

## Тема 4. СЛУХОВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА И ЕЕ НАРУШЕНИЯ

### **Вопросы для изучения:**

1. Общая характеристика слуховой сенсорной системы.
2. Строение и функционирование слуховой сенсорной системы.
3. Нарушение слуховой сенсорной системы

### **Литература:**

- 1 Бадалян, Л.О. Невропатология / Л.О. Бадалян. - М., 1982.
- 2 Батуев, А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем / А.С. Батуев. - СПб: Питер, 3-е издание, 2008.
- 3 Гапанович, В.Я., Александров, В.М. Оториноларингологический атлас. — Минск, 1989.
- 4 Нейман Л.В., Богомольских М.Р. Анатомия, физиология и патология органов слуха и речи. - М., 2003.
- 5 Шипицына, Л.М. Анатомия, физиология и патология органов слуха, речи и зрения / Л.М. Шипицына, И.А. Вартанян. - М.: Академия, 2008.

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛУХОВОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ**

**Слух** - способность человека (живого организма) воспринимать звуки и ориентироваться по ним в окружающей среде. В основе слуха лежит деятельность *слухового анализатора*, который связан с другими анализаторами и эфферентными системами.

Для человека особым чрезвычайно важным фактором формирования слуховой функции является *членораздельная речь*, акустические характеристики которой находят определенное отражение в соответствующих характеристиках слуха.

Как и для любой другой сенсорной системы, основной особенностью действия слуха является отражение внешнего мира в форме адекватного образа, т. е. в ушном случае — звукового.

Простейший *звуковой образ* содержит 3 параметра, определенно связанные с объективными характеристиками звуков:

- громкость (соответствует интенсивности),
- высота (соответствует частоте),
- тембр, или «окраска» (соответствует структуре звукового спектра).

Слух, как и зрение, имеет огромное значение в жизни человека. Слуховой анализатор адекватно отражает окружающую среду в таких условиях, когда работа зрительного анализатора затруднена: например, в условиях кислородного голодания на больших высотах, при воздействии больших положительных ускорений, в состоянии невесомости, в условиях ограниченной видимости и т. п.

К слуховым ощущениям относятся ощущения музыкальных звуков и шумов.

Музыкальные звуки вызываются *периодическими воздушными колебаниями*, шумы — *аперiodическими*.

Громкий *шум* неблагоприятно воздействует на организм человека и вызывает у него неприятные ощущения. Уровень шума измеряется шумомером и выражается в единицах интенсивности (дБ). Сильный производственный шум снижает работоспособность человека,

производительность труда, увеличивает вероятность развития неврозов, ухудшает зрение, вызывает головные боли и усталость, является причиной снижения внимания и увеличения времени реакции. Отрицательное воздействие шума возрастает с увеличением его интенсивности. Шум с переменной интенсивностью более вреден, чем шум постоянной интенсивности.

В соответствии с уровнем шума цеховые помещения делятся на очень шумные (выше 90 дБ), шумные (70-90 дБ) и малошумные (менее 70 дБ).

Длительное воздействие шума интенсивностью около 90 дБ снижает производительность труда на 30-66%. При уровне шума свыше 120 дБ необходимо использовать защитные шлемы.

Границей, выше которой нельзя допускать длительного воздействия шума на человека (без защитных приспособлений), является **135 дБ**.

Интенсивность **импульсного разового шума** не должна превышать 150 дБ. При работе в шумном помещении должны быть предусмотрены длительные интервалы тишины, необходимые для отдыха органов слуха и предотвращения слуховой усталости.

При умственной работе, требующей длительного сосредоточения, предельно допустимый уровень шума составляет 40 дБ. Если работа требует периодического использования телефона, уровень шума, измеренный около телефонного аппарата, не должен превышать 50-55 дБ, уровень шума в 75 дБ полностью исключает возможность использования телефонной связи (Т.П. Зинченко).

## СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СЛУХОВОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ.

<https://www.youtube.com/watch?v=c9UrneSZIX4>

**Слуховой анализатор** — совокупность соматических, рецепторных и нервных структур, деятельность которых обеспечивает восприятие человеком и животными звуковых колебаний.

