

Информация и ее восприятие в биологических системах

Опр. Раздражитель – всякий фактор окружающей среды, под действием которого происходят изменения свойств или состояния ткани, органа, целого организма

**По модальности
(по энергии)**

химические

Тепловые

механические

**По адекватности
(соответствия)**

адекватные

неадекватны
е


8.1. Механизмы преобразования информации в рецепторах сенсорных систем

Все виды рецепторов преобразуют раздражители разных модальностей в нервные импульсы.

Этапы рецепторного процесса:

I этап – специфическое взаимодействие адекватного раздражителя с рецептирующим субстратом, определяющим модальность рецептора (взаимодействие света со зрительными пигментами в фоторецепторе, пахучего вещества с рецепторами белка плазмонеллы обонятельной клетки)

Результат: изменение проницаемости плазматической мембраны рецептора для ионов



II этап - возникновение ионного тока через мембрану, создающего локальный сдвиг мембранного потенциала – рецепторный потенциал.

Клетки, в которых возникает рецепторный потенциал первоначально являются первично-возбудимыми и передают его в другие участки мембраны (вторично-возбудимые), в которые рецепторный потенциал не может возникнуть под действием раздражителя самостоятельно


III этап состоит из:

- 1) Электротоническое распространение рецепторного потенциала от места его возникновения к мембране специальной клетки
 - 2) Выделение там медиатора под действием рецепторного потенциала
 - 3) Возникновение возбуждательного постсинаптического потенциала
 - 4) Генерация ими потенциалов действия, достигающих центральной нервной системы
-

1. Всякий рецепторный аппарат можно рассматривать в качестве кодирующего устройства
 2. Рецептор - датчик, который преобразует стимул определенной модальности в нервный импульс.
 3. Все рецепторы являются аналого-дискретными преобразователями.
 4. При кодировании интенсивности раздражителей рецепторные аппараты работают как нелинейные устройства, т.е совершается нелинейное преобразование информации об интенсивности стимула.
 5. Рецепторы служат усилителями воздействующих на них сигналов.
-

8.2. Механизмы передачи сигнала в клетку

1. Существуют три основных типа мембранных рецепторов: а) рецепторы, сопряженные с G-белками; б) рецепторы - ионные каналы; в) рецепторы, обладающие ферментативной активностью.
 2. В качестве первичных раздражителей клеточной мембраны выступают специфические химические соединения (гормоны) или физические факторы (квант света), называемые **мессенджерами (посредниками)**. Внешний сигнальный агент - мессенджер, как правило, не проникает внутрь клетки, а специфически взаимодействует с клеточными рецепторами.
 3. Внешняя сигнальная молекула воздействует на рецепторы клеточной мембраны, активирует их, и они передают полученную информацию на систему белковых компонентов мембраны, называемую **каскадом передачи сигнала**:
белки-преобразователи, связанные с рецепторами
ферменты-усилители, связанные с белками-преобразователями и активирующие
вторичные внутриклеточные мессенджеры, переносящие информацию внутрь клетки.
-



3. Большинство мембранных рецепторов представлены олигомерными белками - гликопротеинами. Для обеспечения рецепторной функции молекулы белков должны отвечать ряду требований:

а) обладать высокой избирательностью к лиганду;

б) кинетика связывания лиганда должна описываться кривой с насыщением, соответствующим состоянию полной занятости всех молекул рецепторов, число которых на мембране ограничено;

