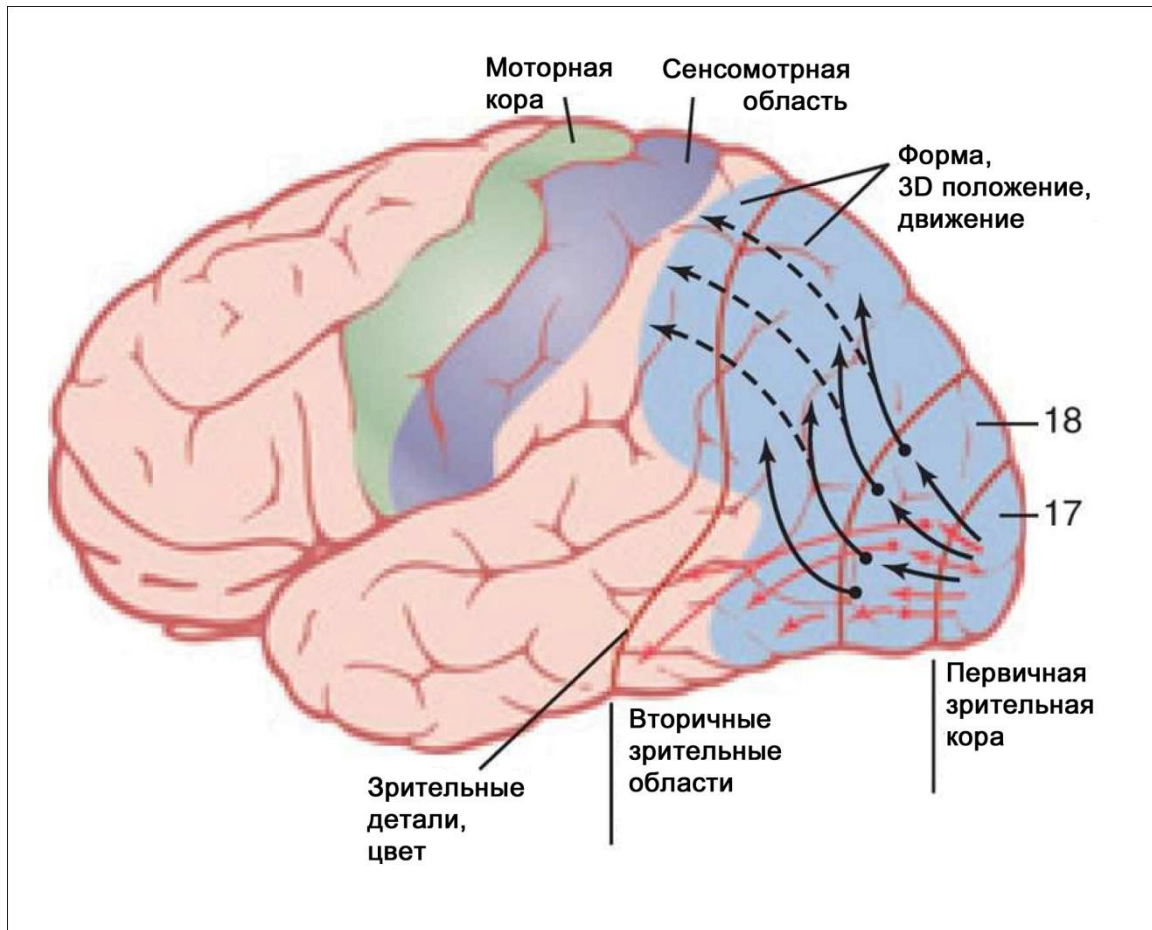
# Соотношение зрительного нерва и структур мозга.



# Зрительная кора в области шпорной борозды медиальной поверхности затылочной доли



# Передача сигналов от первичной зрительной области во вторичные зрительные области.



- Сигналы, представляющие форму, положение в трехмерном пространстве и движение, передаются главным образом в верхние отделы затылочной доли и задние отделы теменной доли.
- Сигналы о деталях и цвете зрительного объекта передаются в основном в передневентральную часть затылочной доли и вентральную часть заднего отдела височной доли.

- Переработкой зрительной информации заняты нейроны трех первых слоев верхнего бугорка четверохолмия . Глубокие нейроны управляют движениями глаз при рассматривании объектов, передвигающихся в поле зрения, а также объектов, которые одновременно служат источниками соматосенсорных или слуховых стимулов.

# Верхние бугры четверохолмия

- Импульсы, поступающие в верхние бугорки чрезвычайно важны для определения движущегося объекта и регуляции движения глаз. Нейроны здесь отвечают появлением ПД преимущественно на **движущийся стимул**. При этом некоторые нейроны реагируют на движение зрительного стимула через рецепторное поле лишь в строго определенном направлении, у других - заданность направления менее выражена.
- ***Передние бугры четверохолмия являются первичными центрами интегрирования сенсорной информации, используемой для пространственной ориентации.***

# Р-клетки, М-клетки и W-клетки сетчатки

**Р-клетки** дают проекции к парвоцеллюлярным (мелкоклеточным) слоям ЛКТ.

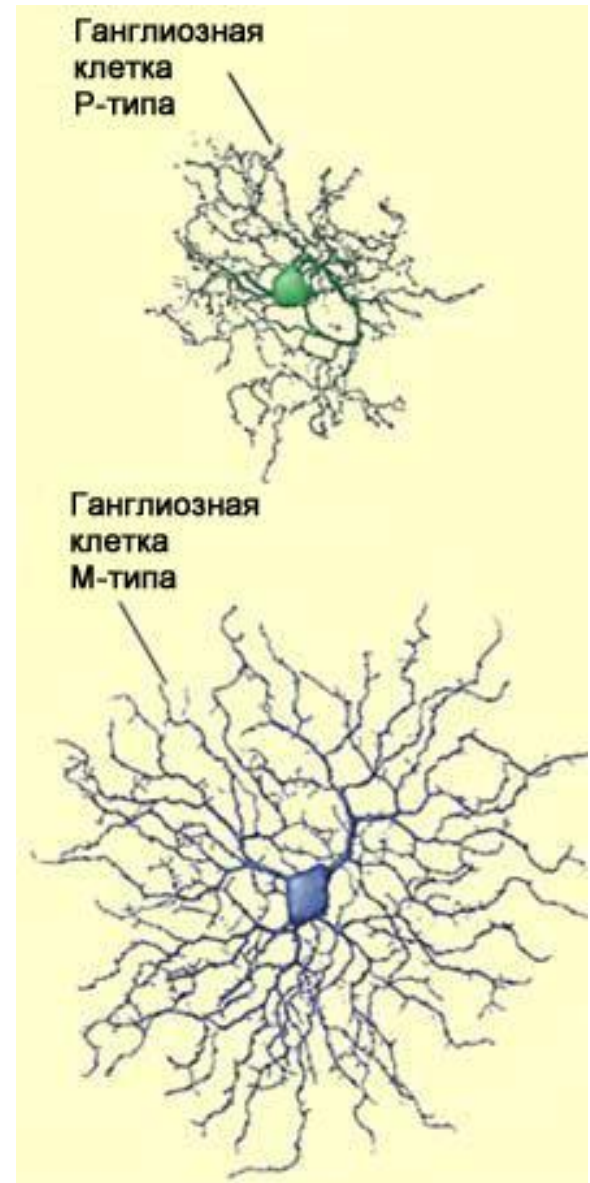
- скорость проведения импульса по их аксонам меньше, чем по аксонам М-клеток
- имеют малые рецептивные поля, состоящие преимущественно из колбочек и предназначены для восприятия мелких деталей формы объекта или для восприятия цвета
- лучше отвечают на маленькие зрительные объекты, чем на большие

**М-клетки** проецируются к магноцеллюлярным (крупноклеточным) слоям ЛКТ.

- регистрируют грубые признаки объектов и их движение в зрительном поле, отвечая на раздражение всего рецептивного поля непродолжительной импульсной активностью
- дают фазические, нелинейные ответы на сложные стимулы

У **W-клеток** сома и аксон маленькие, а дендритное дерево обширное.