Слуховой анализатор (слуховая сенсорная система) – второй по значению дистантный анализатор человека. Слух играет важнейшую роль именно у человека в связи с возникновением членораздельной речи. Акустические (звуковые) сигналы представляют собой колебания воздуха с разной частотой и силой. Они возбуждают слуховые рецепторы, находящиеся в улитке внутреннего уха. Рецепторы активируют первые слуховые нейроны, после чего, сенсорная информация передаётся в слуховую область коры большого мозга (височный отдел) через ряд последовательных структур.

Слуховой анализатор состоит из:

- периферического отдела (наружного, среднего и внутреннего уха),
- проводникового отдела (слуховой нерв),
- центрального отдела (подкорковых и корковых отделов больших полушарий).

### Строение и функции уха

Часть уха	Строение	Функции
<b>Наружное ухо</b>	Ушная раковина, наружный слуховой проход, барабанная перепонка	Защитная (выделение серы). Улавливает и проводит звуки. Звуковые волны колеблют барабанную перепонку, а она – слуховые косточки.

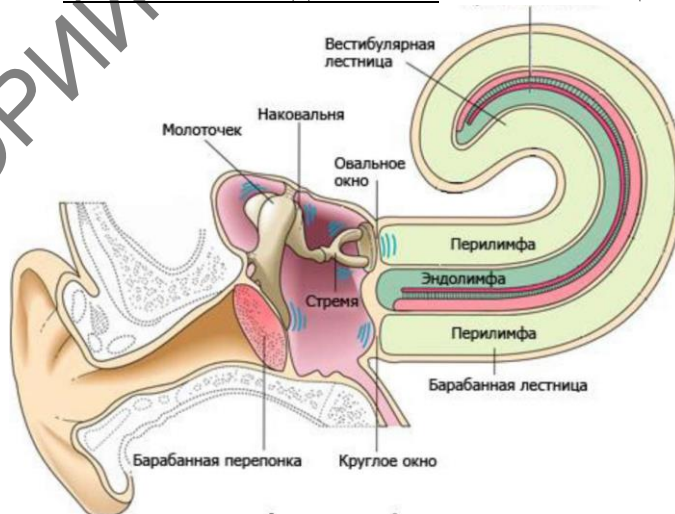
<b>Среднее ухо</b>	Полость, заполненная воздухом, в которой находятся слуховые косточки (молоточек, наковальня, стремечко) и евстахиева (слуховая) труба	Слуховые косточки проводят и усиливают звуковые колебания в 50 раз. Евстахиева труба, соединённая с носоглоткой, обеспечивает выравнивание давления на барабанную перепонку
<b>Внутреннее ухо</b>	Орган слуха: овальное и круглое окна, улитка с полостью, заполненной жидкостью, и кортиев орган – звуковоспринимающий аппарат	Слуховые рецепторы, находящиеся в кортиевом органе, преобразуют звуковые сигналы в нервные импульсы, которые передаются на слуховой нерв, а затем в слуховую зону коры больших полушарий
	Орган равновесия (вестибулярный аппарат): три полукруглых канала, отолитовый аппарат	Воспринимает положение тела в пространстве и передаёт импульсы в продолговатый мозг, затем в вестибулярную зону коры больших полушарий; ответные импульсы помогают поддерживать равновесие тела

#### ❖ Периферический отдел

**Орган слуха (ухо)** – это периферический отдел слухового анализатора, в котором расположены слуховые рецепторы. Ухо является усилителем и преобразователем звуковых колебаний.

Когда ушная раковина собирает звуковые волны, они отражаются в ее складках, затем проникают в наружное слуховое отверстие и ударяются о барабанную перепонку вызывая ее колебания. Эта перепонка начинает колебаться с определенной частотой и высотой. Колебания барабанной перепонки передаются на цепь слуховых косточек, расположенных в среднем ухе.

Через **барабанную перепонку**, представляющую собой эластичную мембрану, и **систему передаточных косточек** — **молоточек, наковальню и стремечко** — звуковая волна доходит до внутреннего уха, вызывает колебательные движения в заполняющей его жидкости.



Наружное ухо | Среднее ухо | Внутреннее ухо

**Рис. Строение периферического отдела слухового анализатора**

**Внутреннее ухо**, или улитка, представляет собой спиралеобразный ход, состоящий из 2,5 витков. Заполняющая улитку жидкость — пери- и эндолимфа — практически несжимаема.

Рецепторную функцию выполняет Кортиев орган, находящийся в улитке во внутреннем ухе.