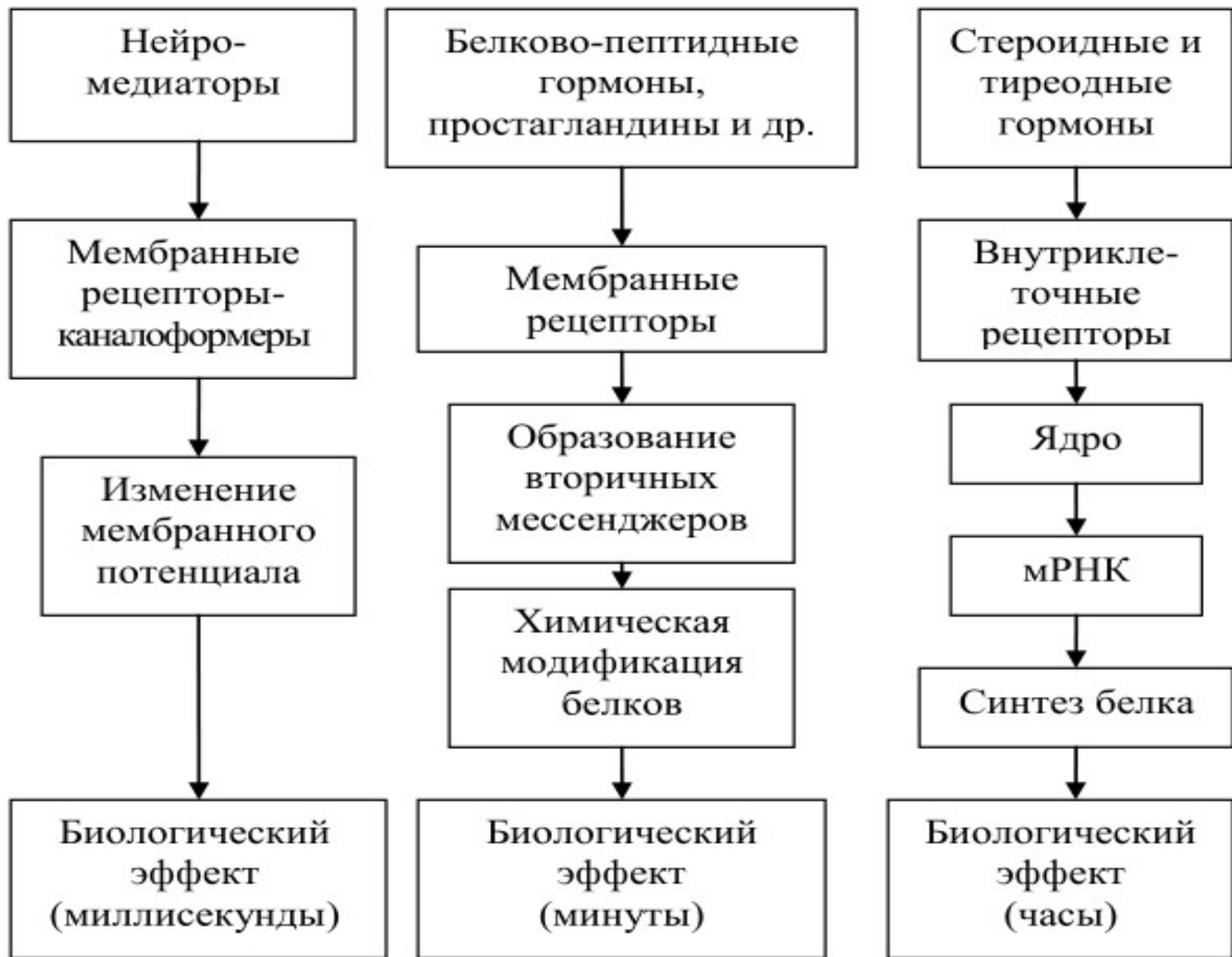
в) рецепторы должны обладать тканевой специфичностью;

г) связывание лиганда и его клеточный (физиологический) эффект должны быть обратимы, параметры сродства должны соответствовать физиологическим концентрациям лиганда;

д) количество клеточных рецепторов динамично, то есть изменяется в зависимости от состояния клетки (например, при развитии ряда патологий, при действии некоторых лекарственных веществ).

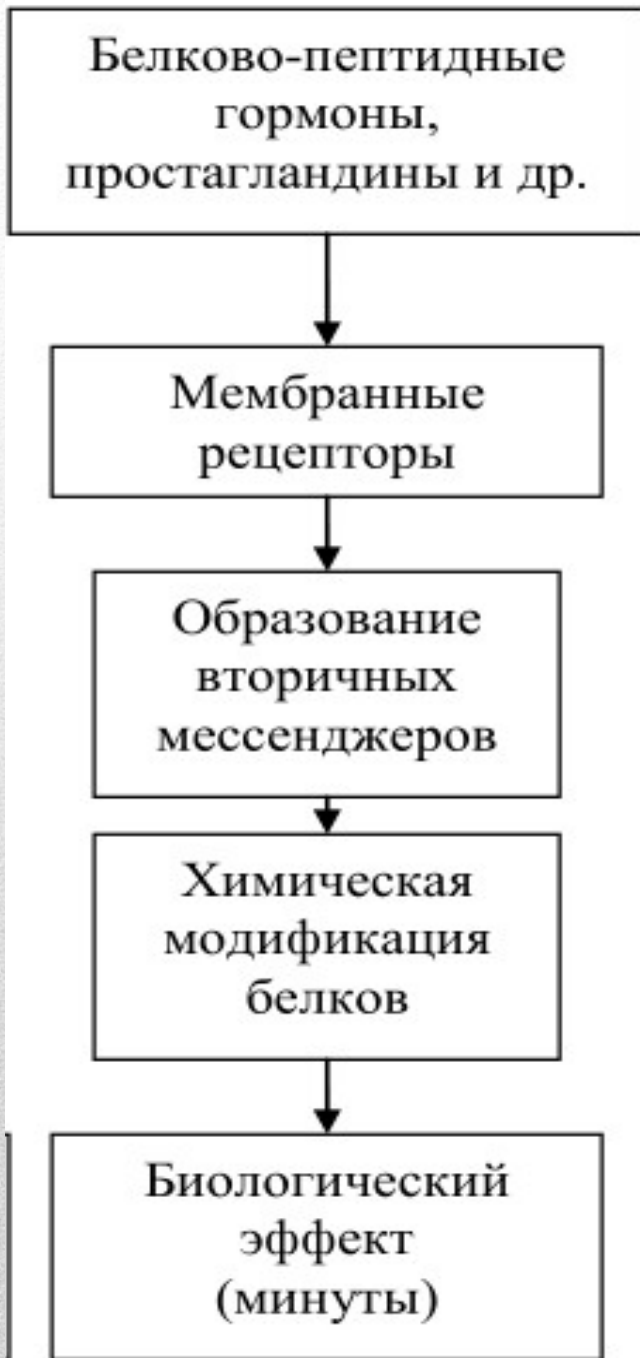
4. Все процессы жизнедеятельности у человека и животных находятся под контролем нервных клеток, которые секретируют в синаптическую щель **нейромедиаторы**, и эндокринных желез, которые выделяют в кровь **гормоны**.

