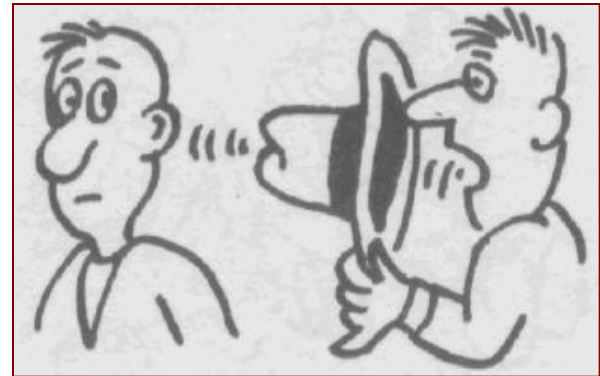


# СЛУХ

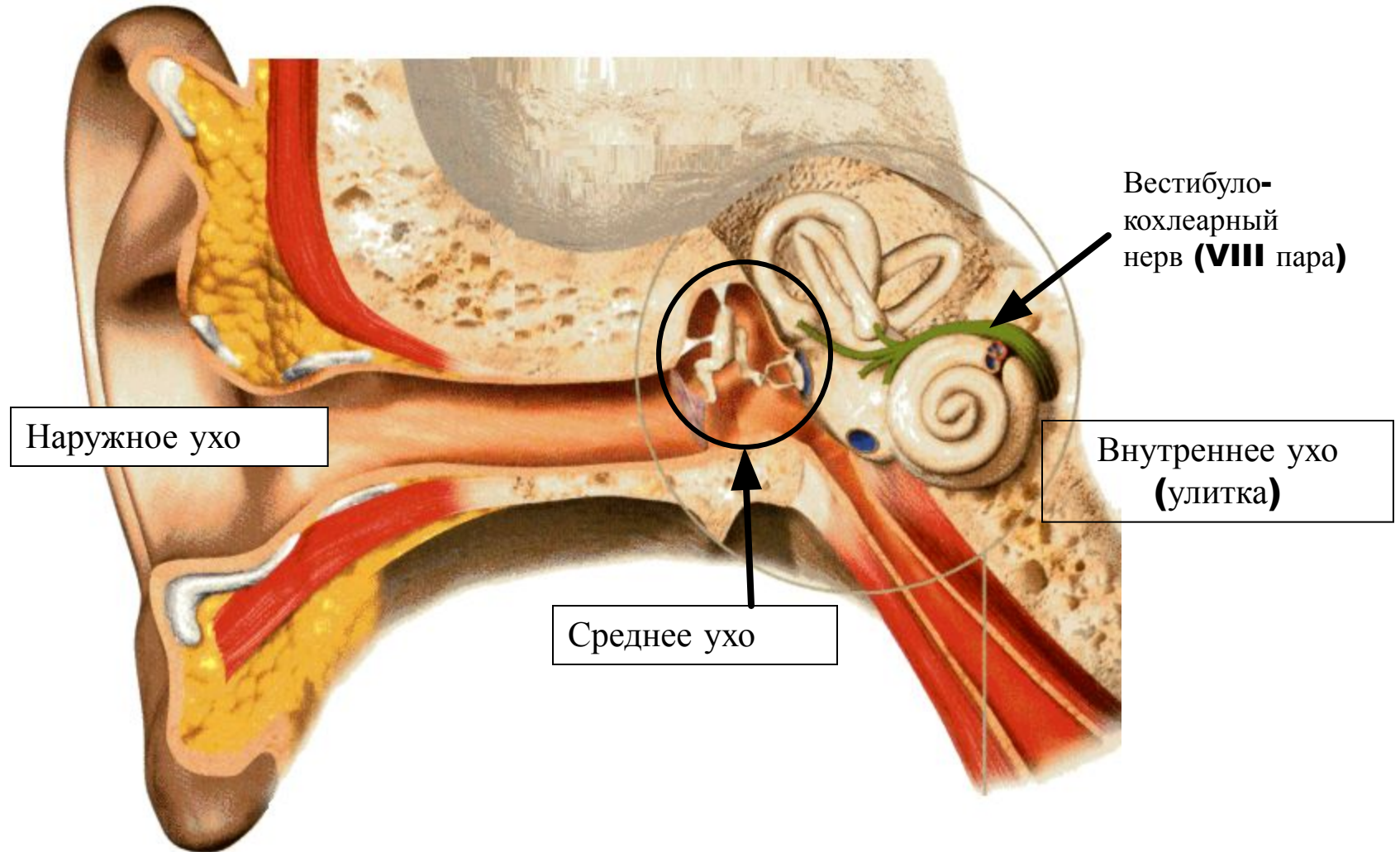


# АЛЛЕГОРИЯ «СЛУХ»



Ян БРЕЙГЕЛЬ (1568-1625) «Аллегория пяти чувств»

# УХО – периферическая часть слухового анализатора



# СРЕДНЕЕ И ВНУТРЕННЕЕ УХО

## Слуховые косточки:

Молоточек

Наковальня

Стремечко  
(и овальное окно)

Барабанная  
Перепонка

ПРЕДДВЕРИЕ  
УЛИТКИ

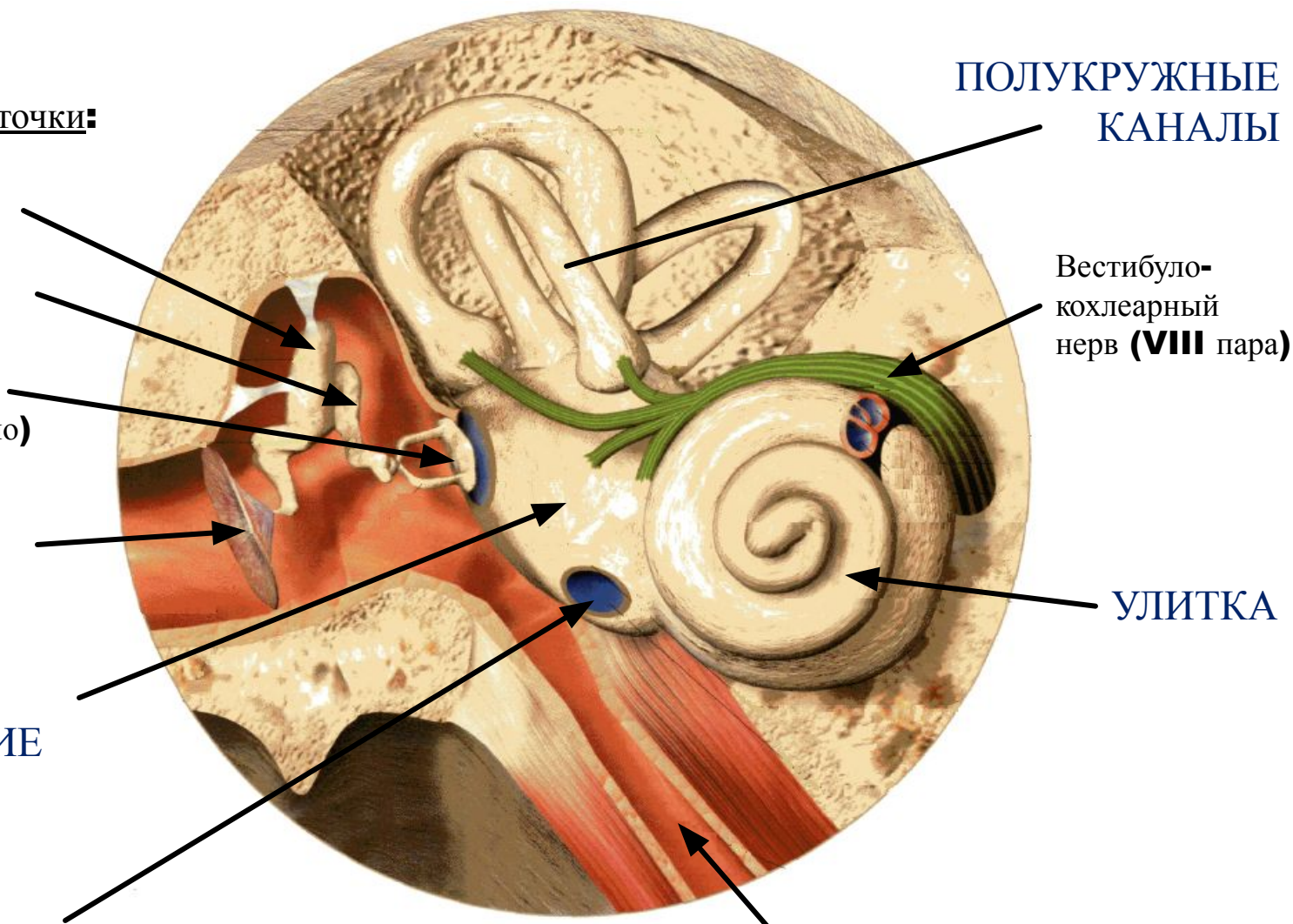
Круглое окно

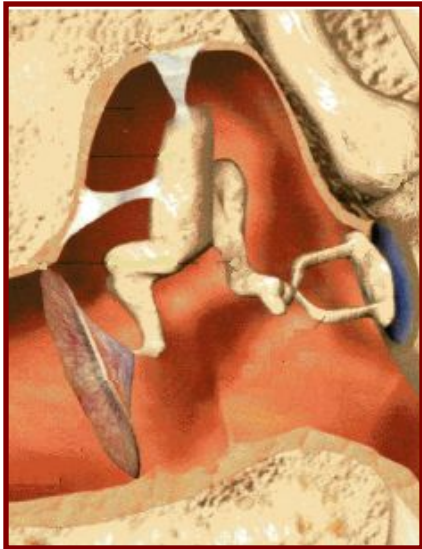
ПОЛУКРУЖНЫЕ  
КАНАЛЫ

Вестибуло-  
кохлеарный  
нерв (**VIII** пара)

УЛИТКА

Евстахиева труба



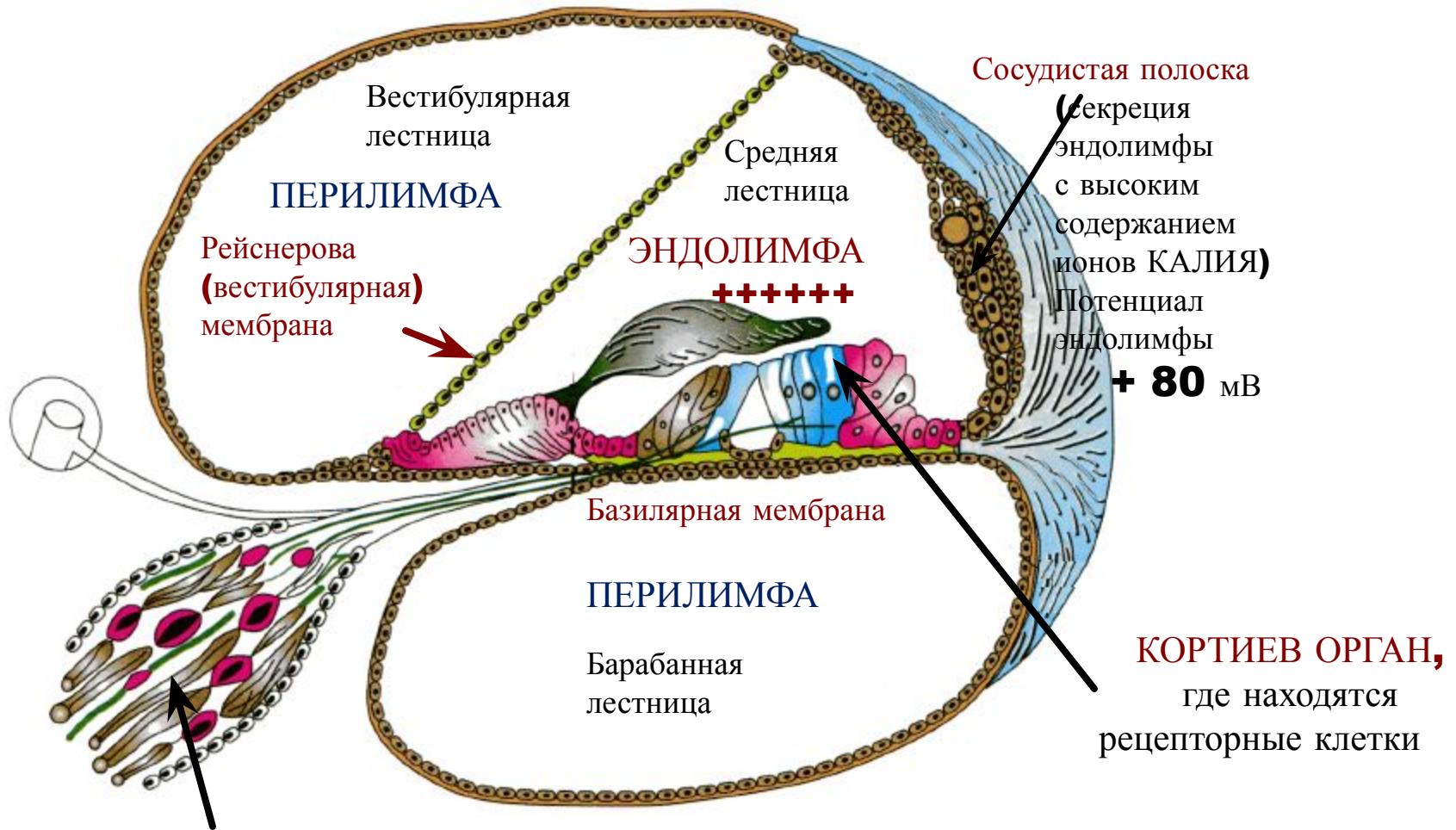


## ФУНКЦИИ СРЕДНЕГО УША

1. Передача звуковых колебаний из воздушной среды на жидкость внутреннего уха.
2. Усиление звукового давления в **22** раза  
(в **17** раз - за счет большей площади барабанной перепонки по сравнению с площадью овального окна, и ещё в **1,3** раза – за счёт системы рычагов слуховых косточек).
3. Ослабление звука путем сокращения мышц, что необходимо для защиты улитки от разрушения под действием сильных вибраций.