**Кортиев орган** - это система волосковых высокочувствительных рецепторных клеток, которые преобразуют различные параметры звука (интенсивность, частоту, длительность) в активность периферических и центральных слуховых нейронов, на основе чего строится субъективное восприятие характеристик звука (громкость, высота, продолжительность).

**Волосковые клетки улитки** являются основными аппаратами слуховой рецепции. Реагируя на колебания эндолимфы, они превращают улавливаемые звуковые колебания в нервные импульсы, передающие акустическую информацию по волокнам слухового нерва.

- ❖ **Проводниковый отдел** представлен слуховыми нервами, направляющимися в центральный (корковый) отдел, расположенный в височных долях коры больших полушарий.

Возбуждение, возникающее в волокнах слухового нерва, направляется к центральным отделам нервной системы.

Существенным отличием корковых отделов слухового анализатора от зрительного является то, что здесь нет изолированного представительства каждого уха или его части в противоположном полушарии. Моноуральные волокна направляются к обоим полушариям, и поэтому повреждение одной (напр., правой) извилины Гешля приводит лишь к незначительному снижению слуха, в несколько большей степени проявляющемуся в противоположном (левом) ухе.

- ❖ **Корковый отдел слухового анализатора** - кора височной доли больших полушарий. Поступившие нервные импульсы преобразуются в виде звуковых ощущений.

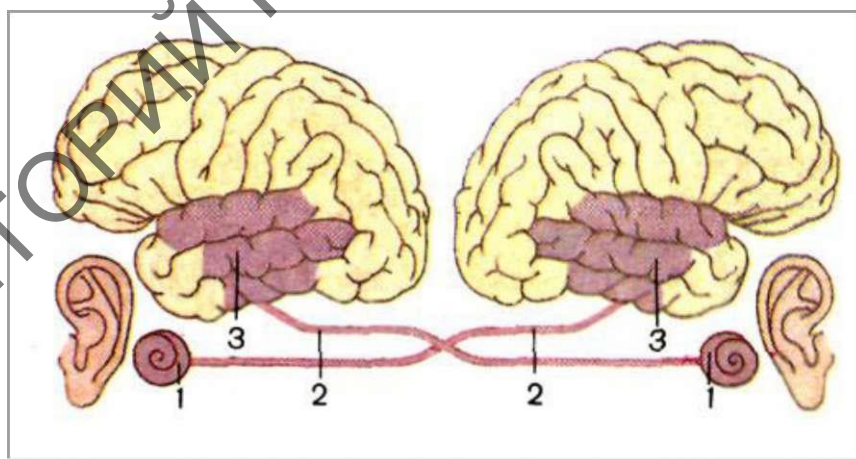


Рис. Схема слухового анализатора человека:

- 1 - слуховые рецепторы кортиева органа;
- 2 - слуховые нервы;
- 3 - мозговые концы слухового анализатора в височной области коры больших полушарий.

Над первичными отделами слуховой коры (в извилине Гешля) надстроены **вторичные отделы слуховой коры**. Они находятся на наружной поверхности височной области, в пределах верхней височной извилины (поле 22-е, по Бродману). Они обеспечивают сложные формы анализа и синтеза звуковой информации, делая возможным восприятие музыкальных и речевых звуков.

Поражение вторичных отделов слуховой коры не приводит к снижению остроты слуха и выпадению восприятия простых звуков, но вызывает нарушение различения мелодий в одних случаях или сложно построенных звуков речи в др.

**Бинауральный слух.** Человек и животные обладают пространственным слухом, т.е. способностью определять положение источника звука в пространстве. Это свойство основано на наличии двух симметричных половин слухового анализатора (бинауральный слух).

Острота бинаурального слуха у человека очень высока: он способен определять расположение источника звука с точностью порядка 1 углового градуса. Физиологической основой этого служит способность нейронных структур слухового анализатора оценивать интерауральные (межушные) различия звуковых стимулов по времени их прихода на каждое ухо и по их интенсивности. Если источник звука находится в стороне от средней линии головы, звуковая волна приходит на одно ухо несколько раньше и большей силы, чем на другое. Оценка удалённости звука от организма связана с ослаблением звука и изменением его тембра.

## НАРУШЕНИЕ СЛУХОВОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ

**Нарушение слуха** - полное (глухота) или частичное (тугоухость) снижение способности обнаруживать и понимать звуки. Нарушением слуха может страдать любой организм, способный воспринимать звук. Звуковые волны различаются по частоте и амплитуде.