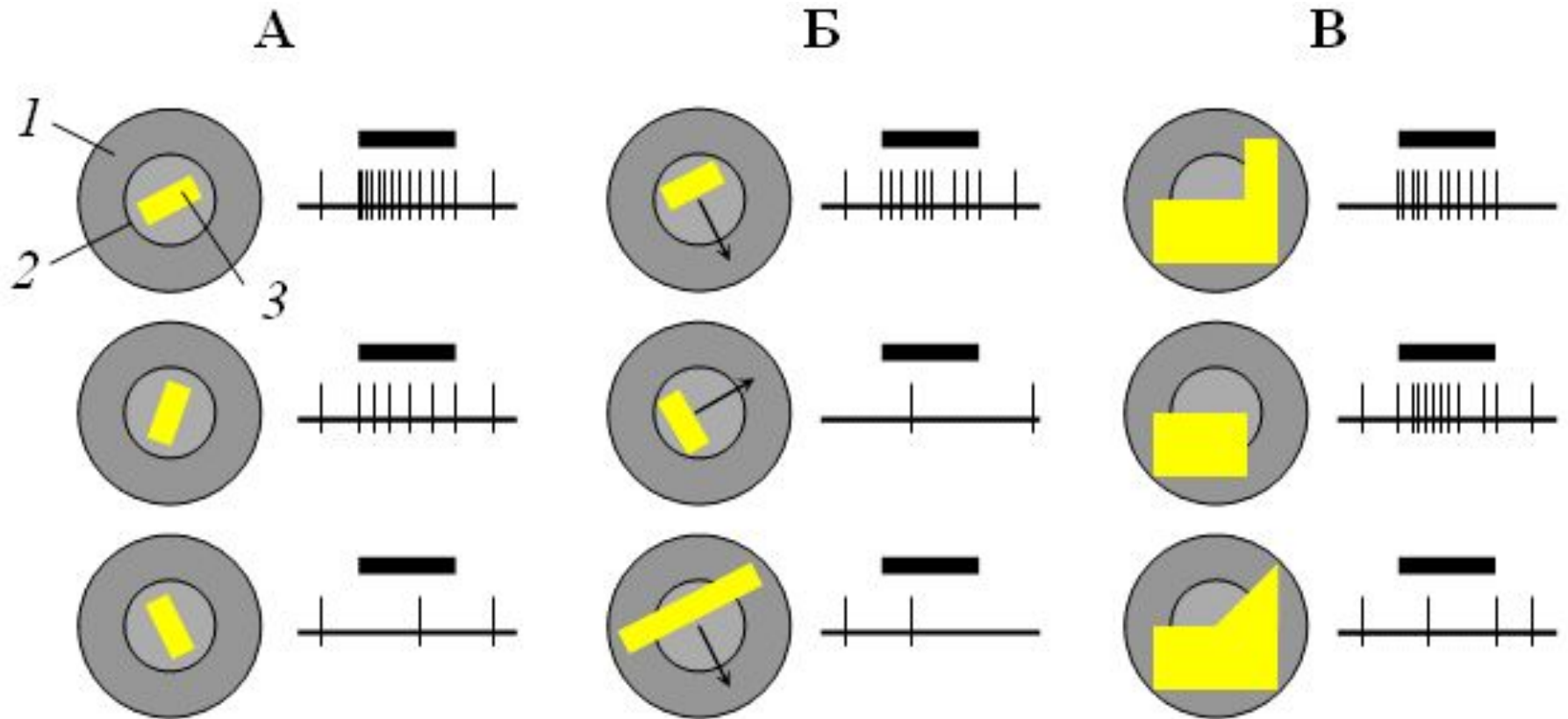
- обширные рассеянные рецептивные поля и медленно проводящие аксоны; на зрительные стимулы они отвечают нерегулярно.





- Существование М- и Р-типов ганглиозных клеток позволяет разделить информацию о разных качествах наблюдаемого объекта, которая перерабатывается независимо в параллельных путях зрительной системы: о тонких деталях объекта и о его цвете (пути начинаются от соответствующих рецептивных полей клеток Р-типа) и о движении объектов в зрительном поле (путь от клеток М-типа).

# Импульсация различных нейронов зрительной коры в ответ на освещение их рецептивных полей различными световыми стимулами.

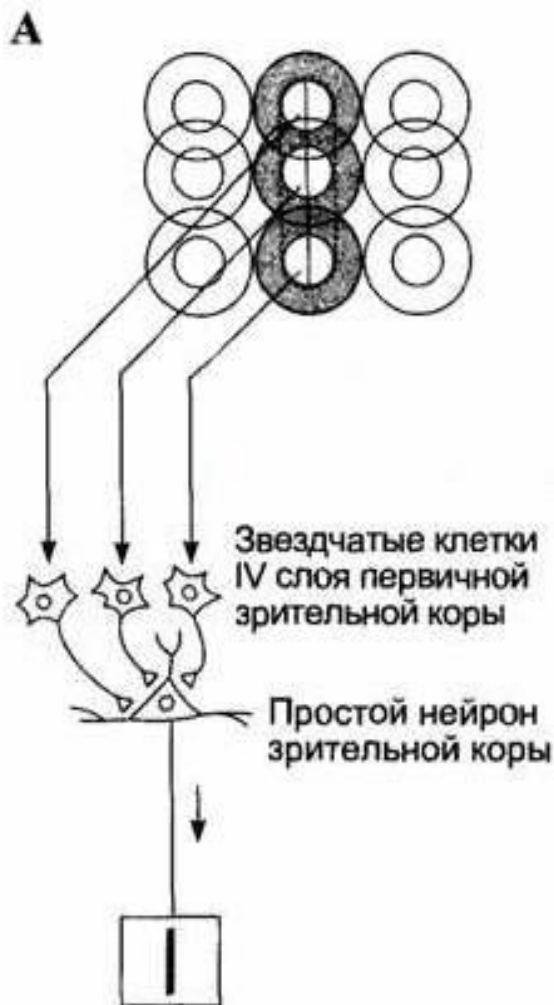


**A** – нейрон с простым рецептивным полем; **Б** – нейрон со сложным рецептивным полем; **В** – нейрон со сверхсложным рецептивным полем: 1 – периферическая часть рецептивного поля, 2 – центральная часть рецептивного поля, 3 – световой стимул.