Опр. Нейромедиаторы - биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача электрического импульса от нервной клетки через синаптическое пространство между нейронами, а также, например, от нейронов к мышечной ткани.





При отклонении от нормы того или иного процесса жизнедеятельности включается нервная система регуляции, и нейромедиаторы, изменяют активность ионных каналов, являющихся одновременно рецепторами нейромедиаторов, вызывают гипер- или деполяризацию мембраны. Эта регуляция клеточной активности, происходящая за счет физических процессов (перемещение ионов через мембрану), развивается и гасится за доли секунды.

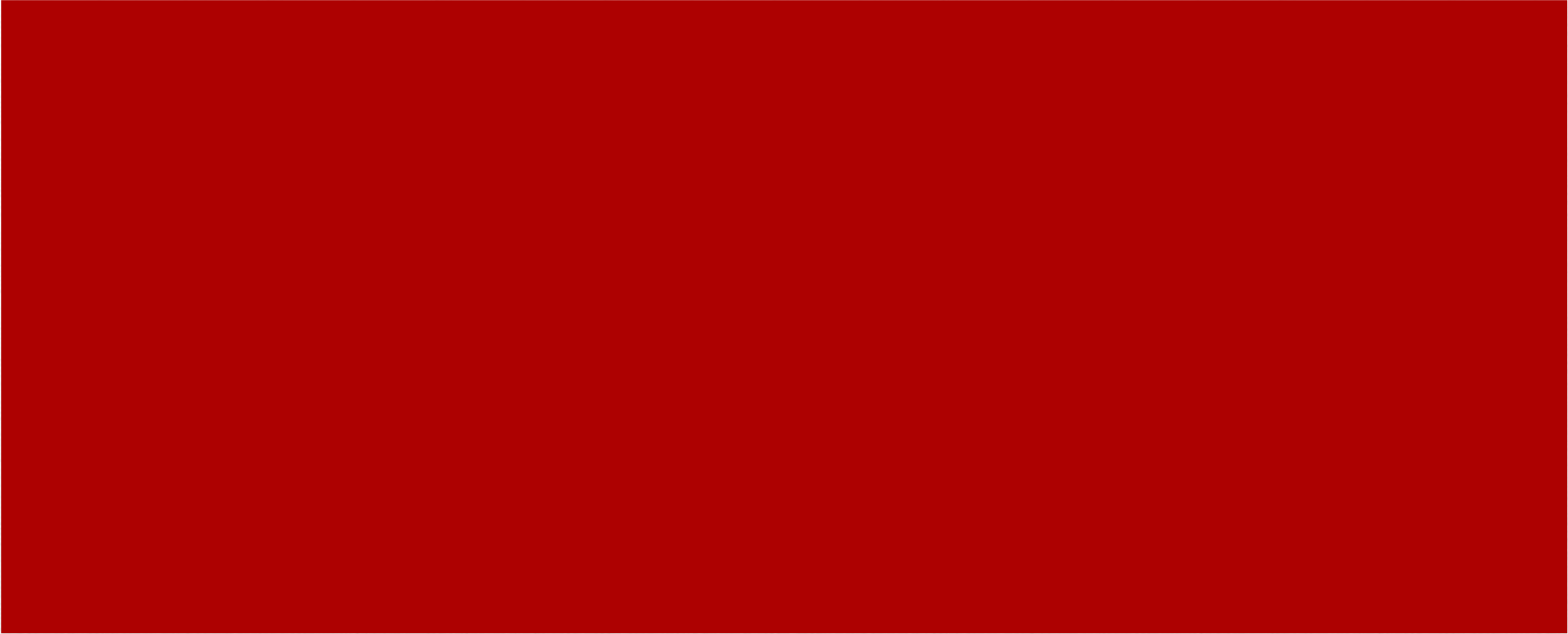


Если нервная система не в состоянии вернуть тот или иной фактор гомеостаза к норме, подключаются гормоны (гидрофильные), действующие через мембранные рецепторы и системы вторичных мессенджеров. Эта регуляция, происходящая за счет химических процессов (синтез вторичных мессенджеров, химическая модификация белков-эффекторов) развивается и гасится за минуты.

Если отклонения от нормы достигают опасных для организма величин, или должны произойти фенотипические изменения клеток, подключаются стероидные и тиреоидные гормоны, имеющие внутриклеточные рецепторы. Гормон-рецепторный комплекс в этом случае связывается с ДНК и влияет на экспрессию генов, а, следовательно, на концентрацию определенных белков в клетке.

Эта регуляция реализуется через 3–6 часов после появления гормона в крови, а гасится спустя 6–12 ч.