Сокращение мышц улучшает восприятие речи, так как больше всего снижается сила звуков частотой до **1000** Гц (т.е. шумовой фон)

# СТРОЕНИЕ УЛИТКИ



**СПИРАЛЬНЫЙ ГАНГЛИЙ** – чувствительные нейроны, синаптически связанные с рецепторными клетками (**1-ый нейрон слухового пути**)

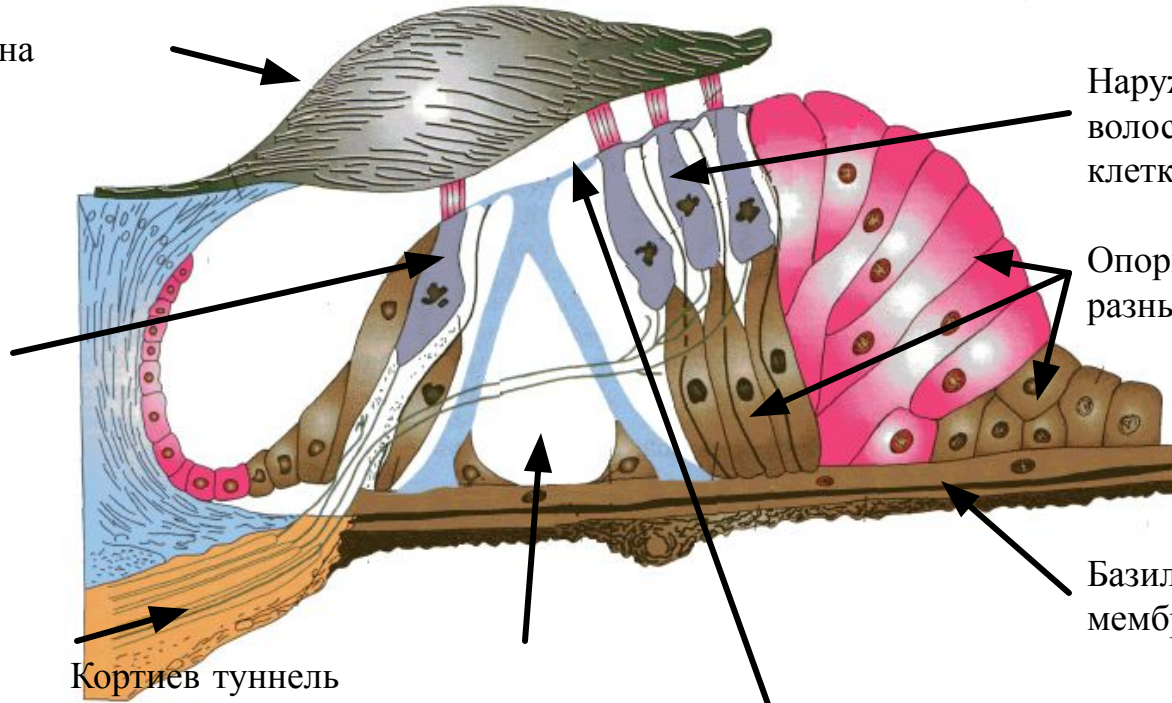
# КОРТИЕВ ОРГАН

Покровная мембрана

Внутренние  
волосковые  
клетки (**1** ряд)

Нервные волокна

Кортиев туннель



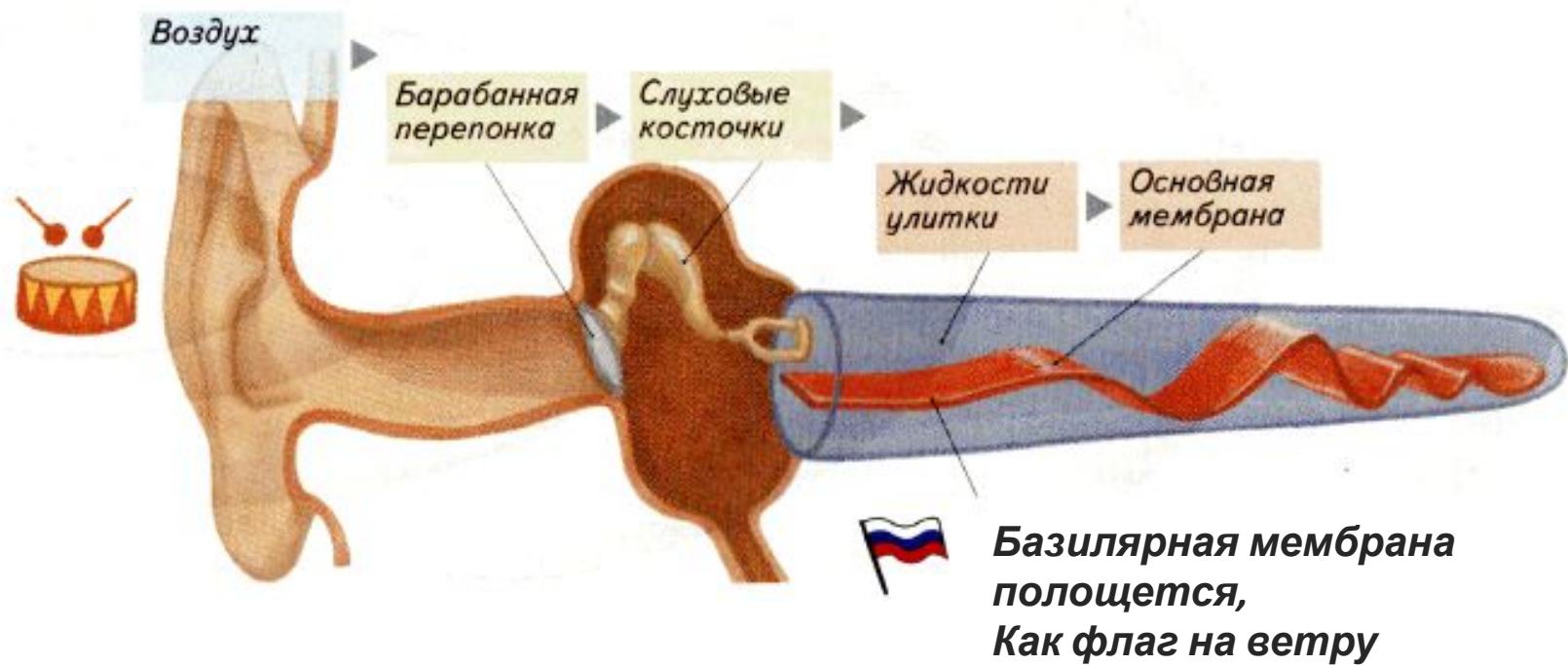
Наружные  
волосковые  
клетки (**3** ряда)

Опорные клетки  
разных типов

Базиллярная  
мембрана

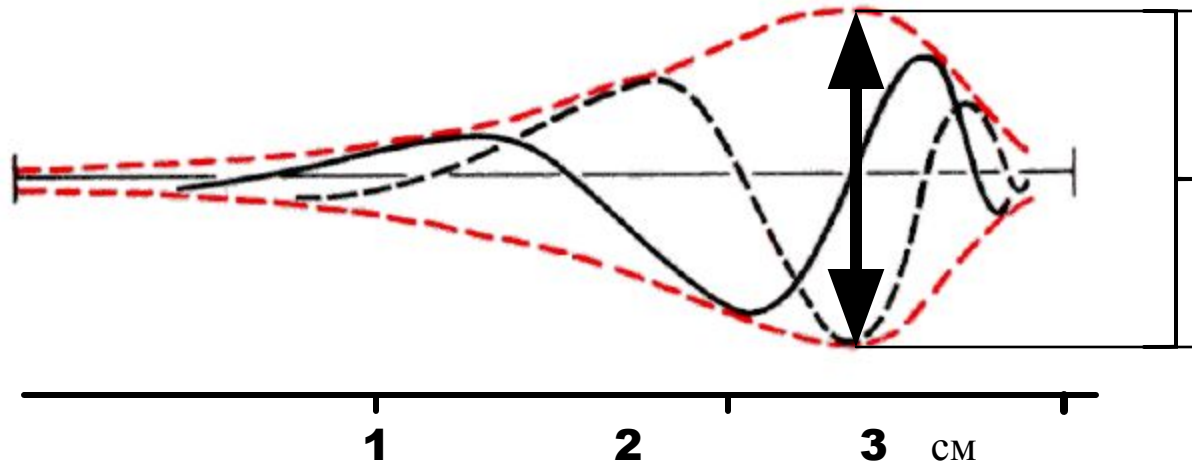
Ретикулярная  
(сетчатая)  
пластинка

# КОЛЕБАНИЕ БАЗИЛЯРНОЙ МЕМБРАНЫ



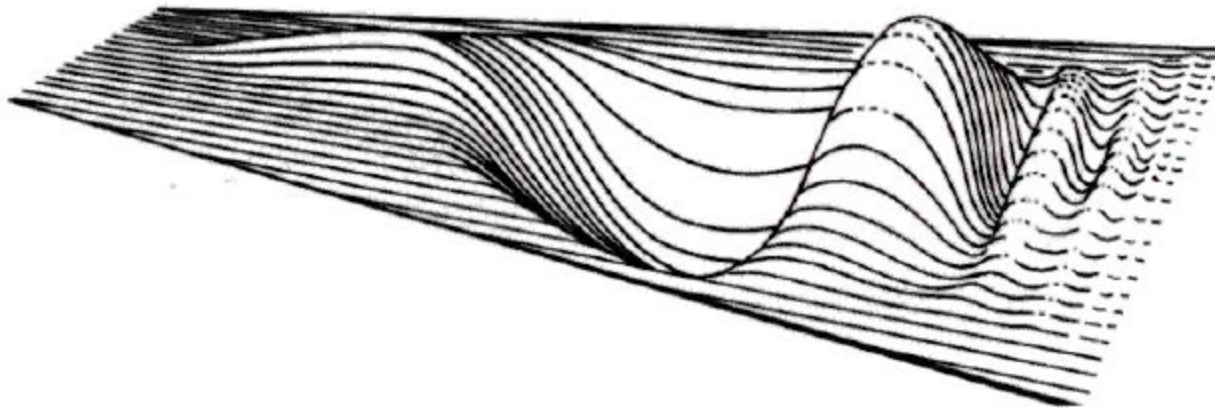


# КОЛЕБАНИЕ БАЗИЛЯРНОЙ МЕМБРАНЫ



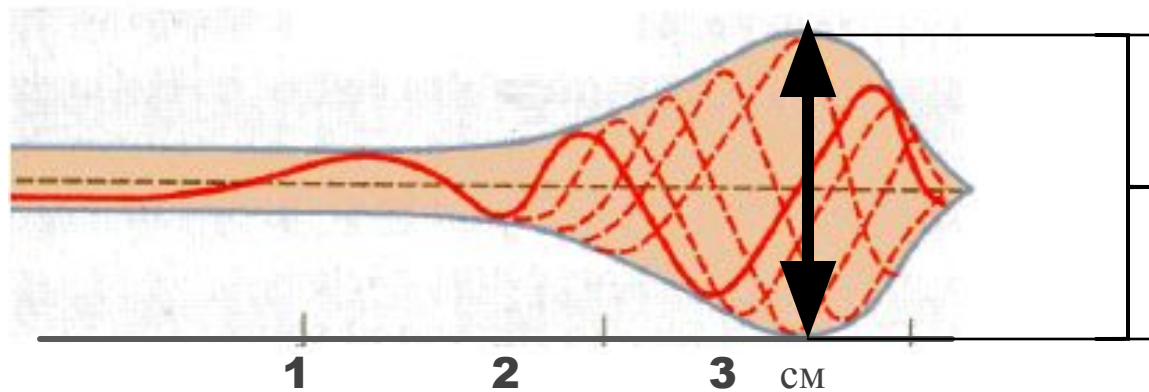
Максимальная  
амплитуда  
колебаний  
соответствует  
звуку данной  
частоты

Схема бегущей волны, вызванная постоянной частотой  
(в два разных момента времени)

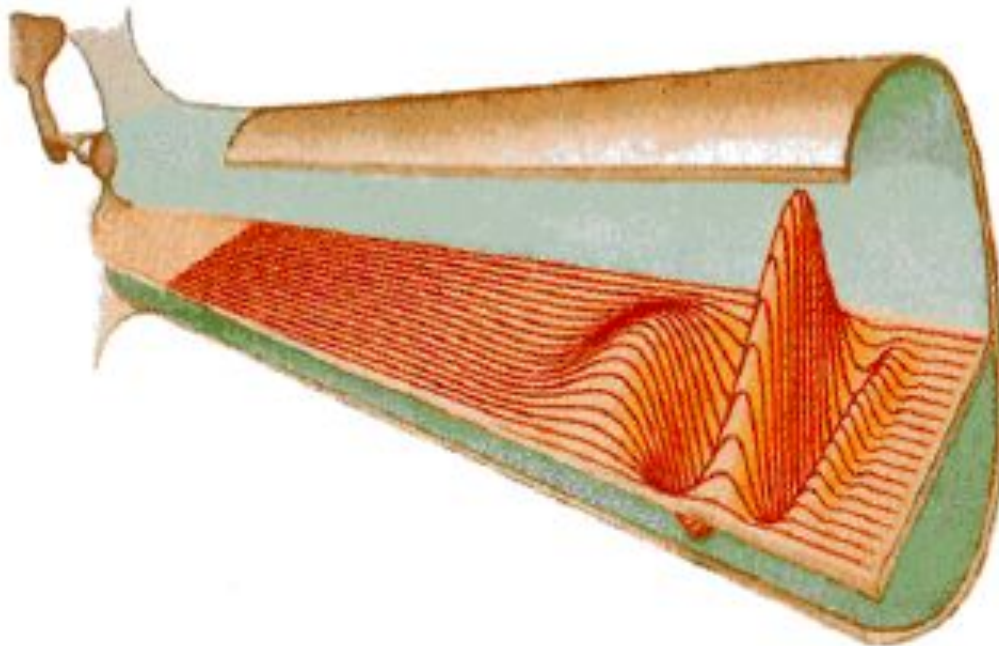


Трёхмерная реконструкция бегущей волны

# КОЛЕБАНИЕ БАЗИЛЯРНОЙ МЕМБРАНЫ

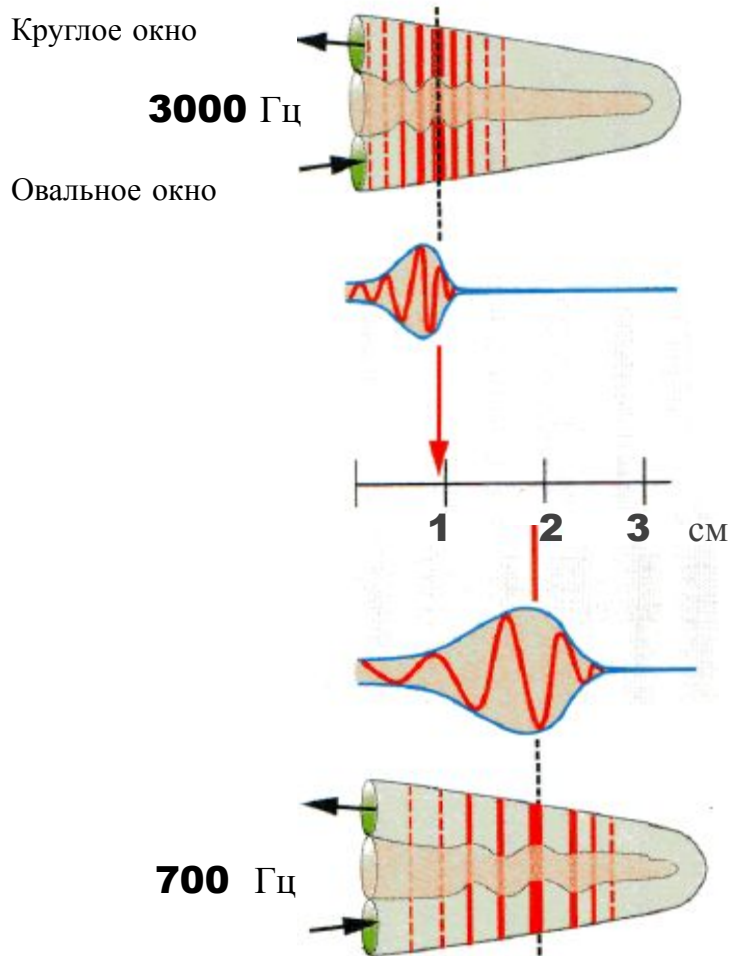


На схеме  
бегущей волны  
максимальная  
амплитуда  
колебаний  
соответствует  
звуку данной  
частоты