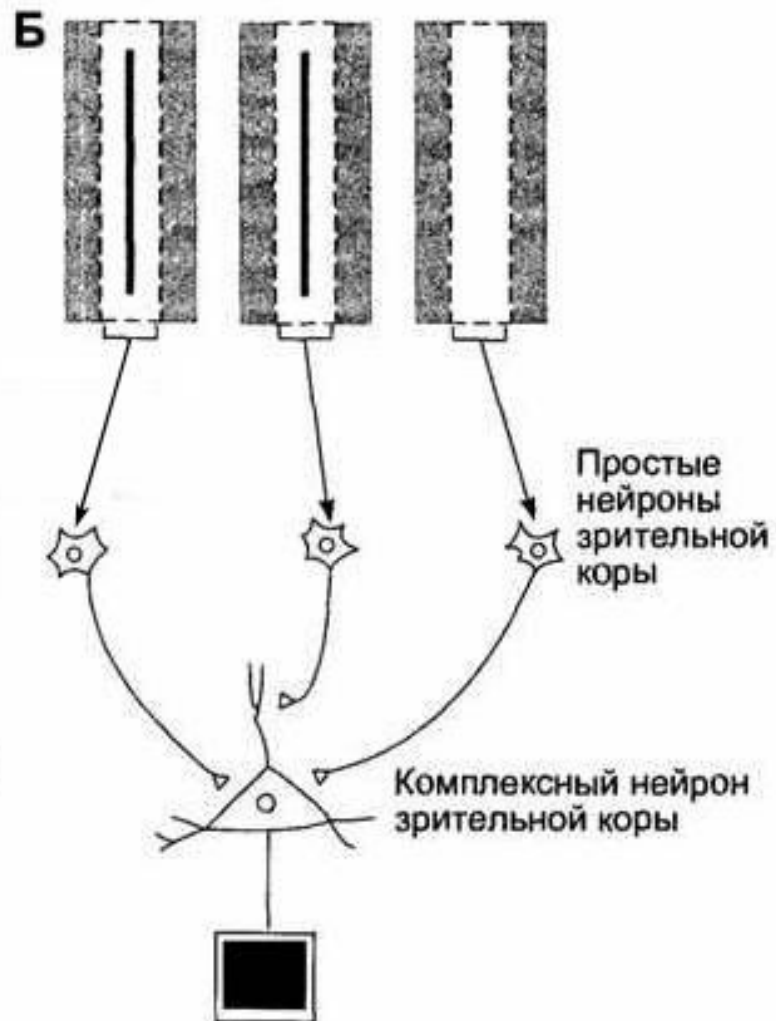


**А. Нейроны латерального колленчатого тела** имеют округлые рецептивные поля с *on*- или *off*-центрами, подобные рецептивным полям ганглиозных клеток. Конвергенция нейронов латерального колленчатого тела к простым нейронам проекционной зрительной коры (опосредованная звездчатыми клетками) формирует их рецептивные поля прямоугольной формы и максимальной чувствительности к определенному углу наклона линейного

Рецептивные поля нейронов латерального колленчатого тела

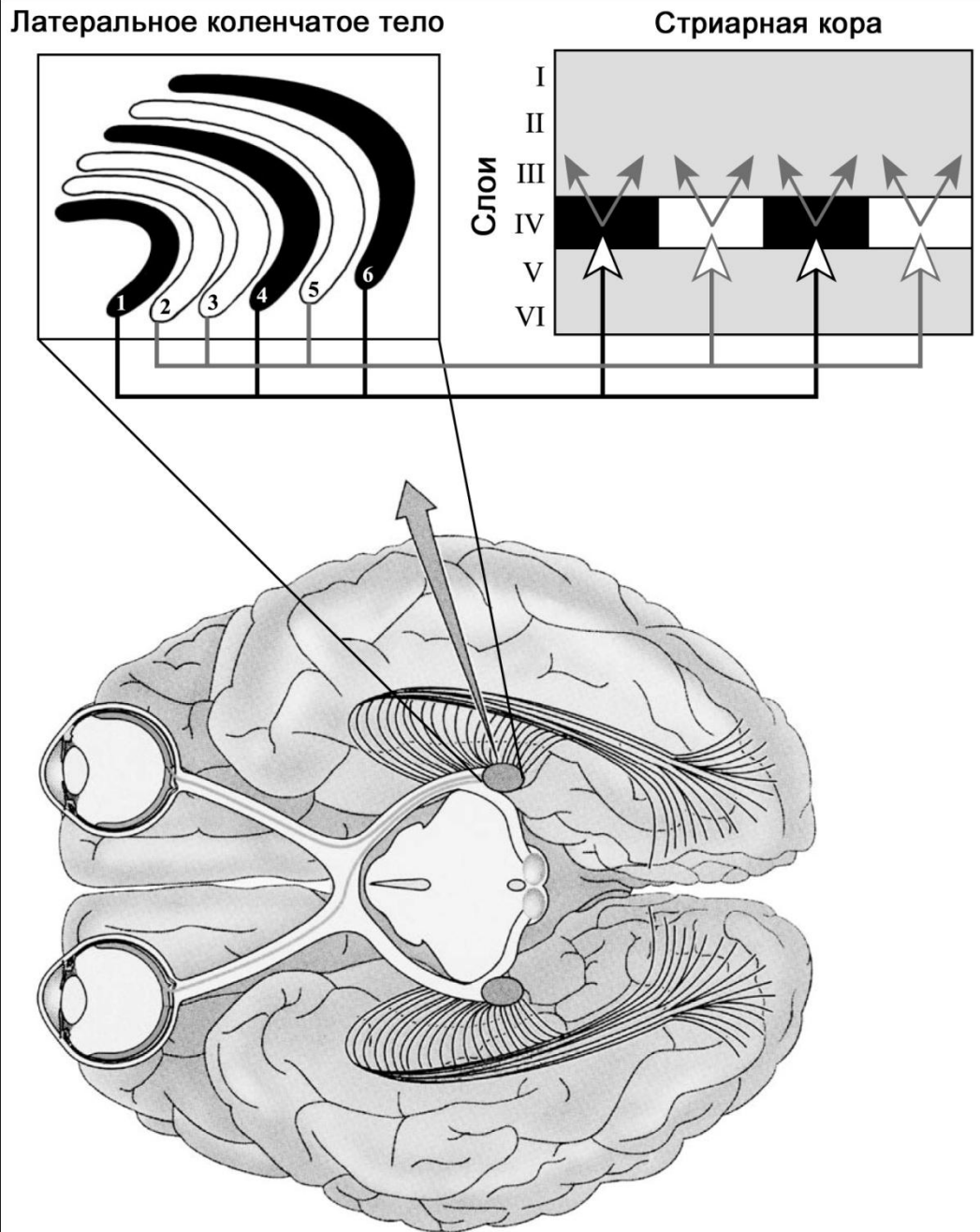


Рецептивные поля простых нейронов зрительной коры



**Б. Конвергенция нейронов зрительной коры к комплексным нейронам** создает рецептивное поле последних, в котором угол наклона линейных стимулов не имеет значения.