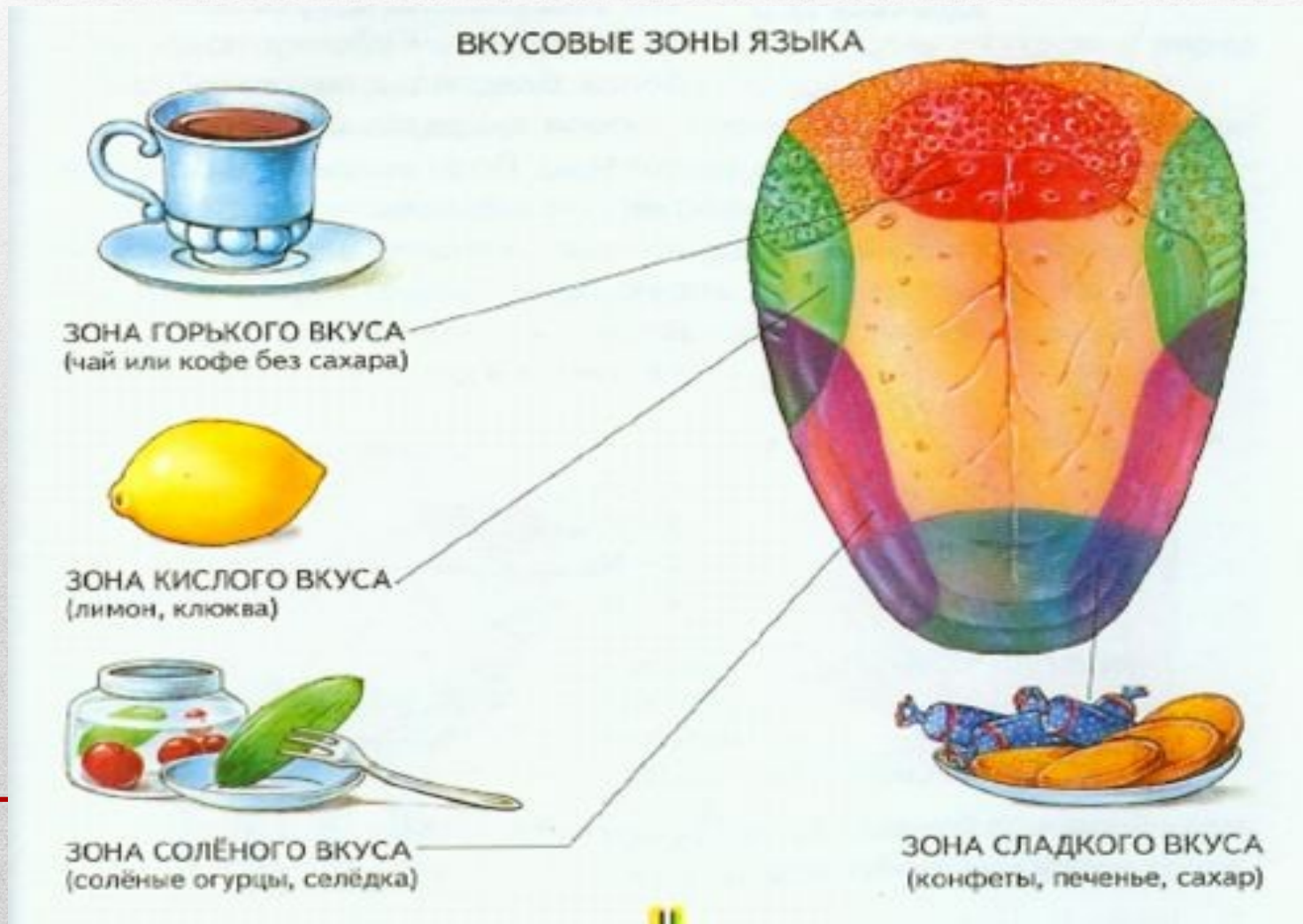


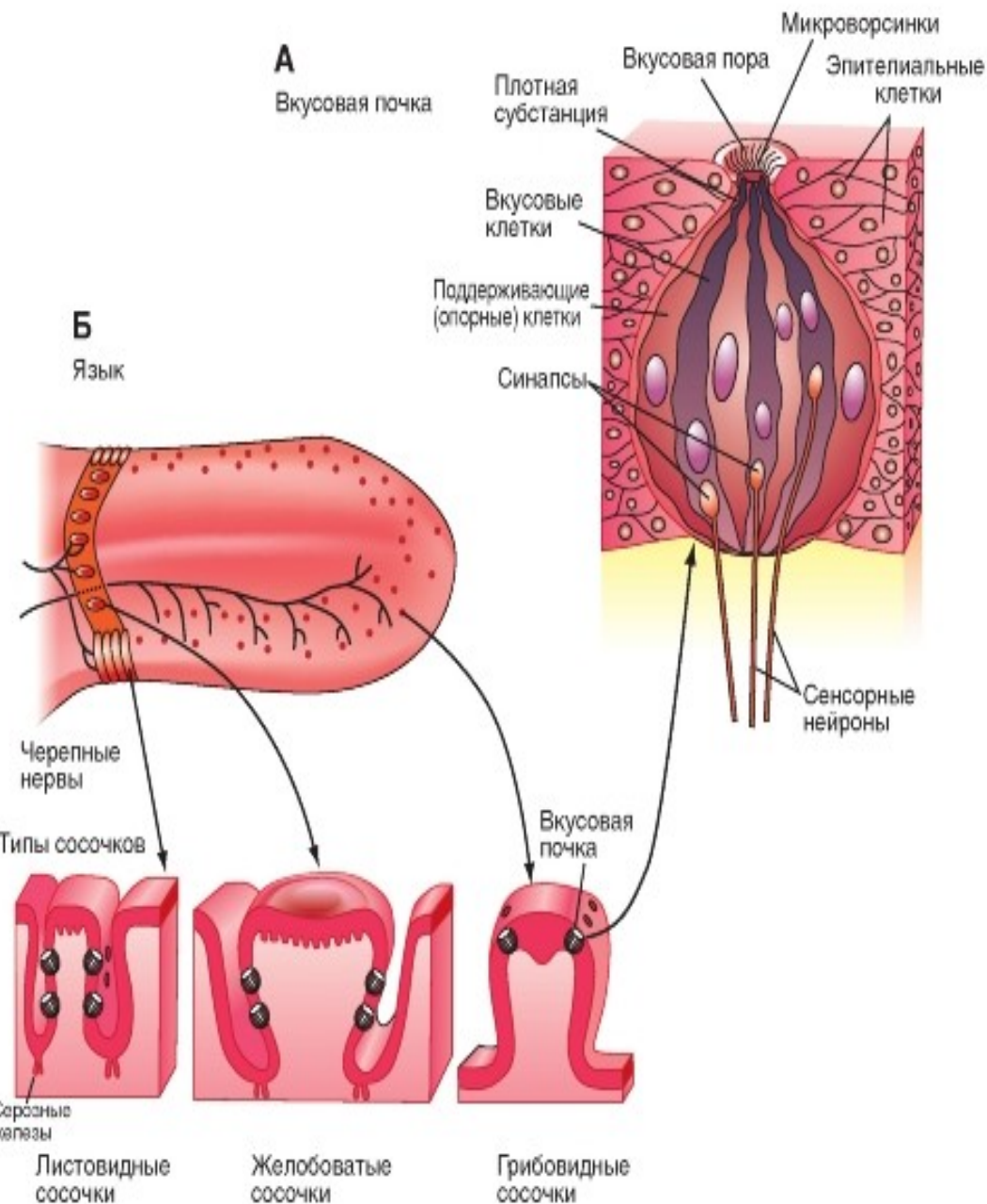
Тема 9. «Элементы биофизики рецепторных систем»

Часть I.

9.1. Хеморецепция

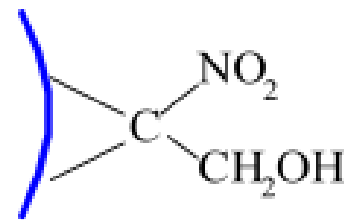
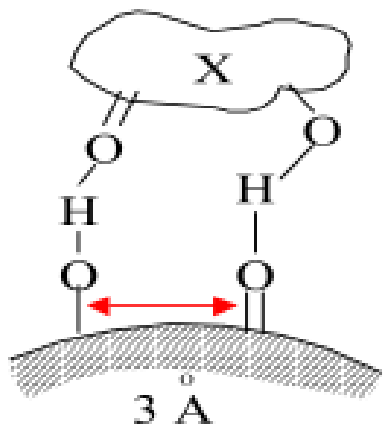
9.1.1. Вкусовые рецепторы





Обладающие вкусом вещества растворяются в жидкости, омывающей микроворсинки, и диффундируют в рецепторные клетки, поверхность которых сильно изрезана для увеличения площади контакта.

Предполагается, что «вкус» вещества определяется только его химическим строением или пространственным расположением его компонентов. Так, сладким будет любое вещество X, обладающее специальной геометрией расположения атома кислорода и гидроксильной группы, горьким – вещество, содержащее элементы C и N. Кислым будет вещество, в состав которого входит большое количество легко диссоциирующих атомов водорода. Солёным будет казаться вещество, которое при растворении образует ионы Na^+ и Cl^- .