Трёхмерная  
реконструкция  
бегущей волны

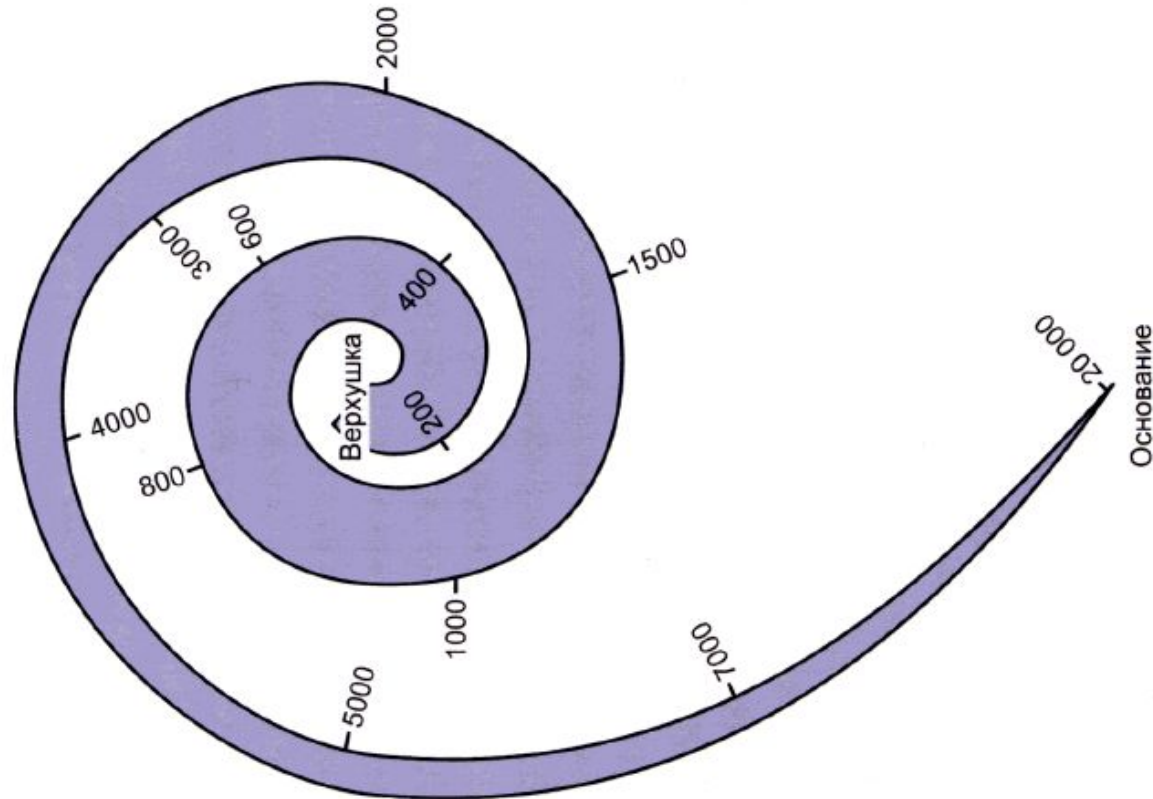
# ЗАВИСИМОСТЬ АМПЛИТУДНОГО МАКСИМУМА ОТ ЧАСТОТЫ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗВУКА



Звуки высокой частоты воспринимаются клетками, расположенными ближе к основанию улитки

Звуки низкой частоты воспринимаются клетками, расположенными ближе к вершине улитки

# ВРЕМЕННОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ ВЫСОТЫ ЗВУКА



**ВРЕМЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ:** частота импульсов в волокнах слухового нерва соответствует частоте звука от **16** до **200** Гц  
(максимум до **1000** Гц)

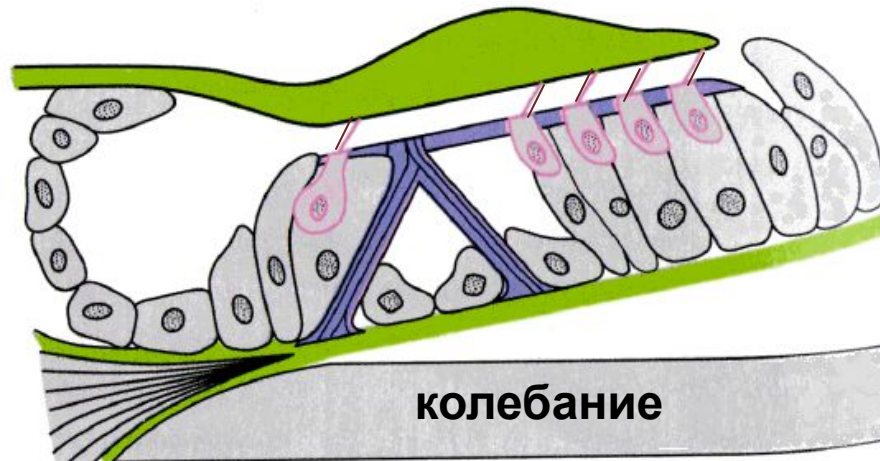
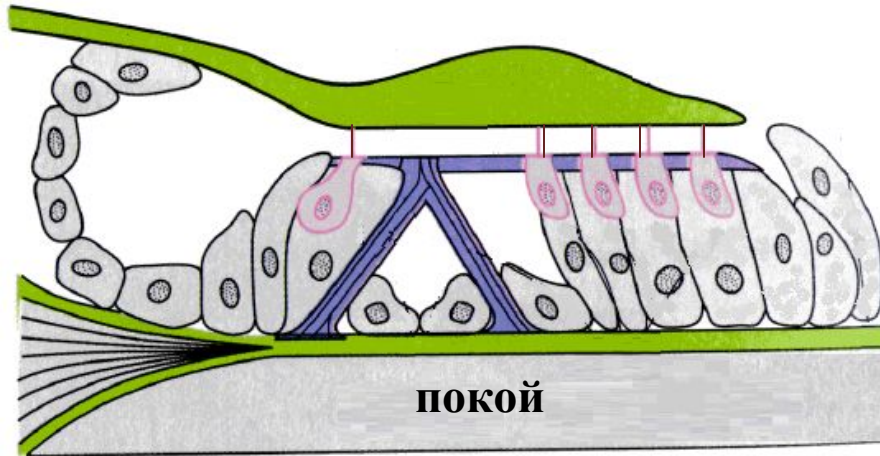
**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ:** клетки, воспринимающие звуки частотой от **200** до **20000** Гц расположены в разных частях Кортиева органа.

# ВРЕМЕННОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ СИЛЫ ЗВУКА

**ВРЕМЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ:** чем больше сила звука,  
тем больше частота импульсов в волокнах  
слухового нерва (до **1000** Гц)

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ КОДИРОВАНИЕ:** чем больше сила звука,  
тем больше рецепторных клеток возбуждается в данном  
участке Кортиева органа

# ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛОСКОВЫХ КЛЕТОК



Движение стремечка в овальном вовлекает в колебательный процесс жидкость внутреннего уха и базилярную мембрану.

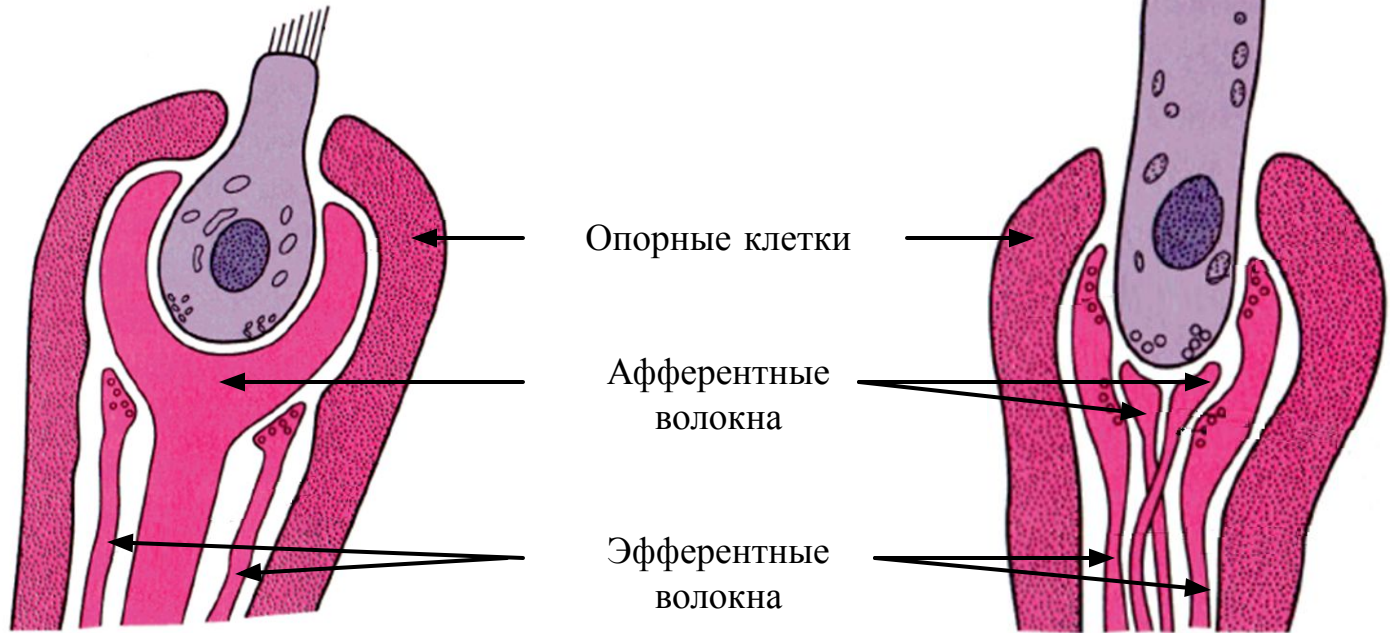
Волоски рецепторных клеток, погруженное в желеобразную покровную мембрану, сгибаются.

Когда смещение волосков идёт в сторону длинной стереоцилии, происходит деполяризация.

Когда волоски смещаются в другую сторону, происходит гиперполяризация.

Рецепторный потенциал возникает очень быстро, т.к. и электрический, и концентрационный градиенты высокие, а в клетку поступают ионы натрия, кальция и калия (!).

# ВОЛОСКОВЫЕ КЛЕТКИ



## ВНУТРЕННИЕ ВОЛОСКОВЫЕ КЛЕТКИ

Их **3500**.

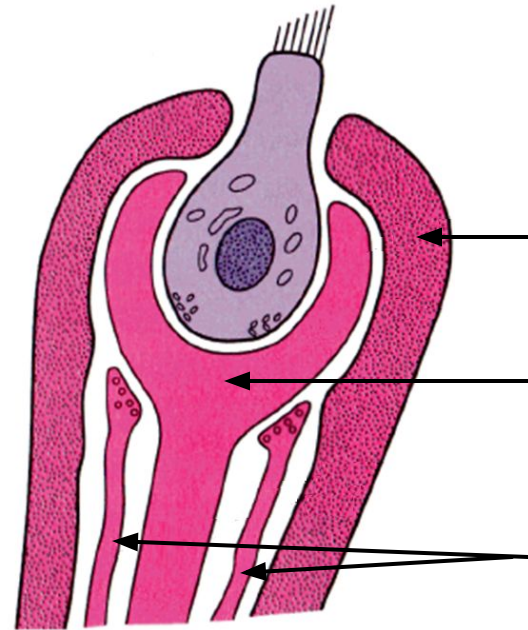
Они контактируют с **90%** афферентных волокон нейронов спирального ганглия (дивергенция сигналов).

Имеется эфферентная иннервация чувствительных волокон, связанных с волосковой клеткой (оливокохлеарные эфференты от ядер верхних олив).

Основная слуховая информация в ЦНС поступает от этих клеток.

## (НАРУЖНЫЕ)

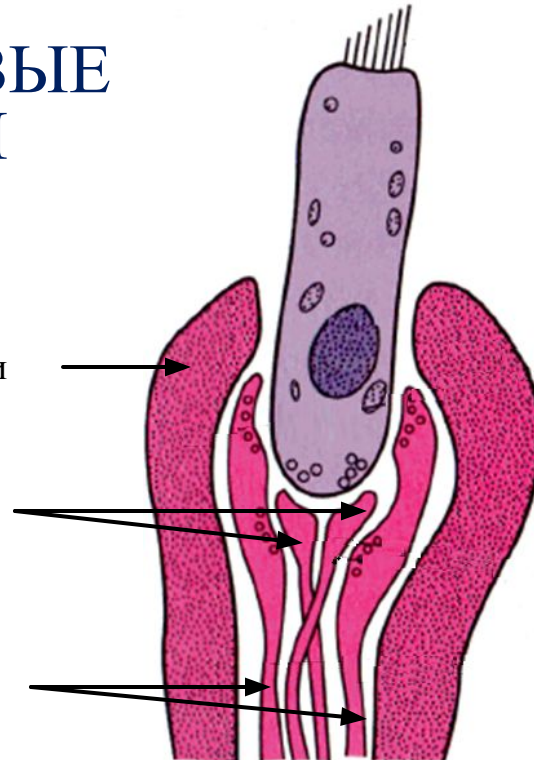
# ВОЛОСКОВЫЕ КЛЕТКИ



Опорные клетки

Афферентные  
волокна

Эфферентные  
волокна



(ВНУТРЕННИЕ)

НАРУЖНЫЕ ВОЛОСКОВЫЕ КЛЕТКИ

Их **15000**.

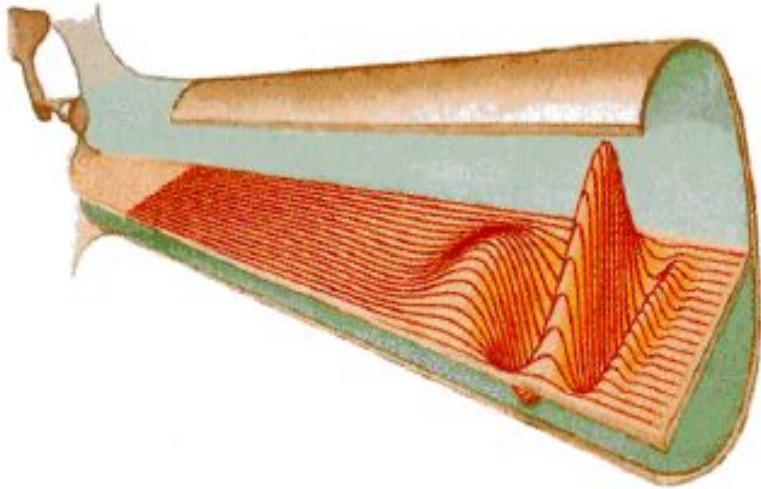
Они контактируют с **10%** афферентных волокон нейронов спирального ганглия (**конвергенция сигналов**).

Имеется эфферентная иннервация самих волосковых клеток холинергическими нервными волокнами, которые через **N**-холинорецепторы вызывают их сокращение.

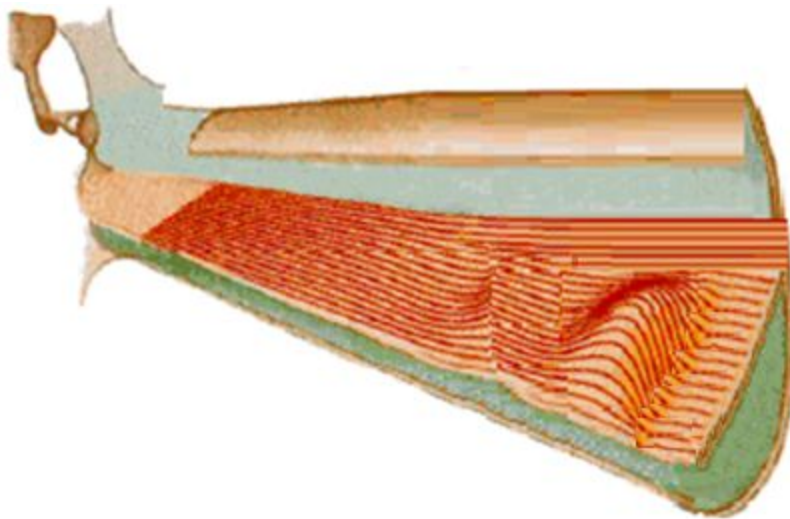
Укорочение наружных волосковых клеток влияет на положение базилярной мембраны и её свойства, что увеличивает амплитуду колебаний.