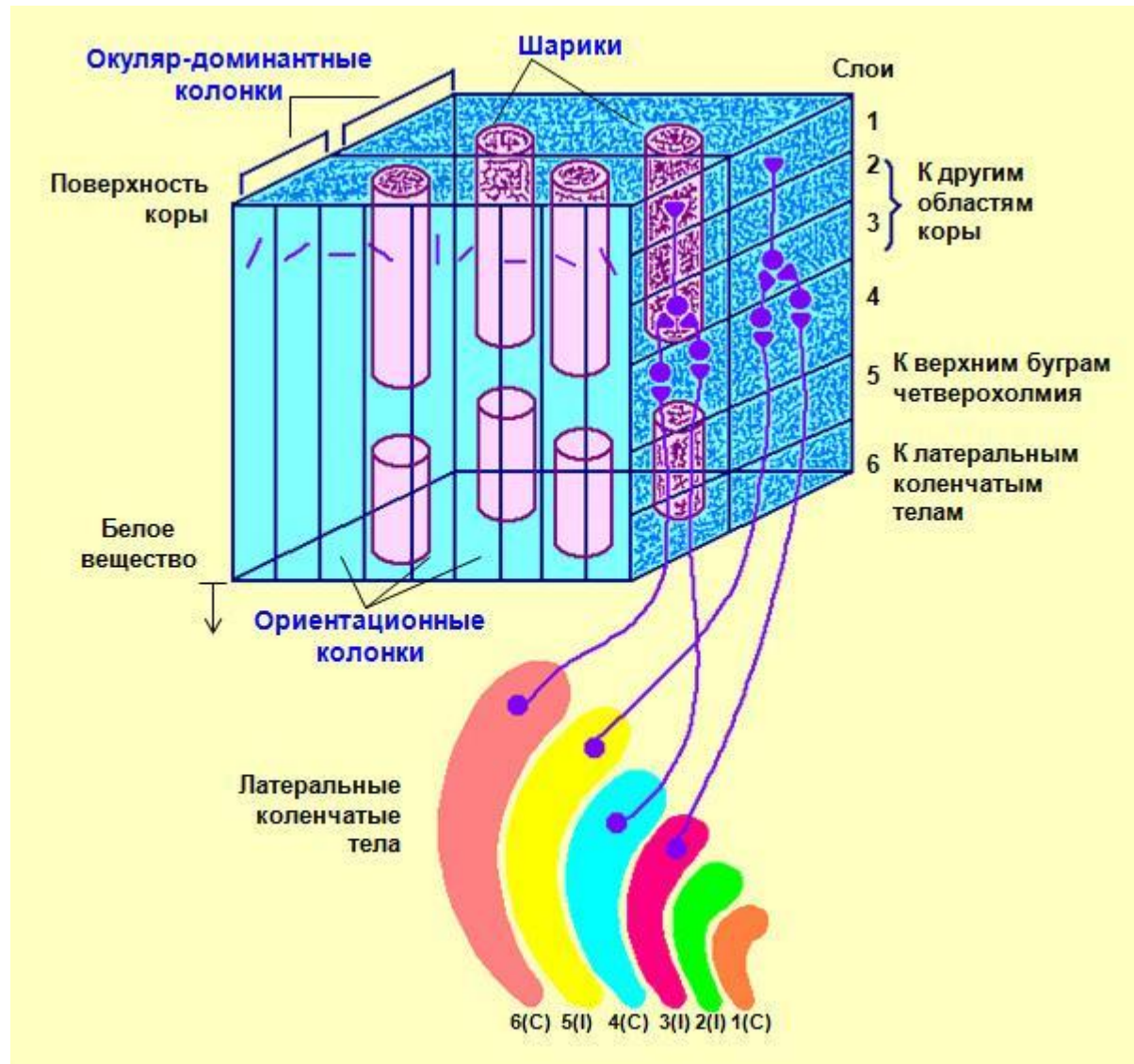
**Латеральное коленчатое тело** (наружное коленчатое тело, ЛКТ) — легко распознаваемая структура мозга, которая помещается на нижней латеральной стороне подушки таламуса в виде достаточно большого плоского бугорка. В ЛКТ приматов и человека морфологически определено шесть слоев: 1 и 2 — слои больших клеток (магноцеллюлярные), 3-6 — слои малых клеток (парвоцеллюлярные). Слои 1, 4 и 6 получают афференты от контрлатерального (расположенного в противоположном по отношению к ЛКТ полушарии) глаза, а слои 2, 3 и 5 — от ипсилатерального (расположенного в том же, что и ЛКТ полушарии).

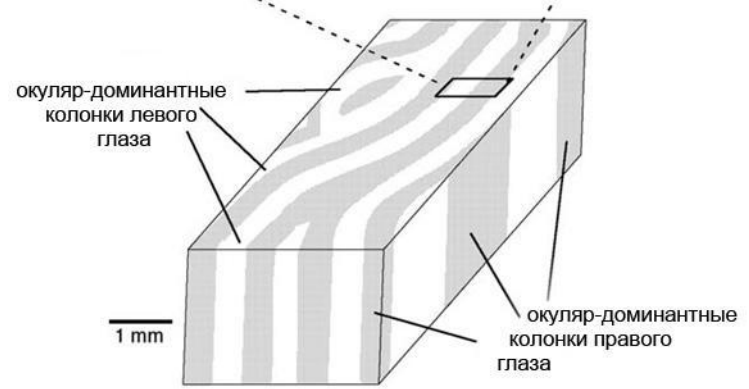
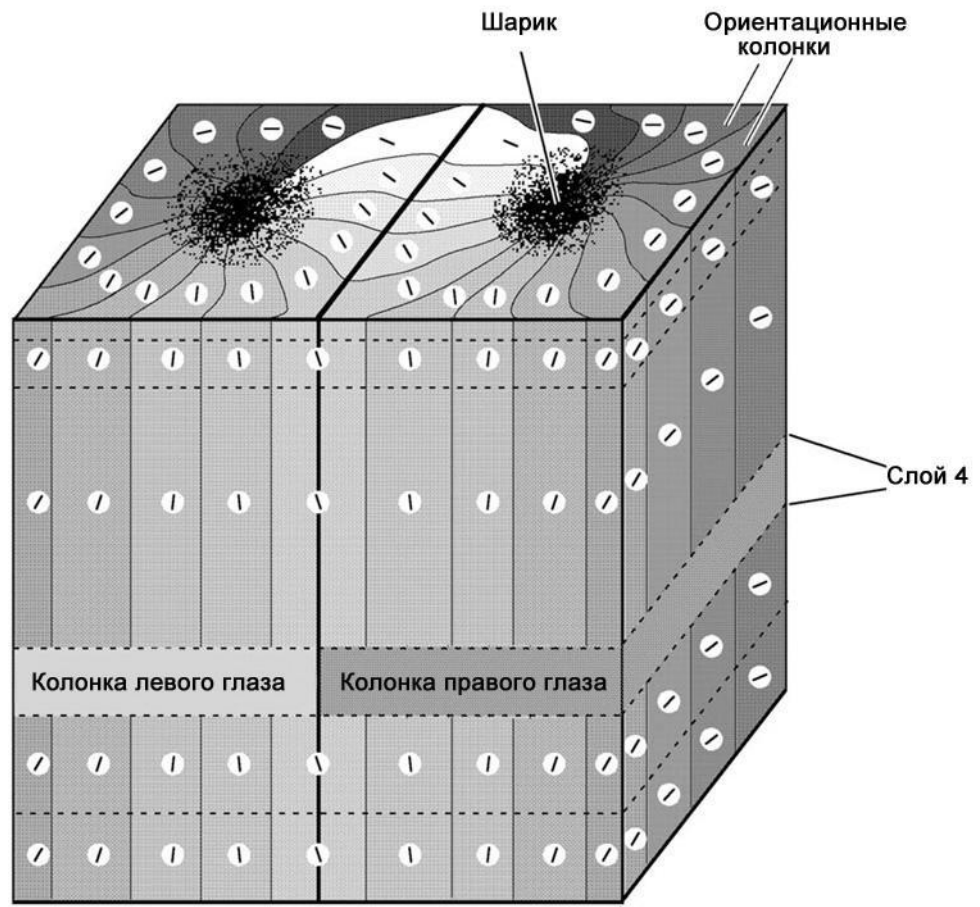


# Гиперколонка зрительной коры

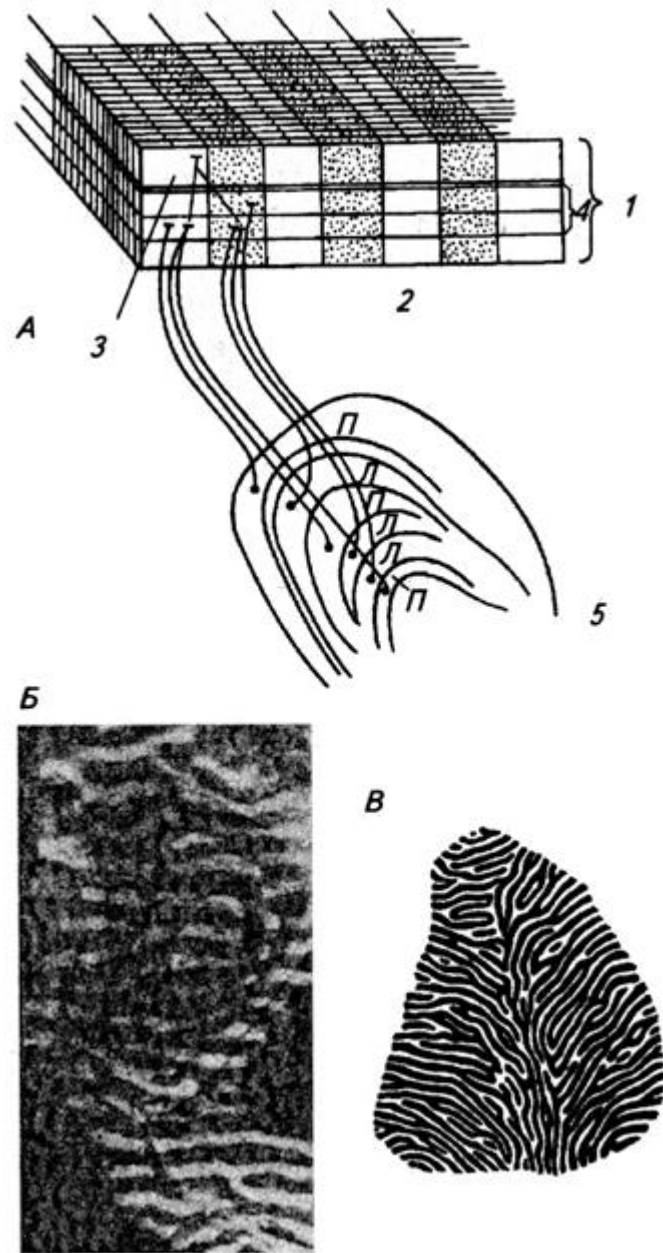
Горизонтальные сети, соединяющие нейроны вертикальных столбиков по плоскостям с одинаковыми функциональными свойствами.