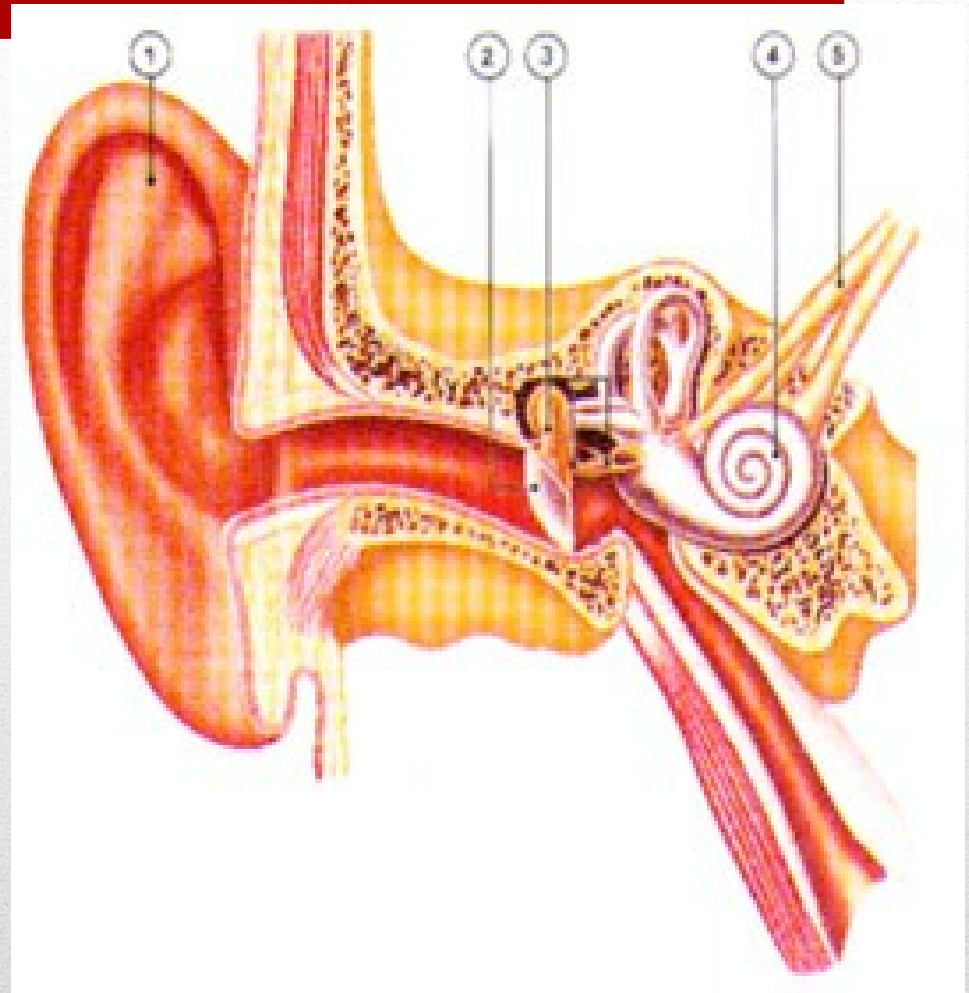


8.2. Биофизика слуха

Строение уха :

- Наружное ухо, состоящее из ушной раковины и наружного слухового прохода
- Среднее ухо, включающее барабанную перепонку и слуховые косточки
- Внутреннее ухо, представленное улиткой - полой, спирально закрученной трубкой; она заполнена так называемыми жидкостями внутреннего уха и связана со слуховым нервом.

1. Ушная раковина
2. Барабанная перепонка
3. Косточки среднего уха (молоточек, наковальня, стремячко)
4. Улитка
5. Слуховой нерв



Звуковые колебания представляют собой механические колебания молекул воздуха. Следовательно, звуковые колебания распространяются в пространстве, а это есть механическая волна.

Опр. Звуковая волна – это **механические** (упругие) колебания, **распространяющиеся** в газах, жидкостях и твердых телах (чаще всего в воздухе), которые **воспринимаются ухом человека**.

Для человека **границы звукового диапазона** соответствуют частотам примерно **от 16 Гц до 20 000 Гц**.

Некоторые животные ощущают колебания с частотой менее 16 Гц (**инфразвуки**); другие (летучие мыши, дельфины) – с частотами много выше 20 000 Гц (**ультразвуки**).

Вывод: звуковая волна – это распространение в воздухе (или в другой среде) **колебаний давления**.

Гармоническое звуковое колебание выражается формулой:

$$\Delta p = \Delta p_{max} \cdot \cos \omega(t - x/V)$$

Опр. Звуковое давление (Δp) – разность между давлением в данной точке волны и давлением в невозмущённой среде (практически – атмосферным давлением).

Опр. Поток энергии волны - количественная характеристика перенесенной энергии, равной отношению энергии dE , переносимая волнами через поверхность, к времени dt , в течение которого она переносится:

$$\Phi = \frac{dE}{dt}.$$

Единицей потока энергии волн в системе СИ является Ват (Вт).

Опр. Интенсивность энергии волн численно равна потоку энергии волны, переносится через единицу площади поверхности расположенной перпендикулярно к направлению распространения волны:

$$I = \frac{\Phi}{S} = \frac{1}{S} \frac{dE}{dt}.$$

Единицей интенсивности энергии является Вт/м².


Основные характеристики звука:

- **объективные:**

1. интенсивность или сила звука;
2. частота;
3. частотный спектр.