# ЗНАЧЕНИЕ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ НАРУЖНЫХ ВОЛОСКОВЫХ КЛЕТОК ДЛЯ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКОВ ОПРЕДЕЛЁННОЙ ЧАСТОТЫ

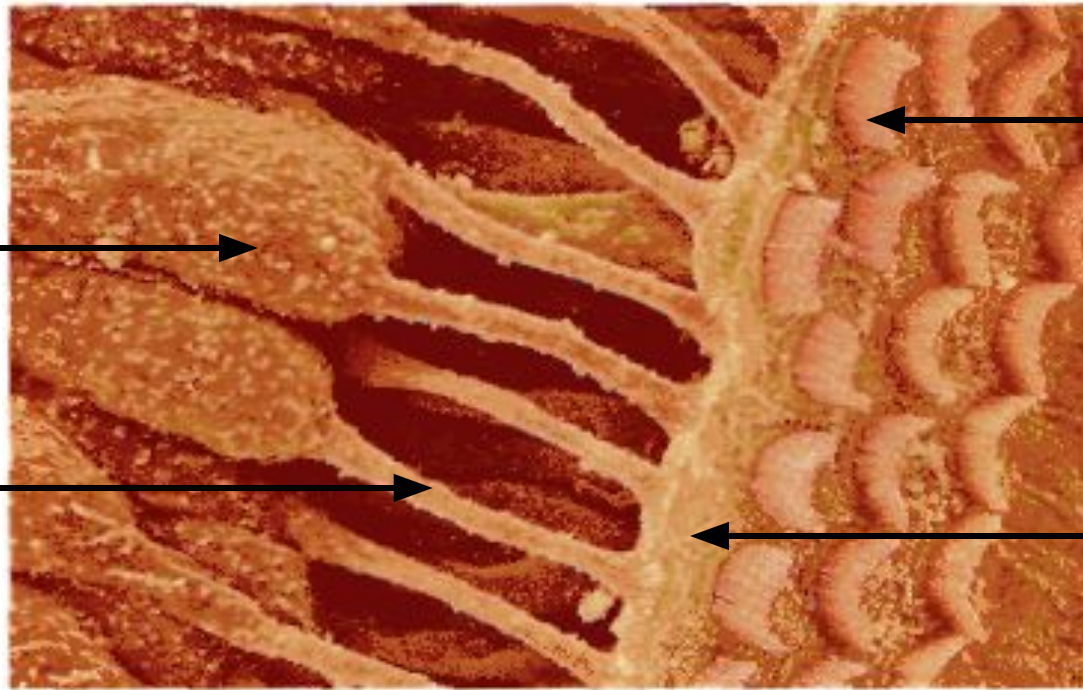


Амплитуда колебаний  
базиллярной мембраны  
с участием сократительного  
эффекта наружных  
волосковых клеток

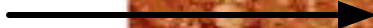


Резкое снижение амплитуды  
колебаний базиллярной  
мембраны на тот же звуковой  
раздражитель на фоне блокады  
сократительного эффекта.

# МИКРОФОТОГРАФИЯ ВОЛОСКОВЫХ КЛЕТОК



Волосковая  
клетка



Отросток  
волосковой  
клетки



Волоски  
рецепторной  
клетки



Ретикулярная  
пластинка



Тела **внутренних волосковых клеток** погружены в перилимфу,  
а волоски (по ту сторону ретикулярной мембраны)  
омываются эндолимфой.

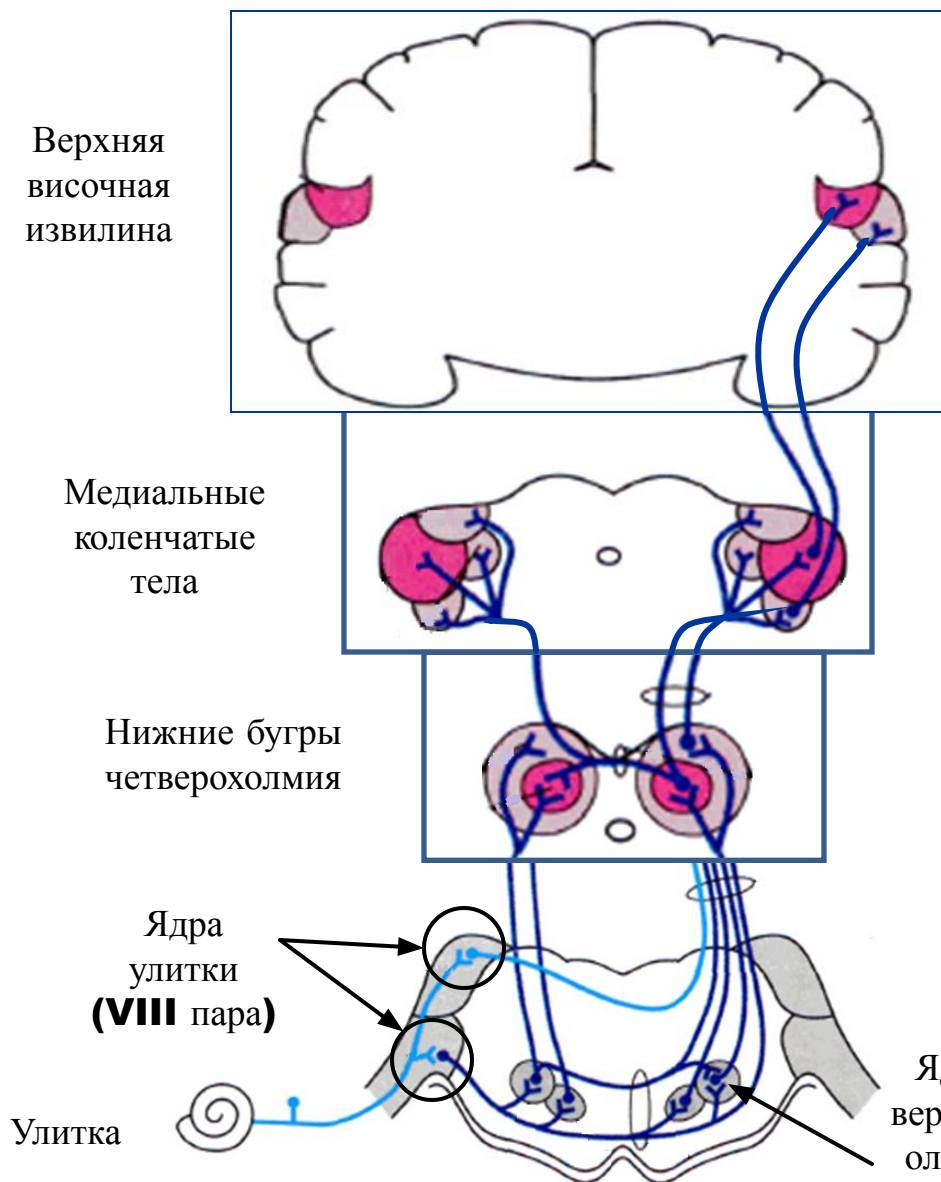
Потенциал перилимфы = **0**

Потенциал эндолимфы = **+ 80** мВ

Потенциал покоя клетки = **- 70** мВ

Таким образом, разность потенциалов мембраны волосков = **150** мВ

# ОСНОВНЫЕ СЛУХОВЫЕ ПУТИ



Вторичная слуховая кора – ассоциация звуковых, зрительных, соматосенсорных модальностей

Первичная слуховая кора – восприятие, формирование звукового образа

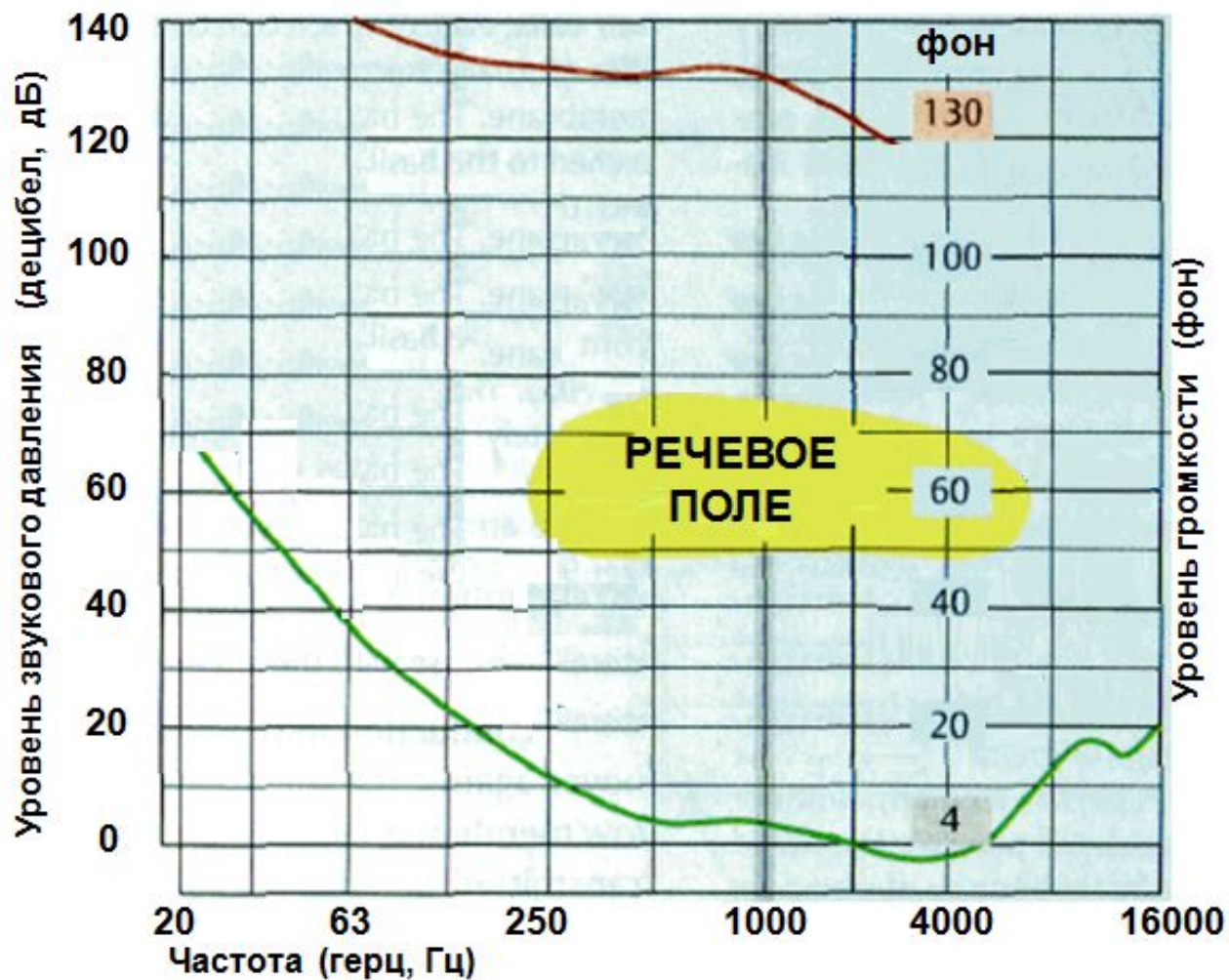
Коллатерали к ретикулярной формации, к червю мозжечка – активация всей ЦНС в ответ на сильные, внезапные звуки.

Четверохолмный сторожевой рефлекс.

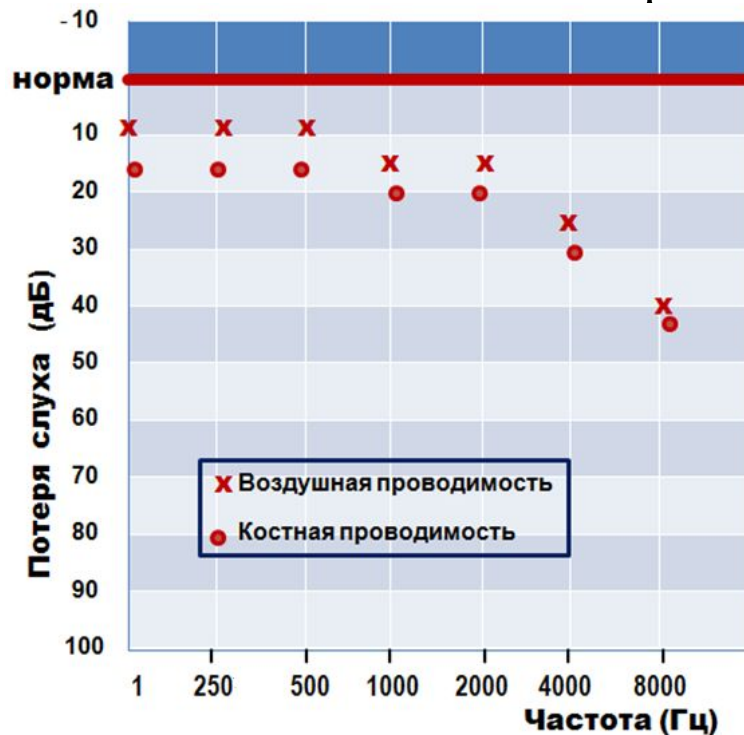
Локализация источника звука

(учитывается разница во времени, разница громкости, деформация звуковых волн ушной раковиной)

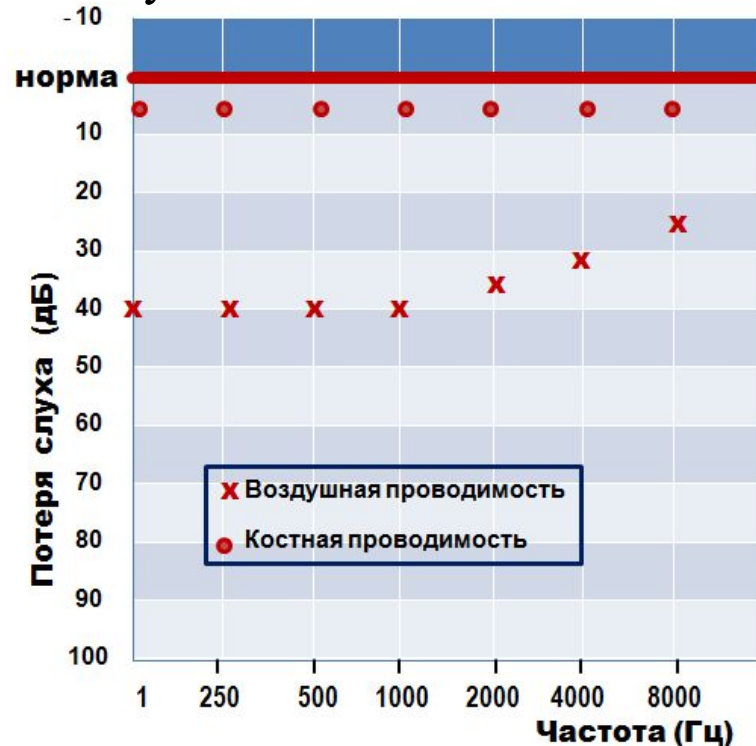
# ТОНАЛЬНАЯ АУДИОГРАФИЯ



# ТОНАЛЬНАЯ АУДИОМЕТРИЯ – определение порогов слышимости при исследовании воздушной и костной проводимости звука



Возрастная тугоухость (нейро-сенсорная)