Вертикальные сети - организация столбиков, включающих нейроны разных слоев коры

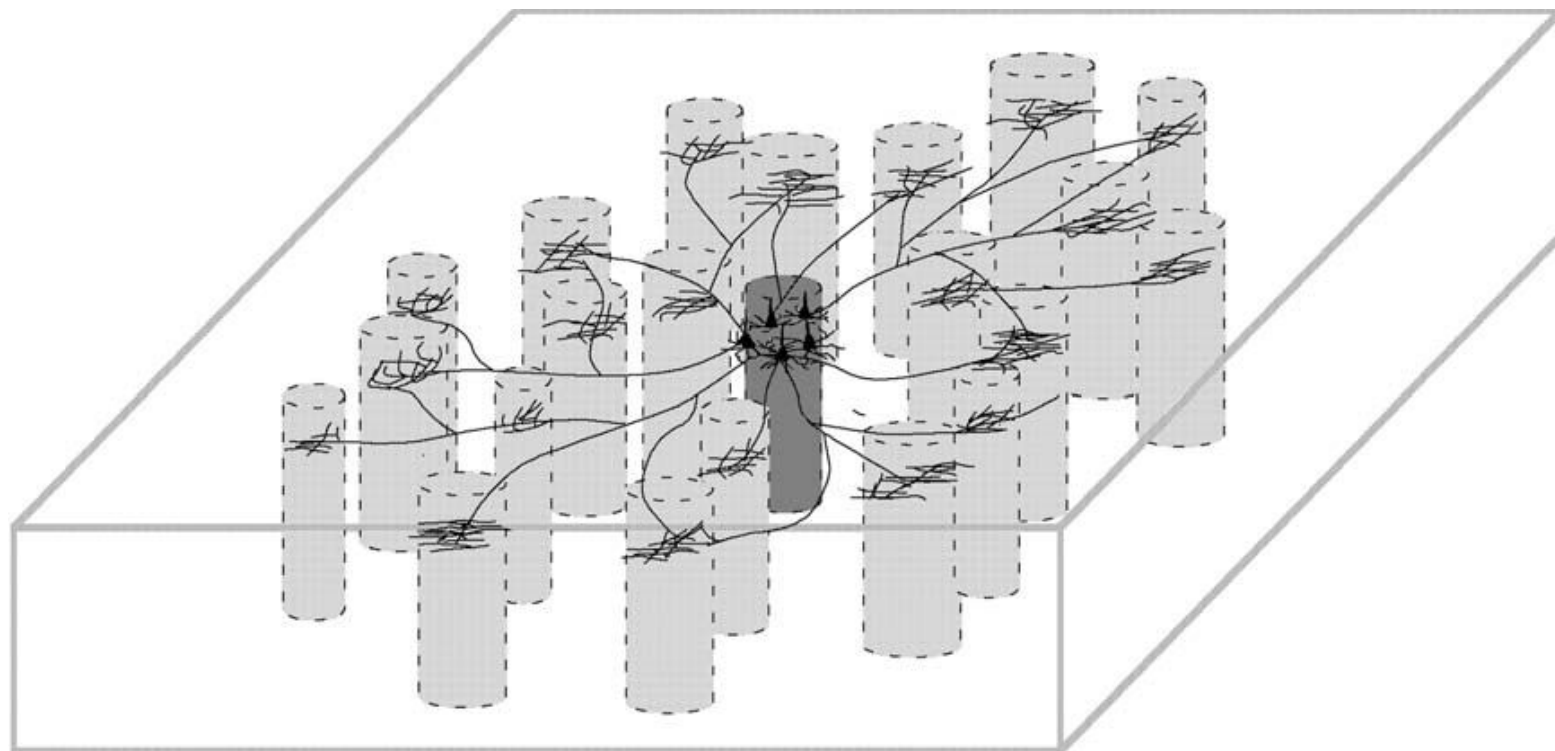




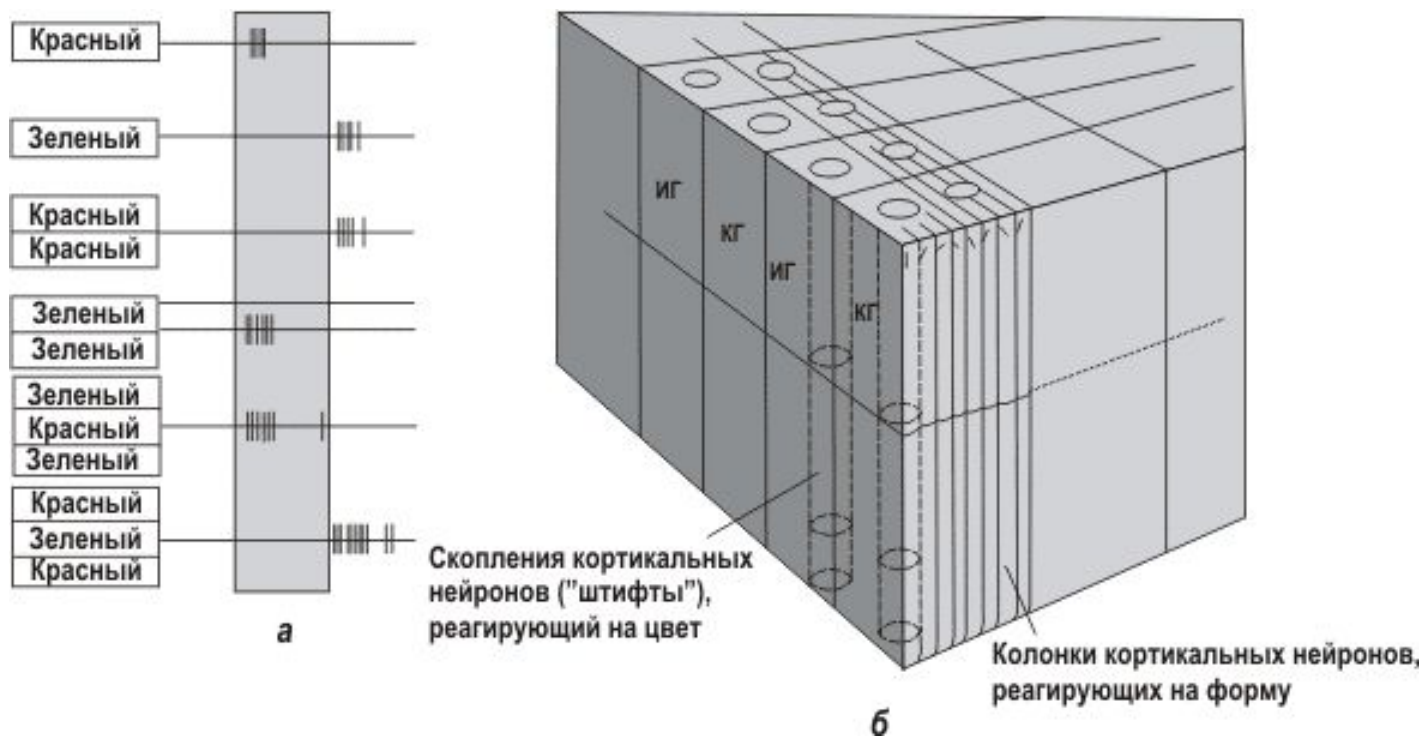
А – схема взаимоотношения между слоями латерального колленчатого тела и колонками в коре (IV слой);  
 Б – препарат  
 В – схема расположения колонок глазодоминантности в слое IV на срезе, параллельном поверхности коры;  
 1 - IV слой зрительной коры,  
 2 – колонки глазодоминантности;  
 3 – сложные клетки (бинокулярные); 4 – простые клетки (монокулярные);  
 5 – латеральное колленчатое тело,  
 Л – левый глаз,  
 П – правый глаз