- **субъективные:**

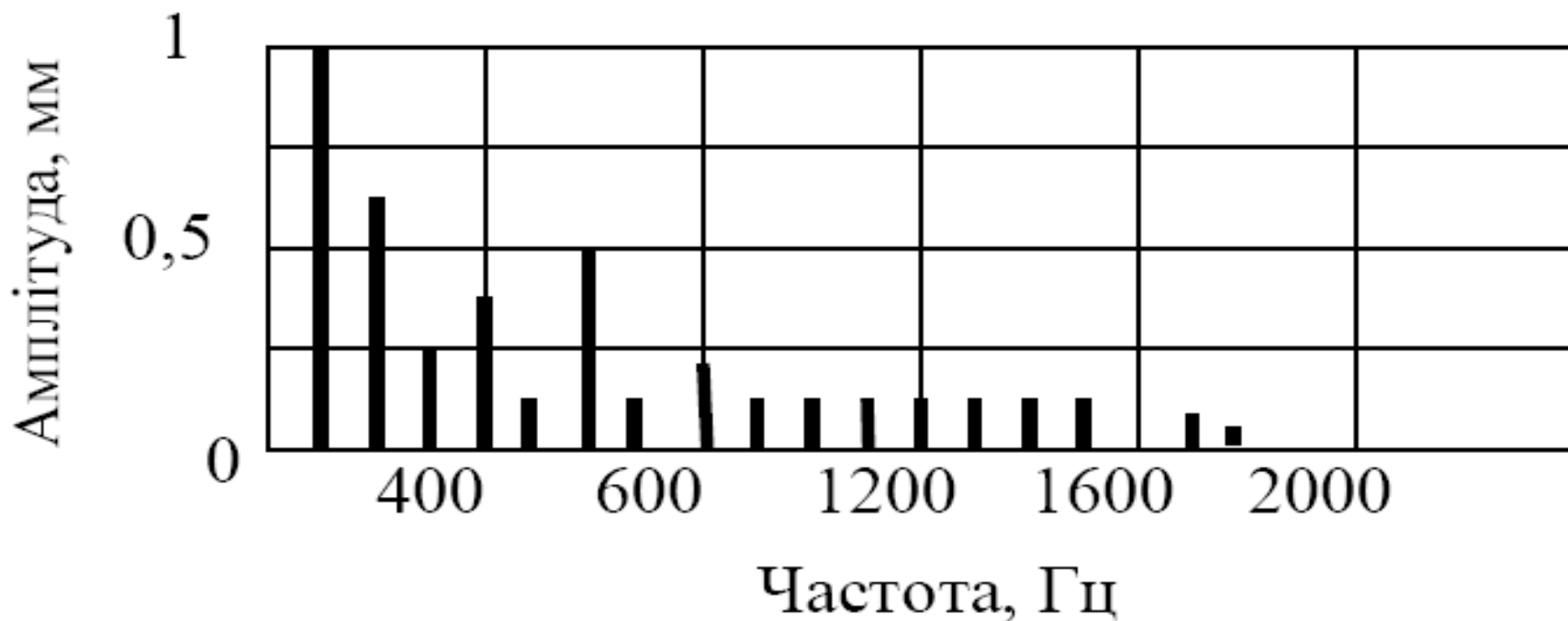
1. громкость
2. высота тона
3. тембр




Опр. Громкость звука - это физиологическая интенсивность звука. Понятие интенсивности и громкости не равнозначны. Установлено, что громкость растет гораздо медленнее, чем интенсивность звука.

Опр. Высота звука определяется его частотой. Чем больше частота, тем больше высота звука. Тембр звука определяется его спектральным составом.

Опр. Музыкальный тон - это звук, который мы слышим, когда его источник совершает гармонические колебания. Громкость тона любой данной высоты определяется амплитудой колебания.






Опр. Аккорд - это одновременное звучание двух или нескольких звуков (может вызвать приятное - консонанс - и неприятное - диссонанс - слуховое ощущение).


Опр. Шум - это апериодическая сложная смесь звуков, спектр которого в определенном интервале частот является непрерывным.

Вывод:

1. Энергия звуковой волны вызывает механические колебания барабанной перепонки, которые передаются на подвижную систему косточек, находящихся в среднем ухе. Система из молоточка, наковальни и стремечка, соединенного с улиткой внутреннего уха, как система рычагов, усиливает колебания барабанной перепонки, а движения стремечка вызывают волнообразные колебания жидкости внутреннего уха.



2. Эти волны, в свою очередь, улавливаются так называемыми волосковыми клетками, расположенными вдоль всей длины улитки, и преобразуются в электрические импульсы. Далее эти электрические импульсы передаются по слуховому нерву в головной мозг. Таким образом, функцией внутреннего уха является преобразование механических колебаний в электрические, так как мозг может воспринимать только электрические сигналы.



3. Слуховой нерв, состоящий из тысяч тончайших нервных волокон в определенных участках улитки и передает определенную звуковую частоту (низкочастотные звуки - например, шум машины или поезда, передаются по волокнам, исходящим из верхушки улитки, а высокочастотные - например, щебет птиц, - по волокнам, связанным с ее основанием). Таким образом, различные звуки вызывают электрическое возбуждение различных волокон в составе слухового нерва.

Характеристики слухового ощущения

Нормальное человеческое ухо воспринимает достаточно широкий диапазон интенсивностей звука: да на частоте 1000 Гц от $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$)-Порог чувствительности, в $I_\delta = 10 \text{ Вт/м}^2$ ($P_\delta = 63 \text{ Па}$) – порога болевого ощущения.