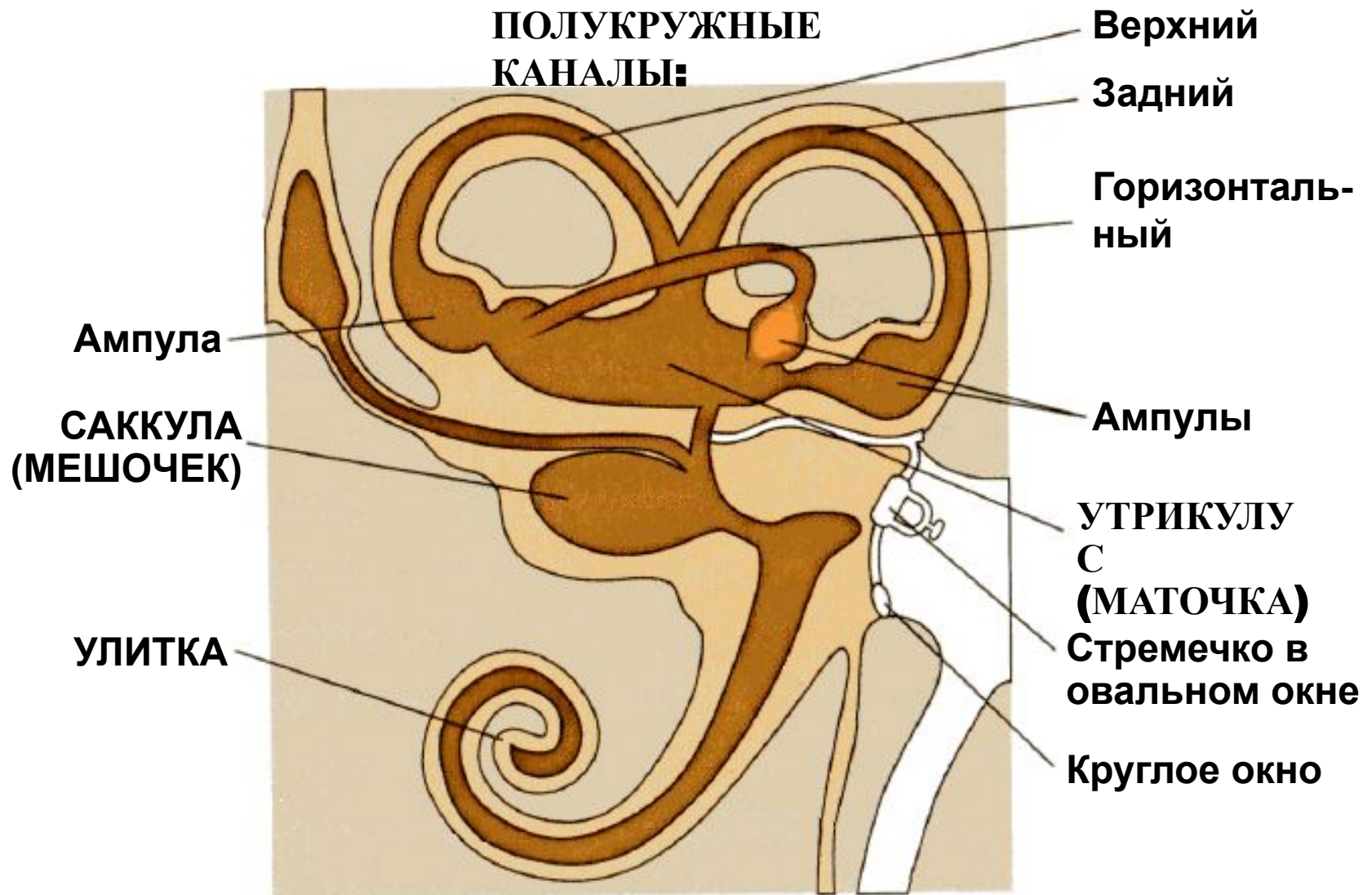
Отосклероз – нарушение воздушной проводимости (кондуктивная глухота)

Определяют, на сколько дБ слуховой порог у больного выше нормы.

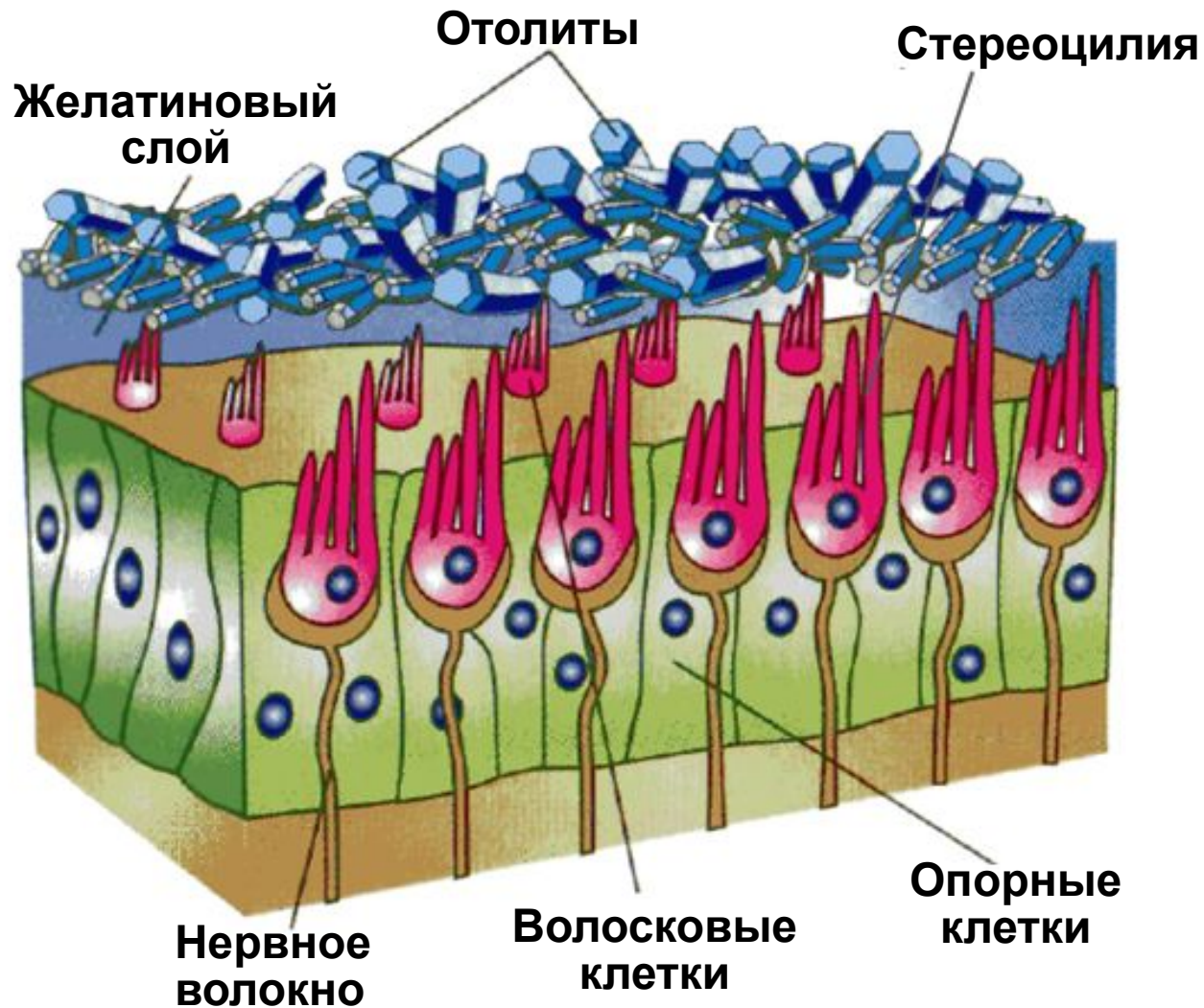
Эту разницу оценивают как утрату слуха.

На аудиограмме наносят её ниже нулевой линии (которая соответствует норме).

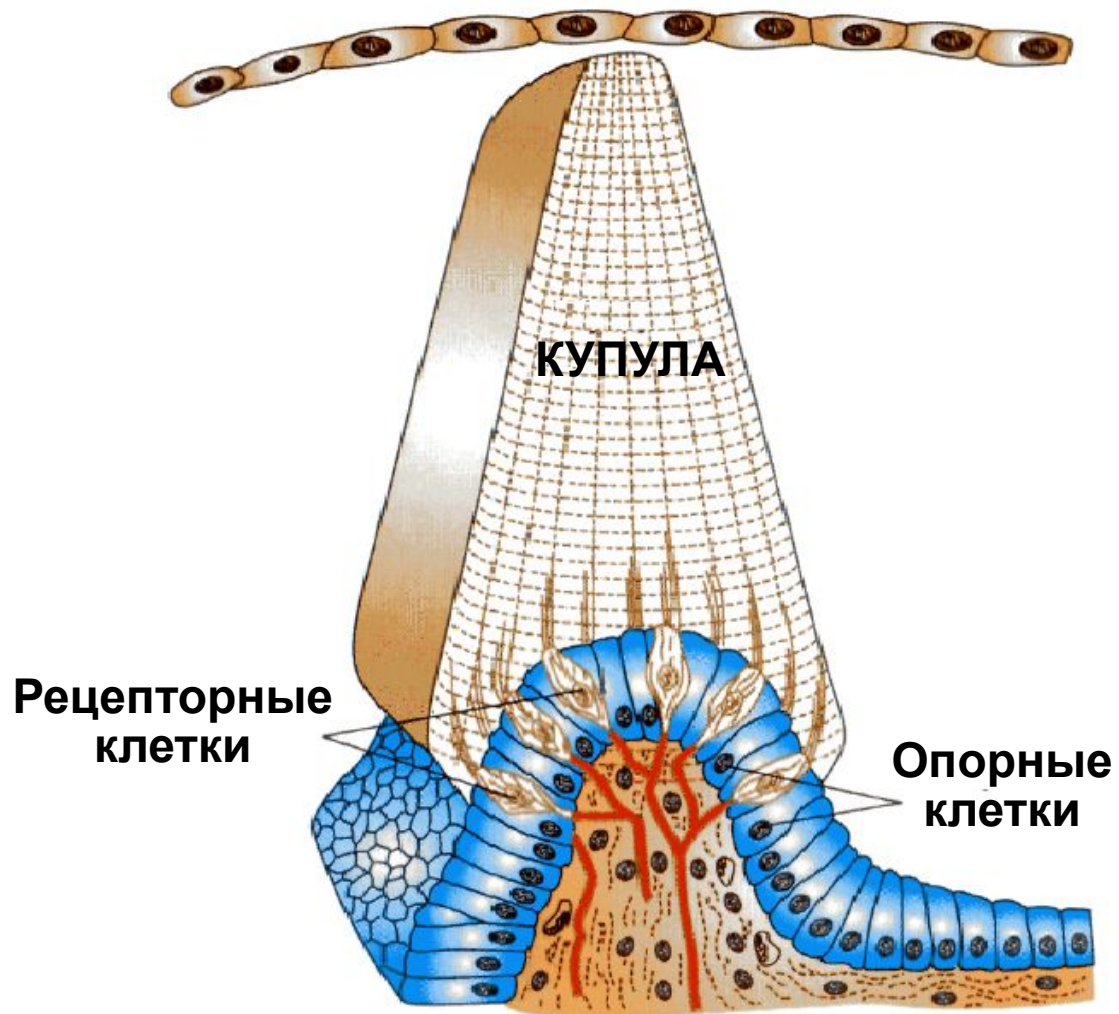
# ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АППАРАТ