Горизонтальные сети, соединяющие нейроны вертикальных столбиков по плоскостям с одинаковыми функциональными свойствами.







(а) Активность нейрона стриарной коры, реагирующего на различные сочетания красного и зеленого. Наилучший ответ - на красную полосу с зелеными полосами по обе ее стороны.

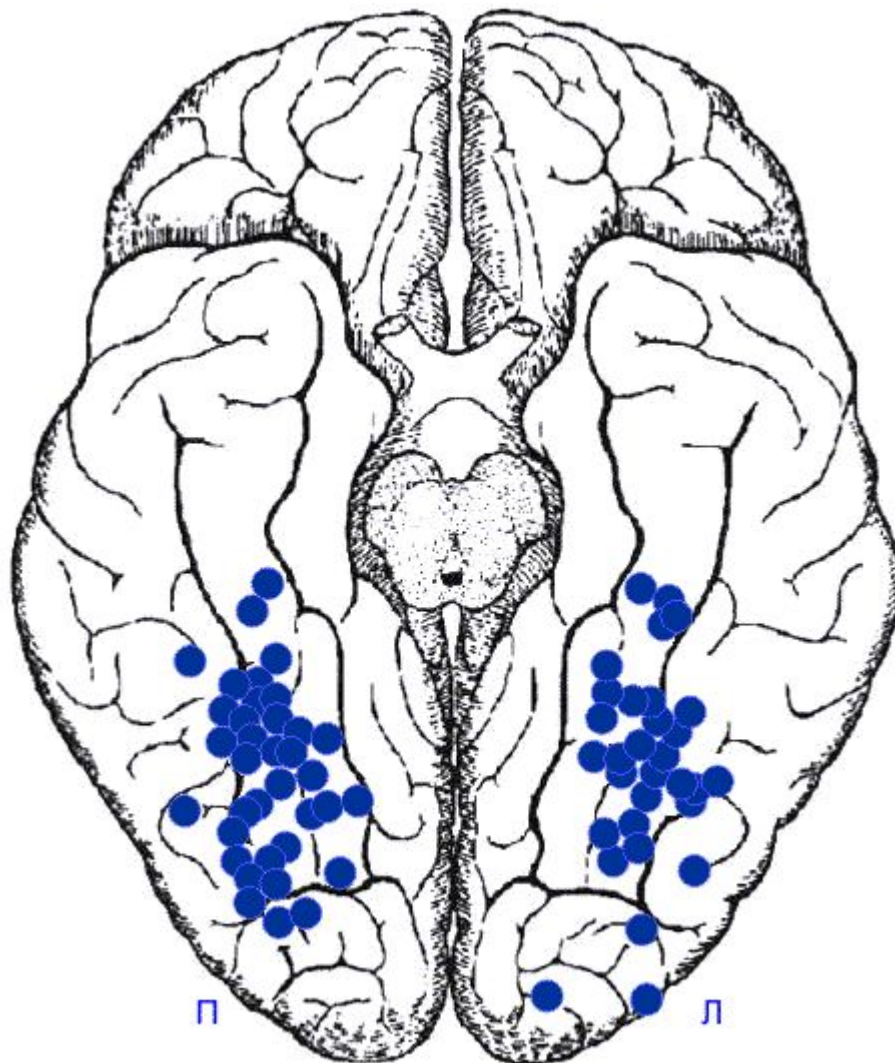
(б) Схема колончатой организации зрительной коры. Цветоспецифичные нейроны образуют в зрительной коре скопления в виде "штифтов".

Анализ информации о цвете в первичной зрительной коре осуществляют сосредоточенные там в виде так называемых капель (шариков) **двойные противочетные клетки**, получающие афферентную информацию от простых противочетных клеток сетчатки. **Двойные противочетные клетки** возбуждаются (или тормозятся) при попадании одного цвета в центр рецептивного поля, а антагонистического цвета — на периферию. Первичная зрительная кора не может обеспечить цветное восприятие, которое осуществляется на следующей ступени преобразования поступившей информации в регионах V2 и V4 (последний расположен на стыке теменной и височной областей).

- В зрительной коре были обнаружены узлы, реагирующие на такие элементы, как линии и углы определенной ориентации.
- На более высоких уровнях узлы реагируют на более сложные и абстрактные образы такие, как окружности, треугольники и прямоугольники.
- На ещё более высоких уровнях степень абстракции возрастает до тех пор, пока не определятся узлы, реагирующие на лица и сложные формы.
- В общем случае узлы на более высоких уровнях получают вход от группы низкоуровневых узлов и, следовательно, реагируют на более широкую область визуального поля. Реакции узлов более высокого уровня менее зависят от позиции и более устойчивы к искажениям.

## Области, связанные с распознаванием лиц, в мозге человека

Кружки обозначают места нижней поверхности мозга, где регистрируются вызванные потенциалы при предъявлении лица. Некоторое преимущество в представительстве есть у правого полушария (41) по сравнению с левым (41), и значительное преобладание у нижневисочной доли (53) по сравнению с нижнезатылочной (25).



Часть аксонов ганглиозных клеток идет к другим зрительным подкорковым ядрам , обеспечивающим различные вспомогательные функции.

- Дуга зрачкового рефлекса проходит через претектальные продолговатые ядра среднего мозга .
- Регуляция суточных ритмов обеспечивается поступлением информации от сетчатки в супрахиазмальное ядро .
- Установка взора и другие движения глаз обеспечиваются путем, идущим в верхние холмики .
- Сигналы с сетчатки передаются также в так называемую дополнительную зрительную систему ствола мозга - группу небольших ядер, отвечающих за фиксацию взора и оптокинетический нистагм .
- Наконец, сетчатка связана с большим зрительным ядром подушки таламус , функции которого неизвестны.