Опр. Уровень интенсивности звука – ф.в.,
равная десятичному логарифму отношения
интенсивности исследуемого звука I к
интенсивности I_0 на грани слышимости.

$$L = \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

Уровень интенсивности измеряют белах, который является единицей шкалы уровней интенсивности звука и соответствует уменьшению интенсивности в 10 раз. Уровни интенсивности звука также выражают в децибелах (дБ) $1Б = 10дБ$.



Опр. Громкость (субъективная характеристика звука) - мера силы слухового ощущения, вызванного звуком.

Опр. Уровень громкости – ф.в., позволяющая сравнить громкости звука разной частоты

$E = K \cdot \lg \frac{I}{I_0}$, - закон Вебера - Ферхнера

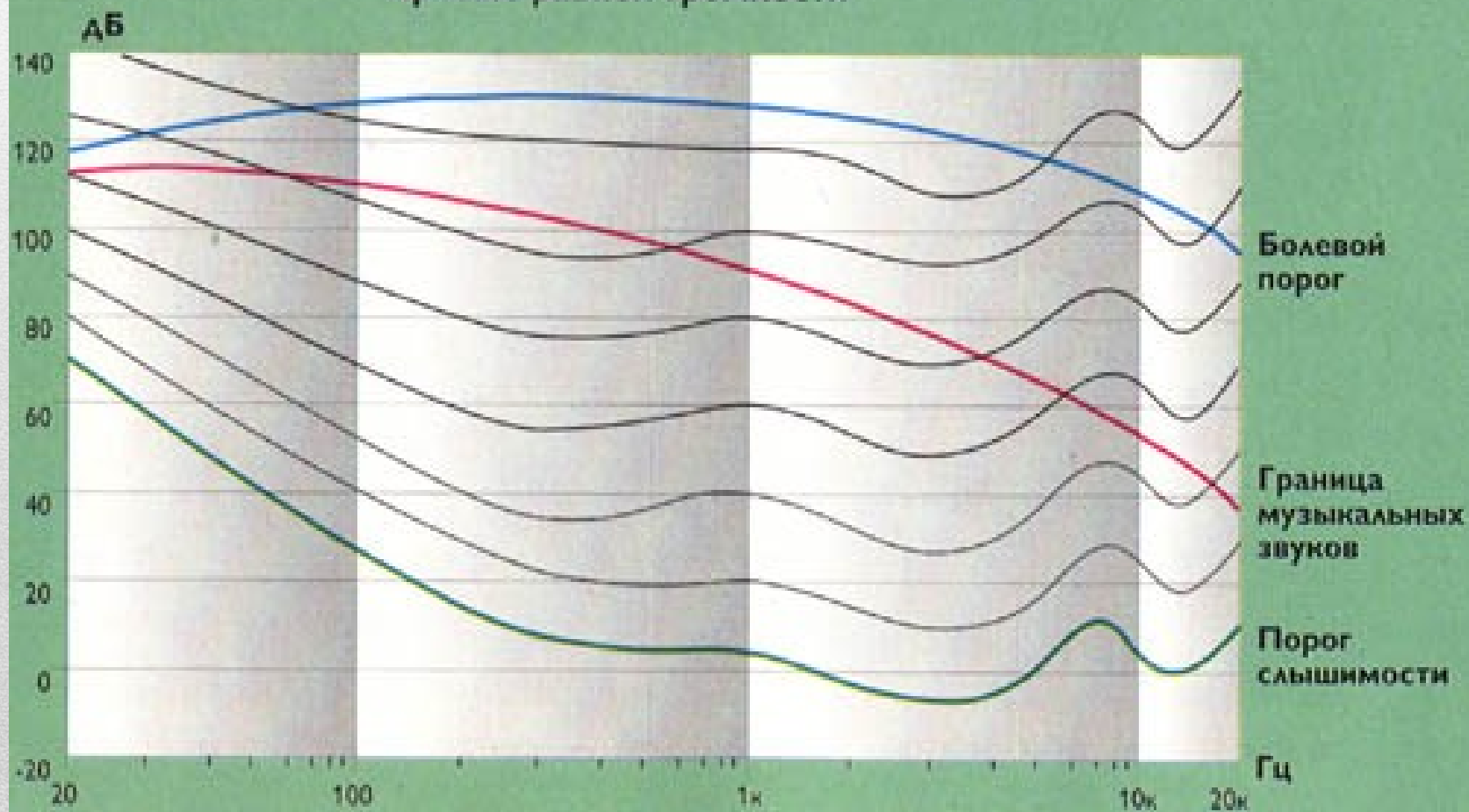
K - где коэффициент пропорциональности, зависящий от частоты и интенсивности.

Уровень громкости может быть измерен в фонах

$$E_{\phi} = 10K \lg \frac{I}{I_0}$$

Чтобы определить уровень громкости произвольного звука, нужно взять тон с частотой 1кГц и изменять его интенсивность до тех пор, пока его громкость не станет одинаковой с громкостью исследуемого звука. Уровень интенсивности этого тона в децибелах будет численно равным уровню громкости исследуемого ³⁵ звука в фонах.

Кривые равной громкости





Спасибо за
внимание!