# ОТОЛИТОВ АППАРАТ

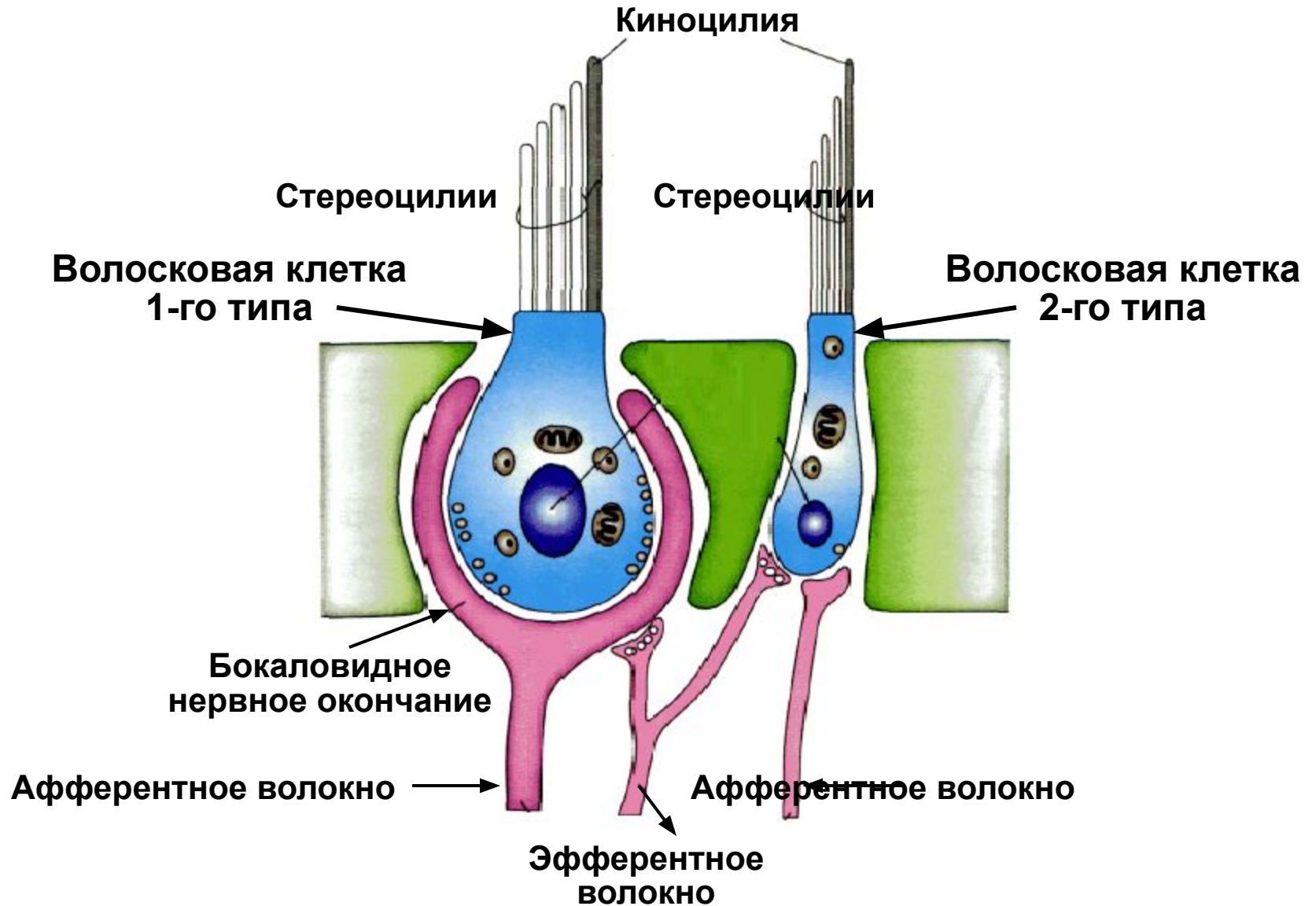


# АМПУЛА ПОЛУКРУЖНЫХ КАНАЛОВ



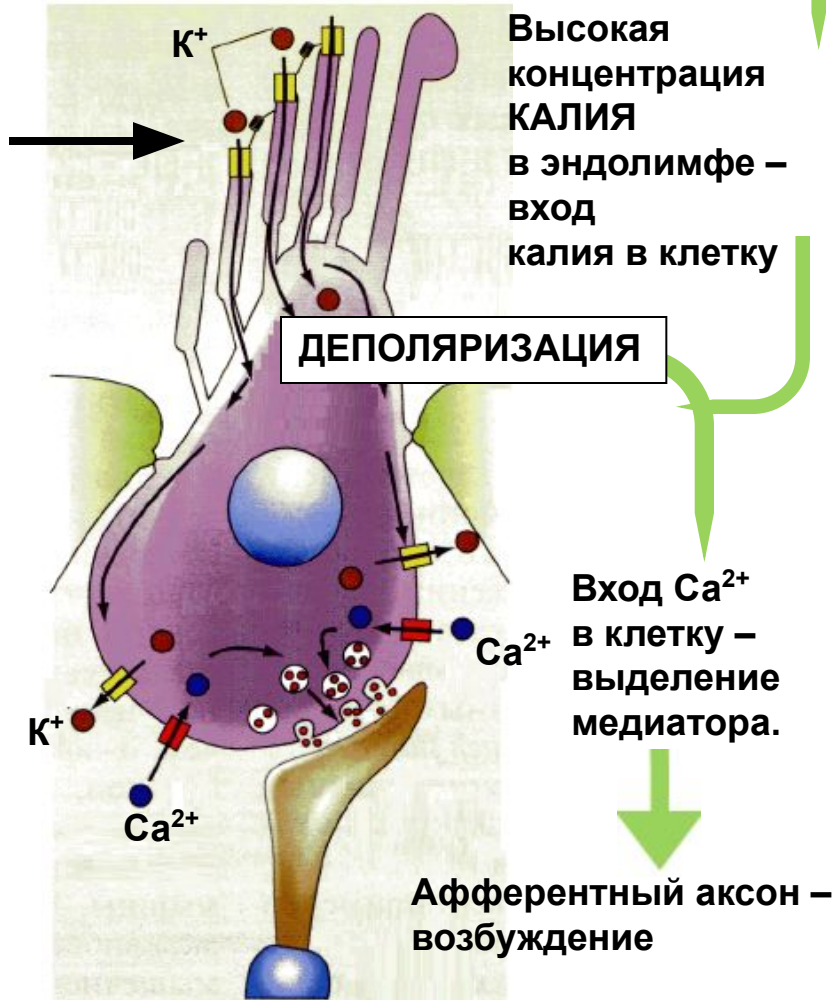


# ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ РЕЦЕПТОР

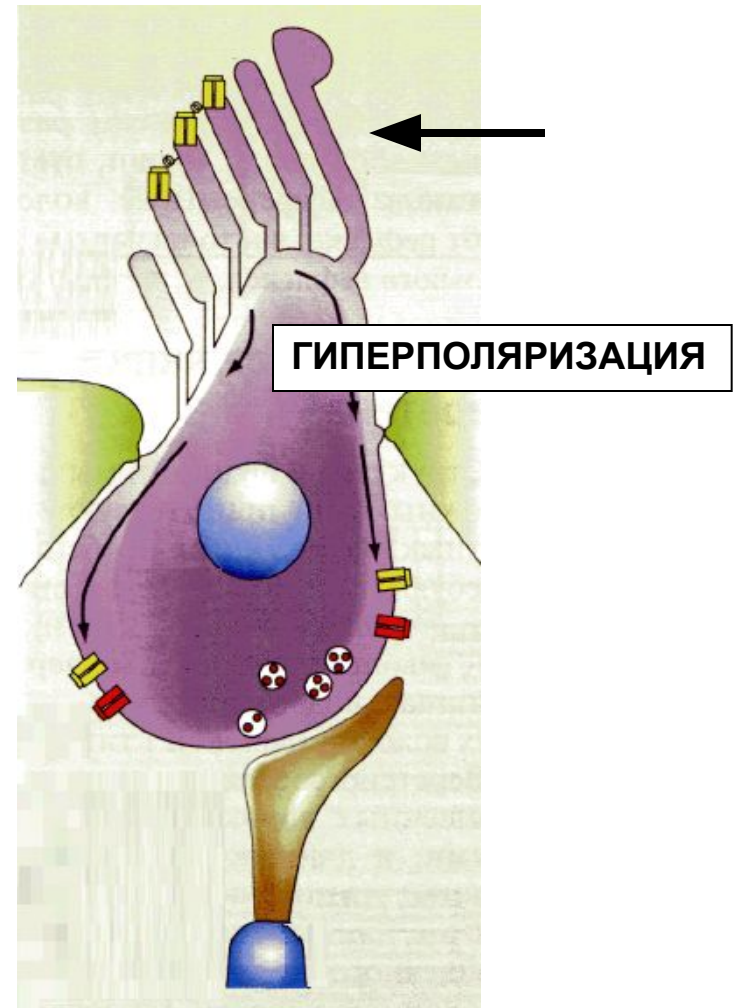


# МЕХАНИЗМ ВОЗБУЖДЕНИЯ РЕЦЕПТОРА

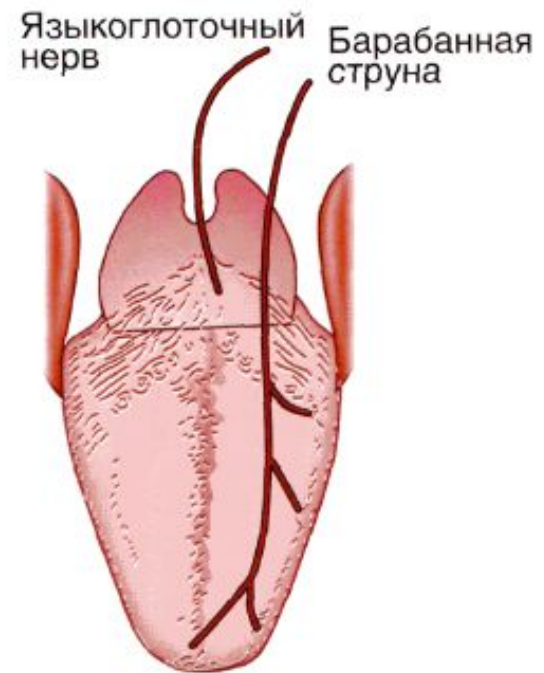
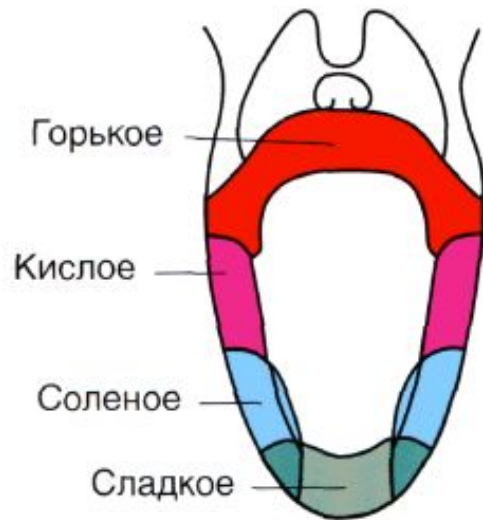
Смещение в сторону киноцилии приводит к открытию К – каналов в стереоцилиях



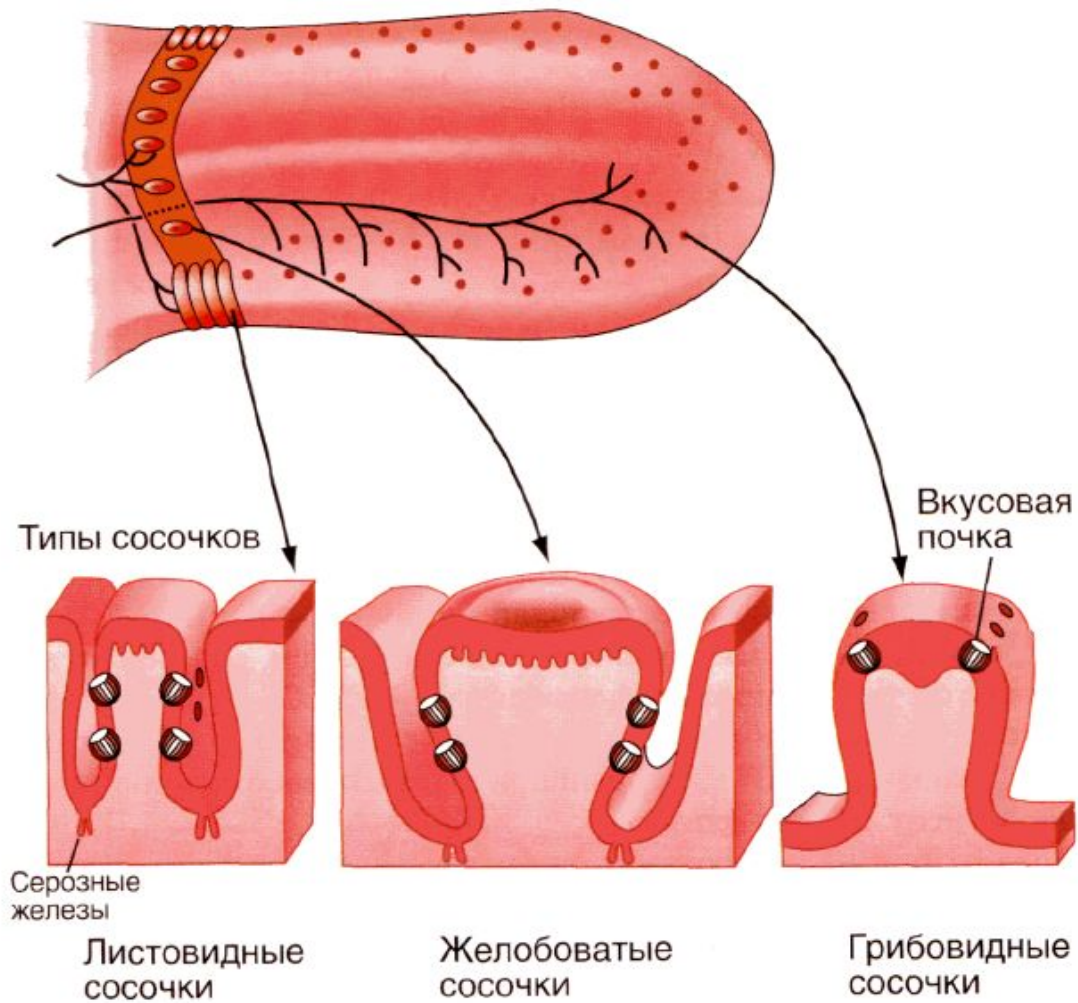
Смещение от киноцилии приводит к закрытию К – каналов