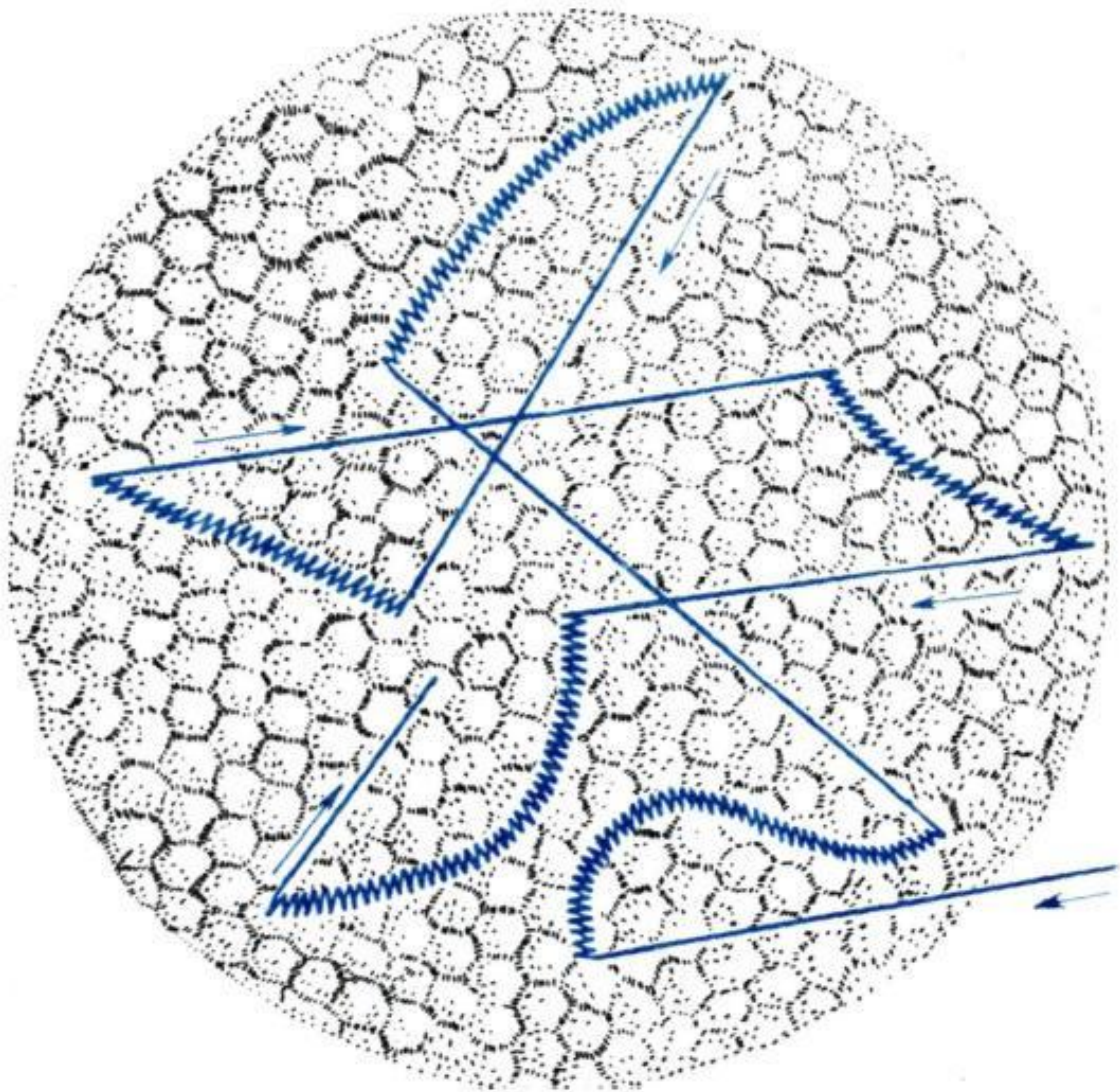
## Микродвижения глаз:

Существуют три вида микродвижений:

- дрейф (волнистые линии) – от центра;
- быстрые скачки (прямые отрезки) – обратно к центру;
- высокочастотный перебор, накладывающийся на основной дрейф.

Амплитуда всех этих движений очень мала. Диаметр изображённого на рисунке участка центральной ямки сетчатки глаза составляет 0,05 мм.

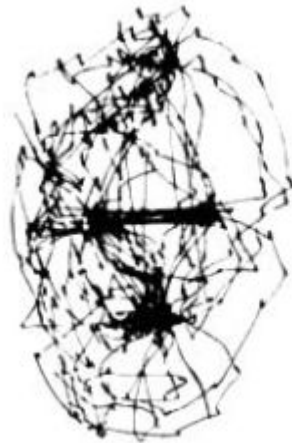
Если изображение на сетчатке неподвижно, способность его воспринимать быстро падает: объекты становятся невидимыми.





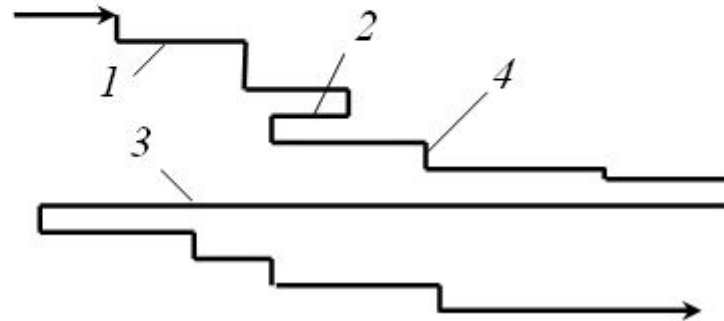
# Движения глаз при рассматривании портрета (А) и чтении текста (Б).

А



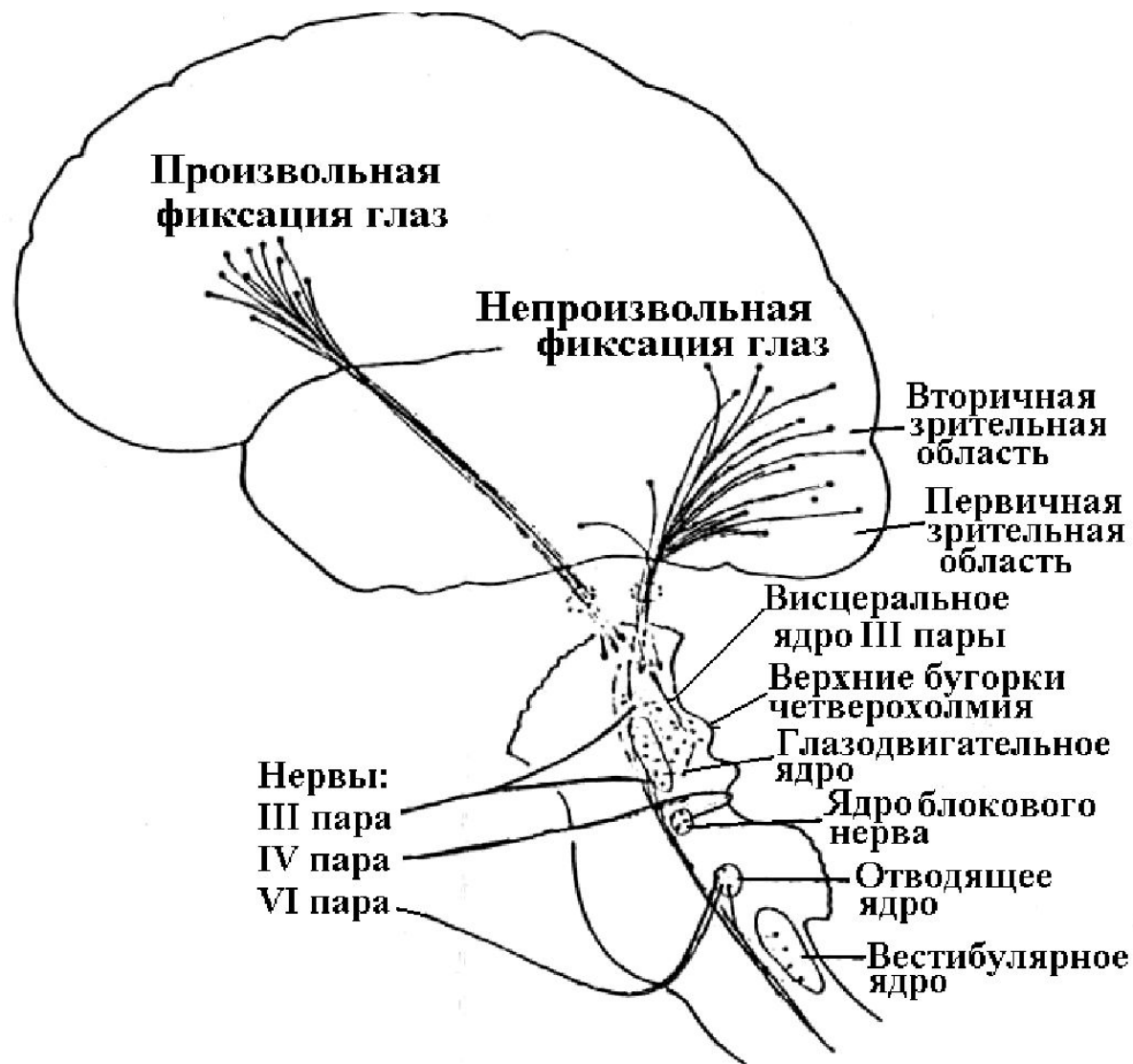
Б

Движения глаз подразделяют на плавные (следающие) и скачкообразные (саккады).

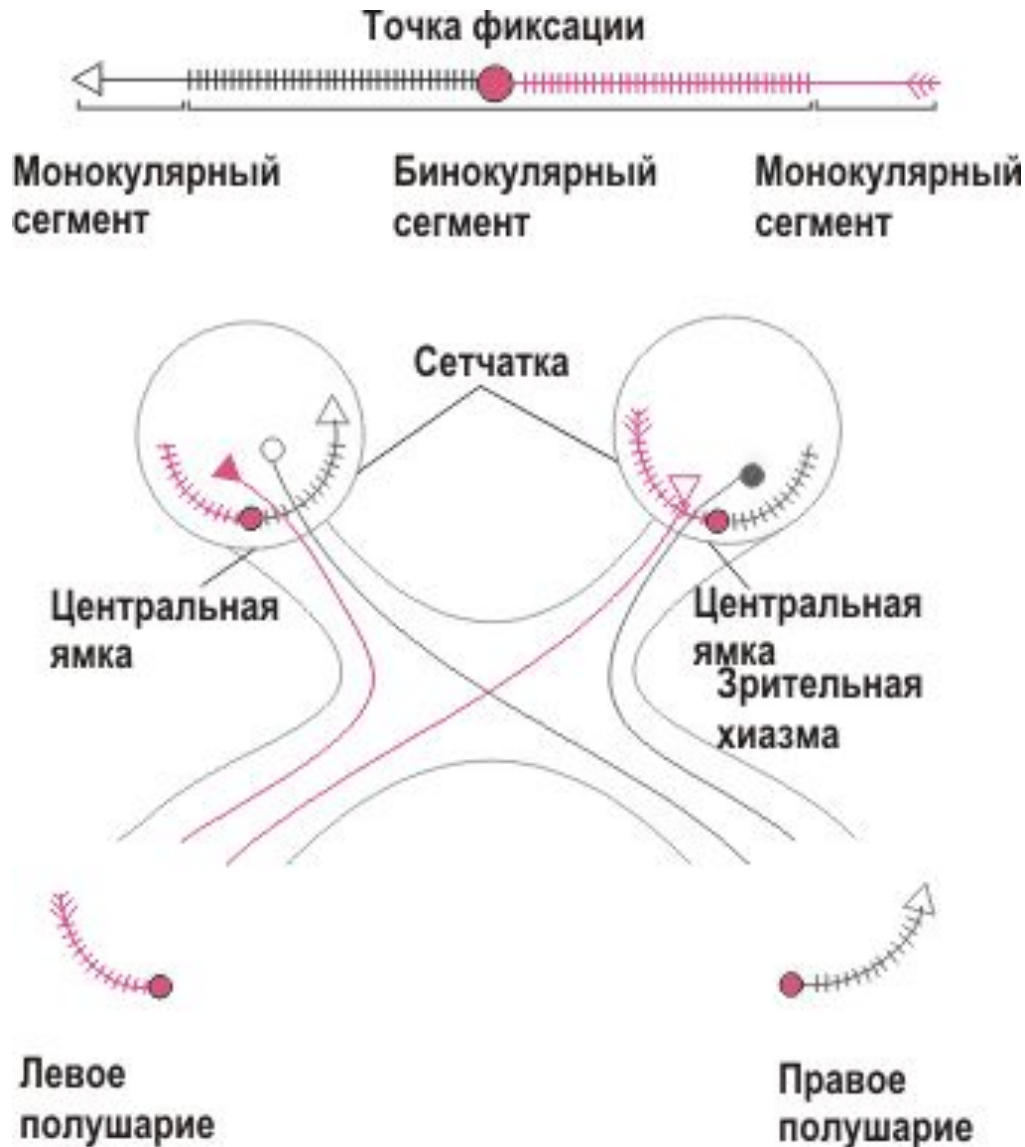


**А** – запись движений глаз при рассматривании в течение нескольких минут портрета слева. **Б** – схематическое изображение движений глаз при чтении текста: 1 – саккада при переводе взгляда на другое слово, 2 – обратная саккада для повторного прочтения слова, 3 – скачкообразный перевод взгляда в начало второй строчки, 4 – период фиксации взгляда между саккадами.

# Схема путей, управляющих движениями глаз



# Изображения на сетчатках глаз и их проекции в МОЗГ



Основные способы с помощью которых человек определяет расстояние до объекта:

- Размеры изображения известных объектов на сетчатке
- Феномен параллакса перемещения
- Явление стереопсиса

Одним глазом можно измерить лишь приблизительное расстояние. При бинокулярном зрении используются следующие механизмы:

- жизненный опыт - знание величин предметов
- линейная перспектива - чем дальше предмет, тем он меньше
- воздушная перспектива - чем дальше предмет, тем больше слой воздуха - нечеткие контуры
- угловая скорость - монокулярный параллакс - например, при езде в машине близлежащие предметы проносятся быстро, дальние - медленно.
- ближайшие предметы экранируют медленно
- распределение света и тени - выпуклые части более светлые
- при переводе взгляда кора "вычисляет" расстояние
- При взгляде вдаль происходит дивергенция (разведение зрительных осей), а при взгляде вблизи - конвергенция (сведение зрительных осей).

## Список литературы

1. Брин В.Б. Физиология человека в схемах и таблицах 1999 -352с
2. Гайтон А., Холл Д. Медицинская физиология
3. Кошиц И.Н., Светлова О.В., 2008г. Санкт-Петербург. Глоссарий-функционарий. Поддерживающий аппарат хрусталика и механизмы аккомодации.  
<http://www.organum-visus.com>.
4. Лепори Л.Р. Офтальмология. Миниатлас. -М.: «МЕДпресс информ», 2009г.
5. Островский М.А. Молекулярная физиология зрения. Кафедра молекулярной физиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
6. Тамар Г. Основы сенсорной физиологии Мир М: 1976
7. Физиология человека (Учебник) в 2-х т\_Под ред Покровского и Коротько\_1997
8. *Физиология* человека. В 3-х томах. Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. Пер. с англ. - 3-е изд. - М.: Мир, 2005; Т.1 - 323с.
9. Eric P. Widmaier, Hershel Raff, Kevin T. Strang Human Physiology: The Mechanisms of Body Function 9th Edition. ISBN: 0-07-288074-0 Description: ©2004 / Hardcover
0. Patestas ,Maria A.; Gartner, Leslie P. A Textbook of Neuroanatomy . © 2006 by Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company.
1. Medical Physiology, 2nd Edition By Walter F. Boron, MD, PhD and Emile L. Boulpaep, MD  
**ISBN: 978-1-4160-3115-4 Copyright: 2009**
2. [http://www.bio.bsu.by/phha/19/19\\_text.html](http://www.bio.bsu.by/phha/19/19_text.html)
3. <http://medbiol.ru/>