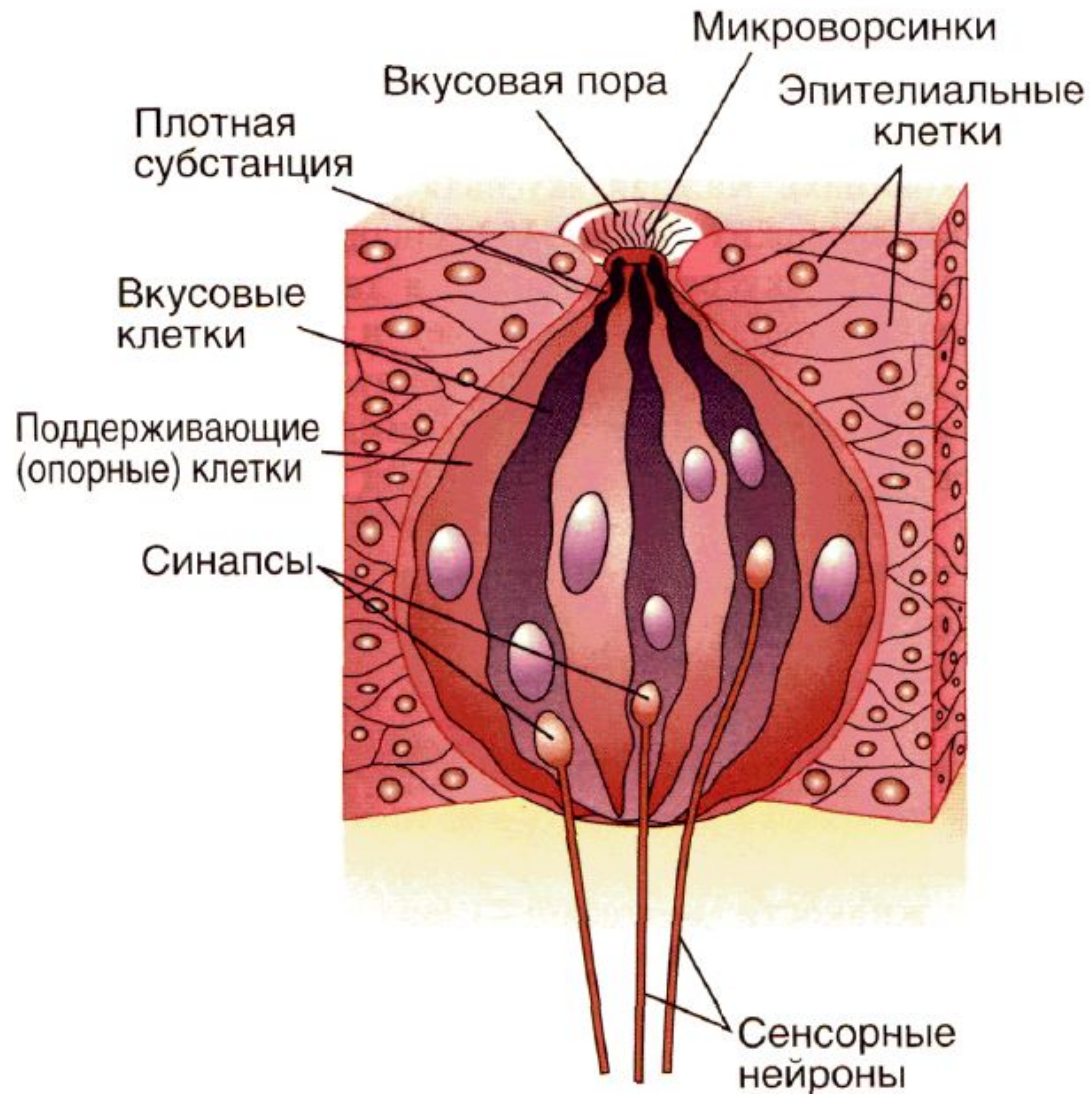
# ЯЗЫК – ОРГАН ВКУСА



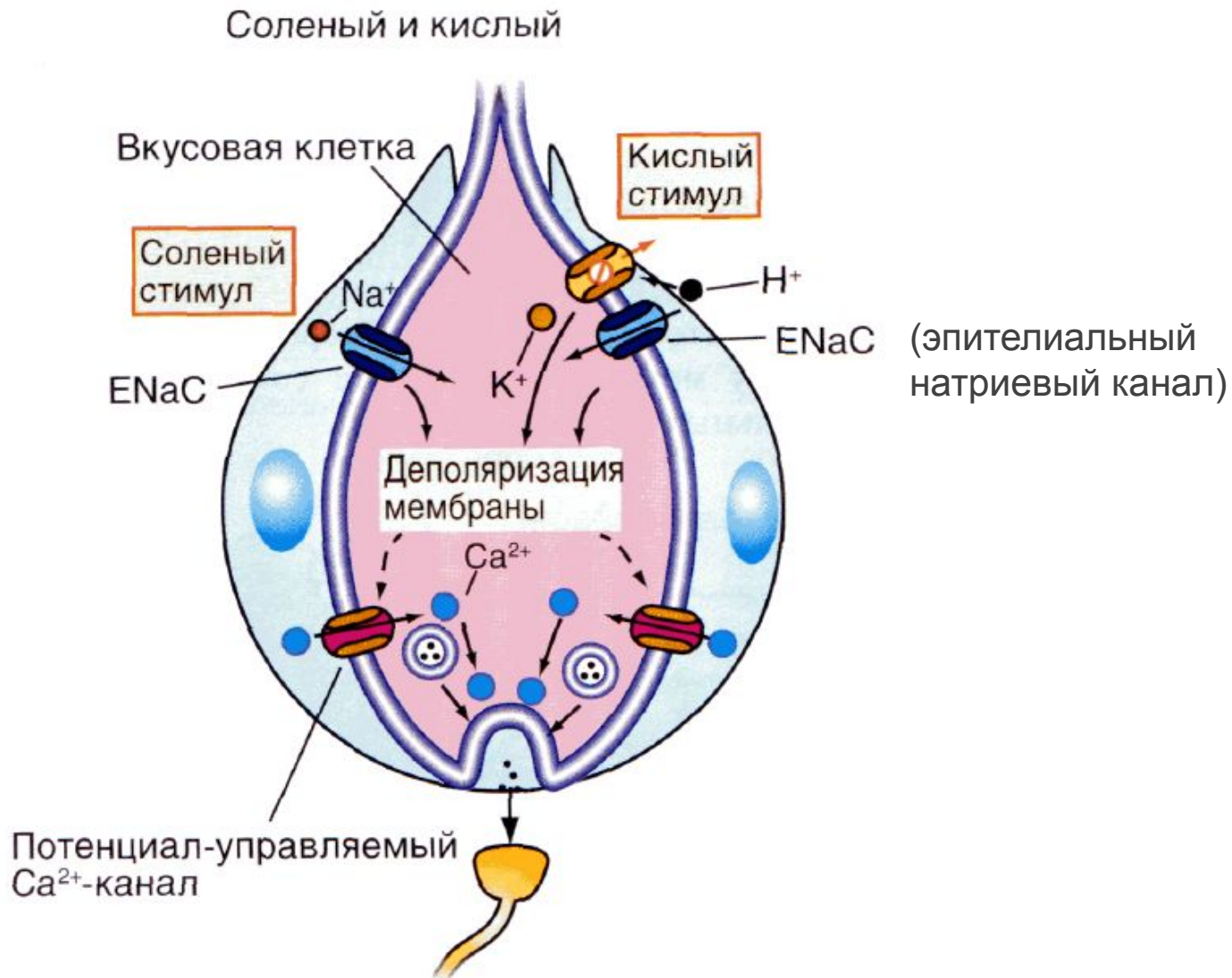
# ВКУСОВЫЕ СОСОЧКИ



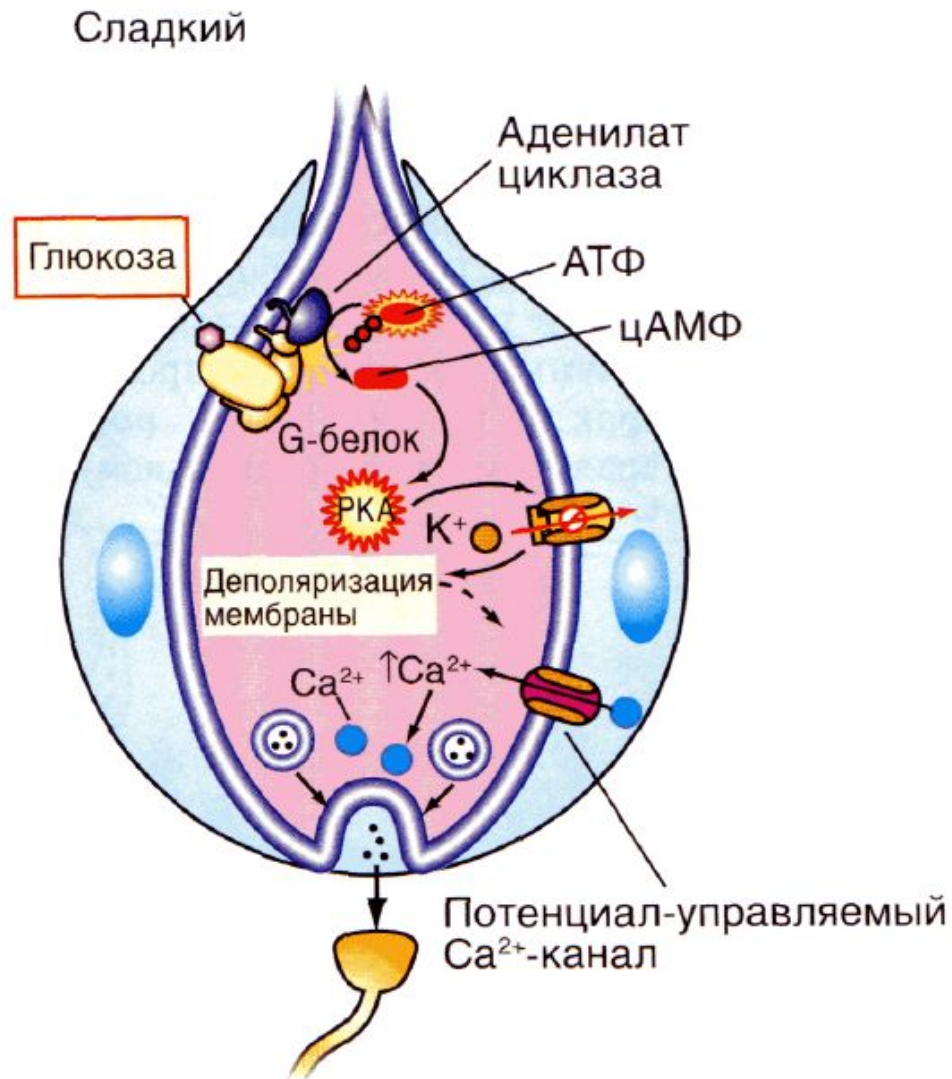
# ВКУСОВАЯ ПОЧКА



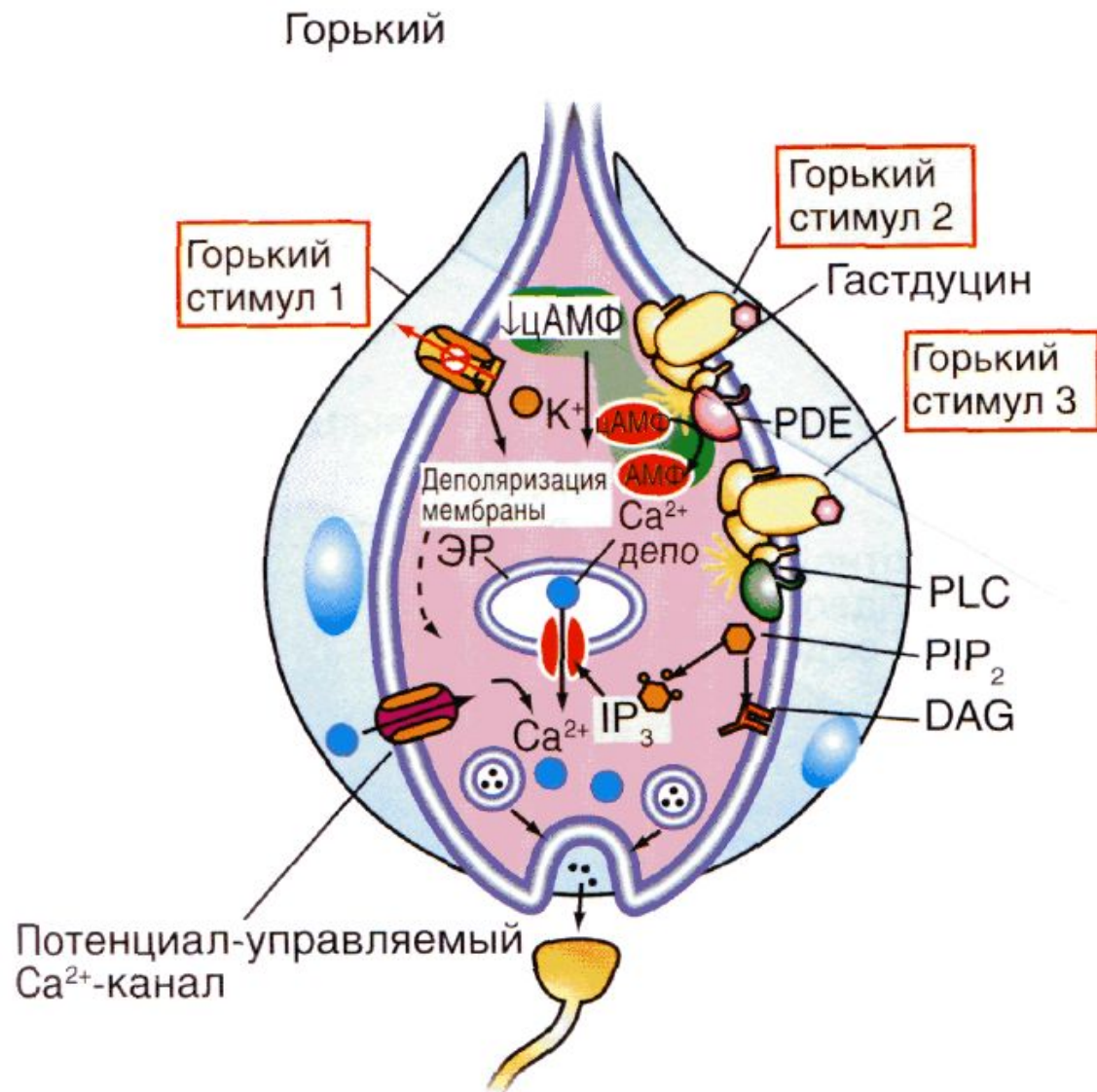
# ВОЗБУЖДЕНИЕ РЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ



# ВОЗБУЖДЕНИЕ РЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ

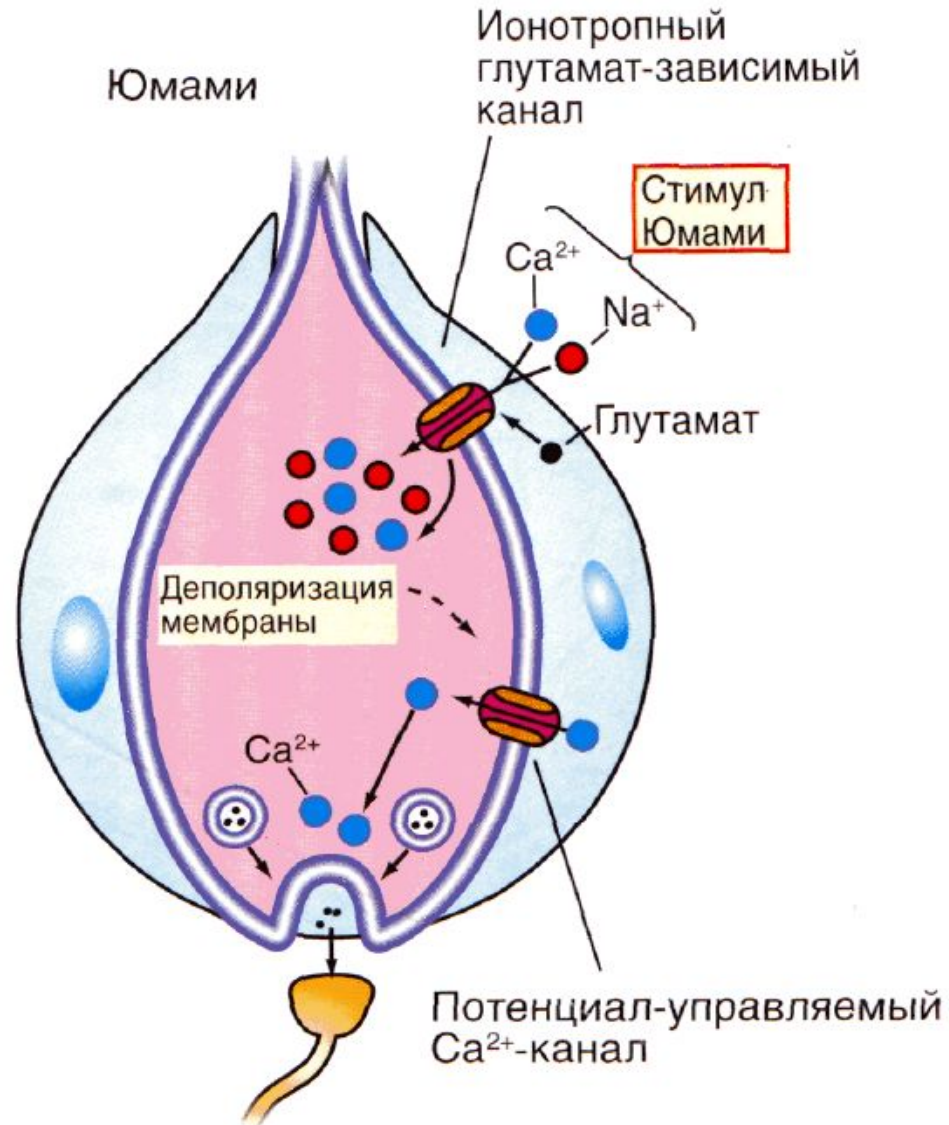


# ВОЗБУЖДЕНИЕ РЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ





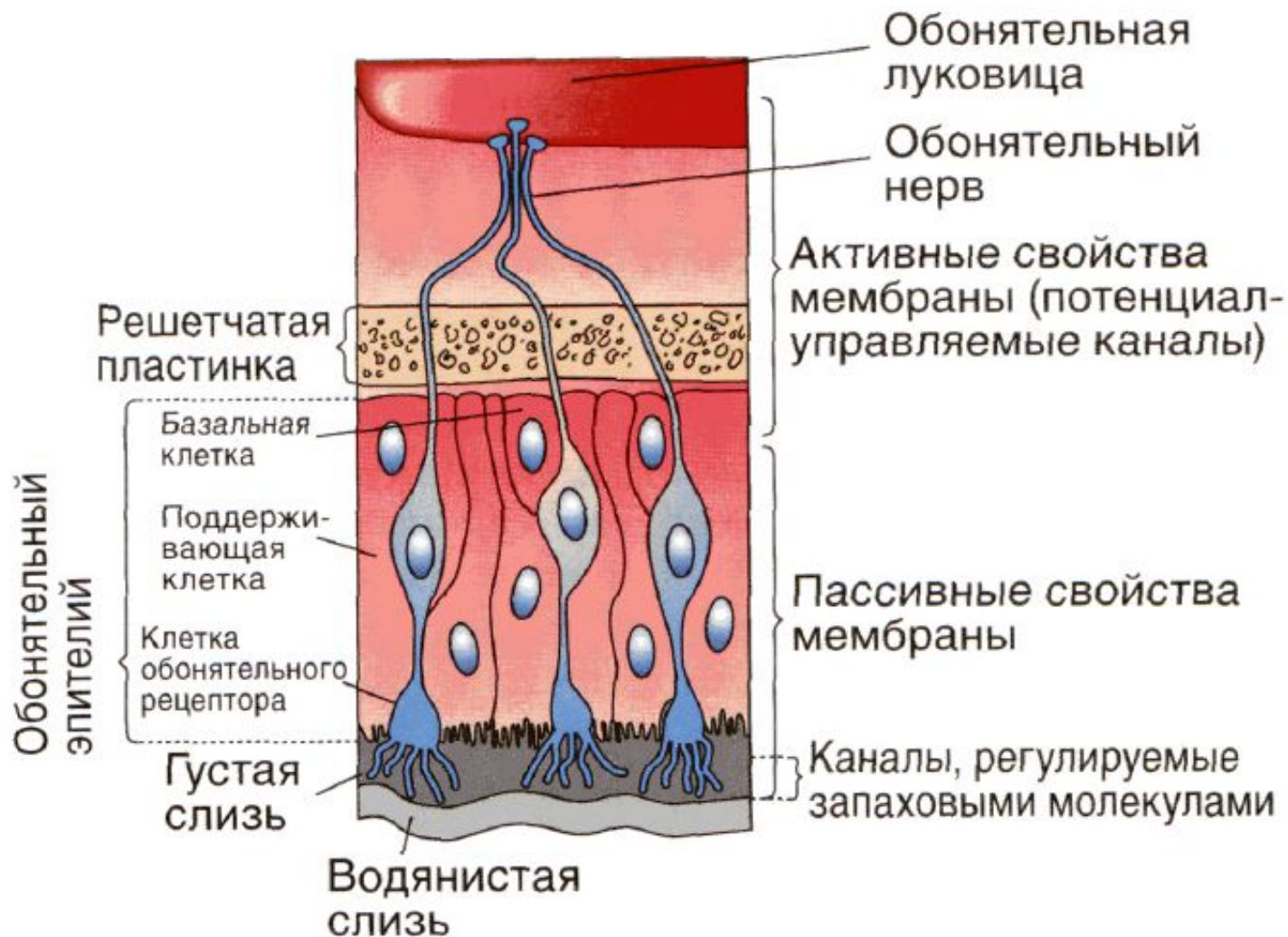
# ВОЗБУЖДЕНИЕ РЕЦЕПТОРНОЙ КЛЕТКИ



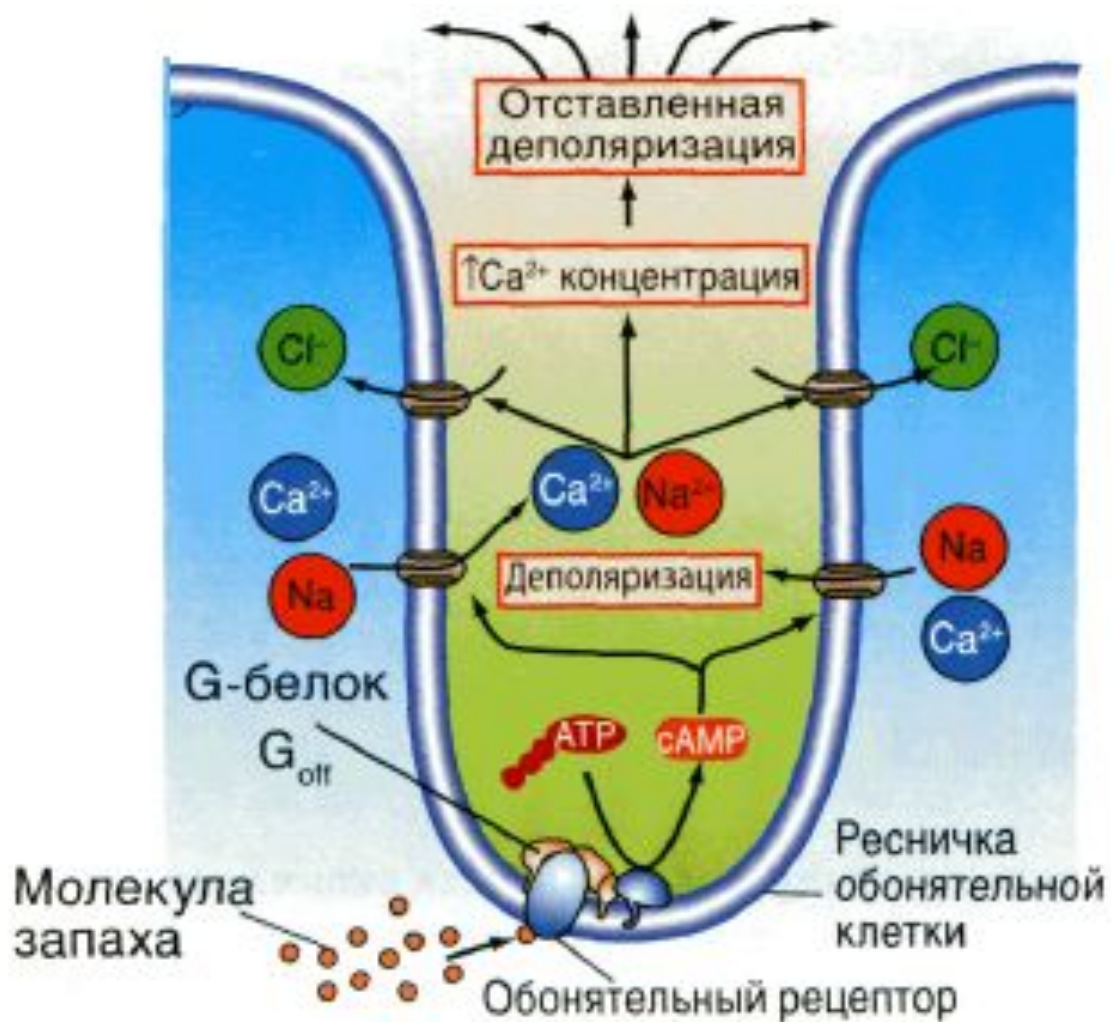
# НОС – ОРГАН ОБОНЯНИЯ



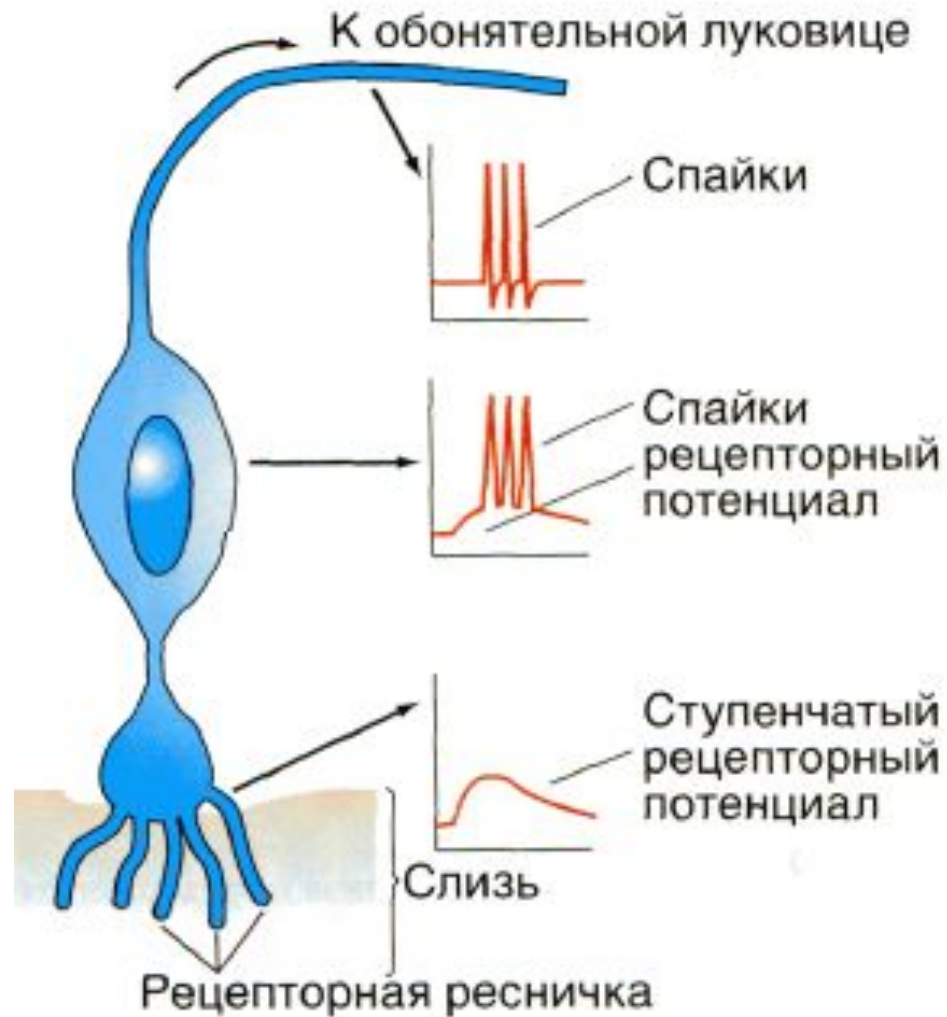
# РЕЦЕПТОРНАЯ КЛЕТКА – ПЕРВЫЙ НЕЙРОН ОБОНЯТЕЛЬНОГО ПУТИ



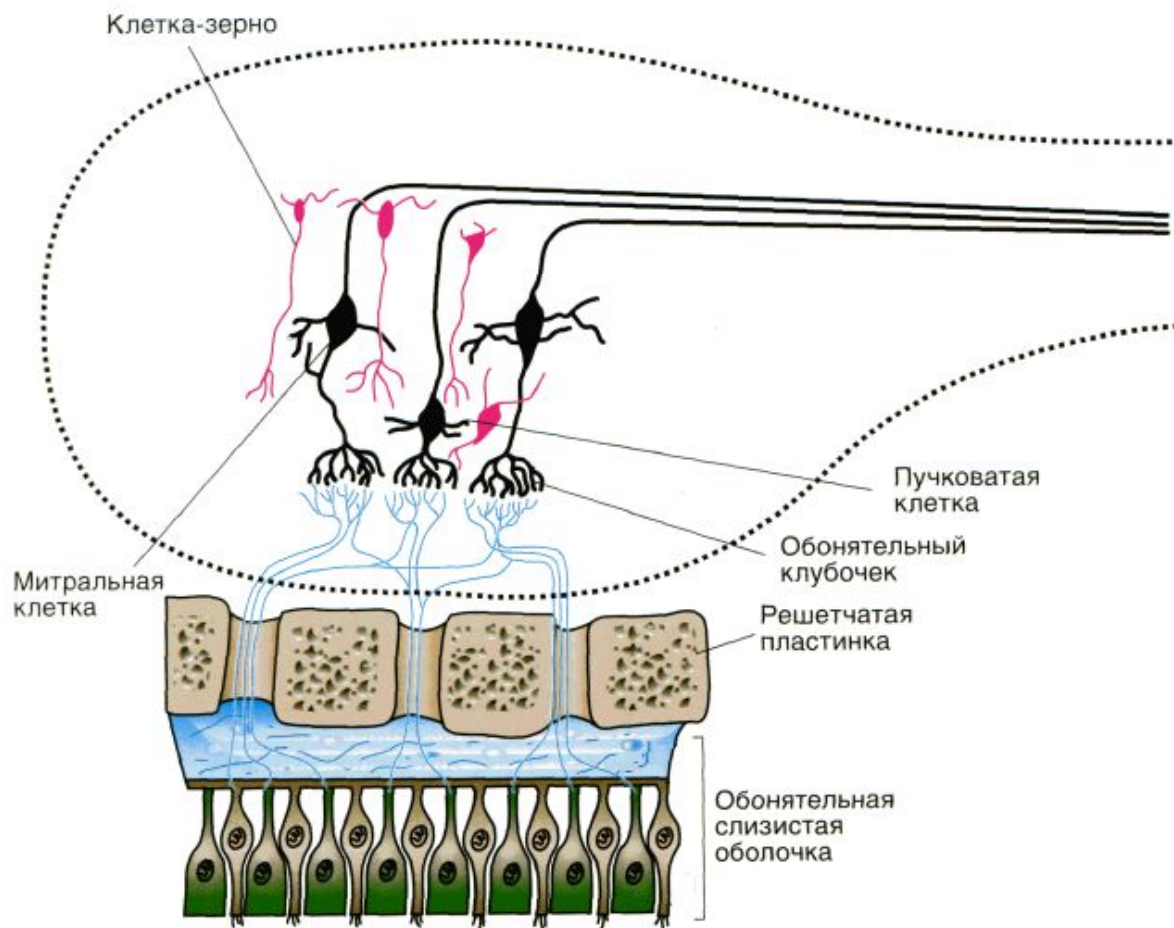
# МЕХАНИЗМ ВОЗБУЖДЕНИЯ РЕЦЕПТОРА



# ВОЗБУЖДЕНИЕ НЕЙРОНА



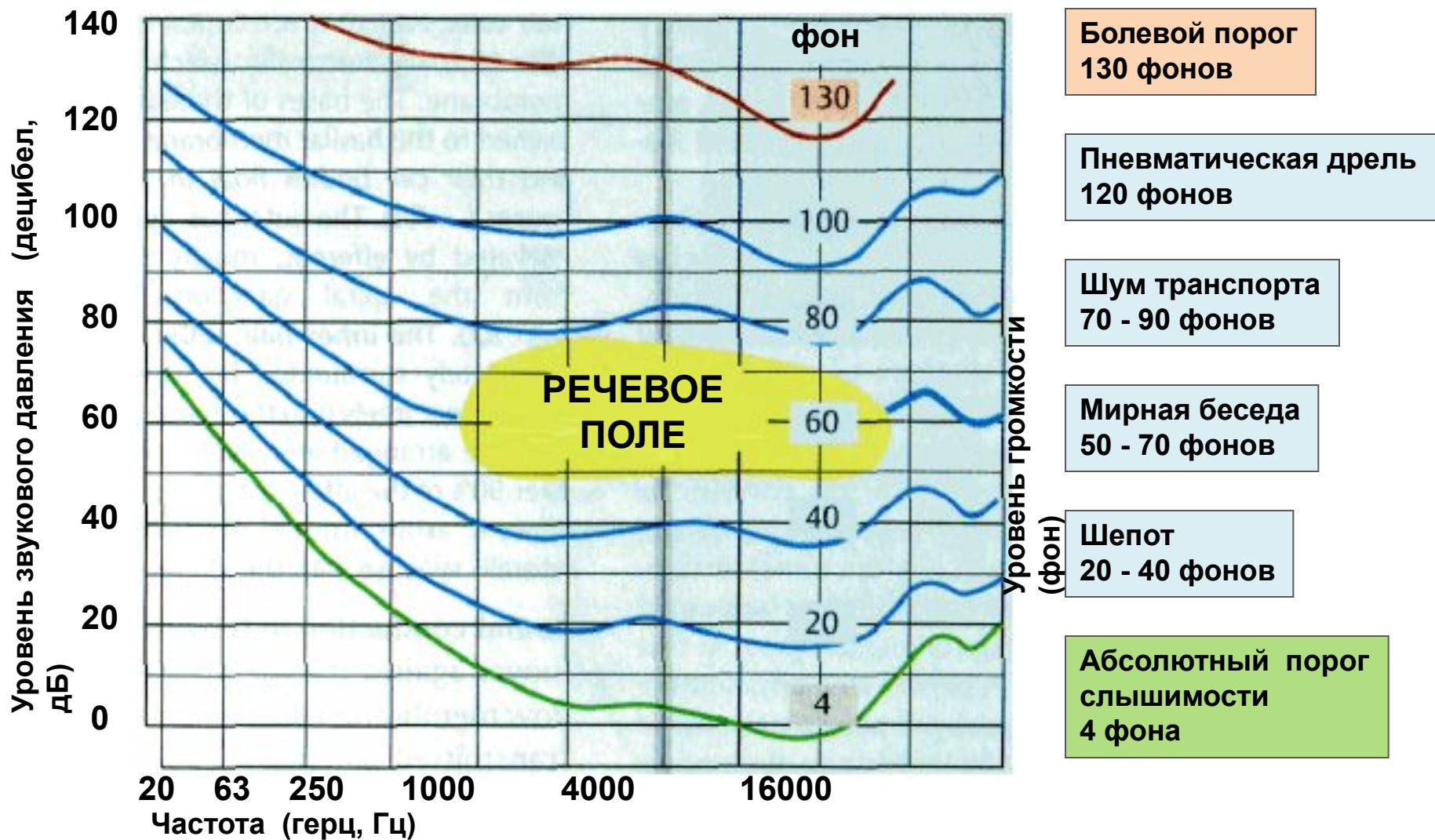
# ОРБОНЯТЕЛЬНАЯ ЛУКОВИЦА



**КОНЕЦ ЛЕКЦИИ**

# СООТНОШЕНИЕ СИЛЫ ЗВУКА И ГРОМКОСТИ.

Изофоны – кривые одинаковой громкости разных тонов



ФОН – громкость звука силой 1 дБ, частотой 1000 Гц