Вызывается широким спектром биологических и экологических факторов. Причинами могут быть:

- ✓ заболевания внутреннего уха и слухового нерва,
- ✓ воспаление среднего уха или некоторые инфекционные болезни — менингит, грипп и др.,
- ✓ травма,
- ✓ продолжительное воздействие сильного шума и вибраций.

Дефекты: громкость, обнаружение частот, распознавание звуков

Минимальная громкость, которую может воспринять индивидуум, называется **порогом слышимости**.

В случае людей и некоторых животных, эту величину можно измерять с помощью **поведенческих аудиограмм**. Делается запись звуков от самых тихих к более громким звукам различных частот, которые должны вызывать определённую реакцию проверяемого. Также существуют электрофизиологические тесты, которые могут быть осуществлены без изучения поведенческих реакций.

Нормальный порог чувствительности для различных частот не является постоянной величиной - существует «настройка» на многих уровнях слуховой системы, начиная со строения уха и заканчивая нервами и участками мозга, ответственными за обработку звуков.

У людей термин «нарушение слуха» обычно употребляется к тем, кто частично или полностью потерял способность различать звуки на частотах человеческой речи. Степень нарушения определяется по тому, насколько громче по сравнению с нормальным уровнем должен стать звук, чтобы слушатель начал его различать. В случаях глубокой глухоты слушатель не может различить даже самые громкие звуки, издаваемые аудиометром.

Ещё одним параметром, по которому может развиваться нарушение слуха, является **качество звука**. У людей такие нарушения обычно выявляются тестами на распознавание речи (то есть речь должна быть не только услышана, но и понята). Нарушение распознавания звуков отдельно от общего ослабления слуха встречается крайне редко.

Нарушения слуха можно классифицировать по:

- типу,
- степени,
- моменту наступления.

Также, нарушения слуха могут происходить как с одним ухом, так и с обоими.

### **Кондуктивные и нейросенсорные (сенсоневральные) нарушения**

**Кондуктивная тугоухость** - это нарушение слуха, при котором затруднено проведение звуковых волн по пути: наружное ухо — барабанная перепонка — слуховые косточки среднего уха — внутреннее ухо.

«К звукопроводящему аппарату относят наружное и среднее ухо, а также пери- и эндолимфатические пространства внутреннего уха, базилярную пластинку и преддверную мембрану улитки». При кондуктивной тугоухости проведение звуковой волны блокируется ещё до того, как она достигнет сенсорно-эпителиальных (волосковых) клеток кортиева органа, связанных с окончаниями слухового нерва возможно сочетание. Когда структуры наружного или среднего уха перестают правильно передавать звуковой сигнал во внутреннее ухо, результатом становится кондуктивное снижение слуха. Обычно такой тип тугоухости обратим и может быть скорректирован путём хирургической операции или другими методами.

Причинами являются инфекции уха, повреждение уха, например перфорация барабанной перепонки, а также серная пробка. Инфекции уха нередко встречаются у детей, поэтому родителям очень важно регулярно проверять слух и знать признаки тугоухости.

Проводящая потеря слуха возникает, когда внешнее или среднее ухо (или оба сразу) не проводят звук так, как должны это делать. Так как звук может быть воспринят нормально функционирующими ушным каналом, барабанной перепонкой и ушной косточкой, то такое нарушение слуха бывает лишь частичным и вызывает незначительное ухудшение восприятия звуков. Порог слышимости при проблемах с внешним или средним ухом не превышает 55-60 дБ. В общем случае, при проводящей потере слуха распознавание речи не ухудшается при условии достаточно больших значений громкости, чтобы слушатель мог услышать речь.

**Нейросенсорное нарушение** слуха происходит из-за потери чувствительности спирального органа улитки внутреннего уха или нарушений в работе слуховых нервов. Такие нарушения могут приводить к тугоухости всех степеней — от лёгкой до тяжёлой — и даже к полной глухоте.

Нейросенсорная (сенсоневральная) тугоухость возникает, когда внутреннее ухо перестаёт нормально обрабатывать звук. Это вызывается различными причинами.

1) Самой распространённой причиной является **поражение волосковых клеток улитки** из-за громкого звука и/или возрастных процессов. Когда волосковые клетки нечувствительны, звуки не передаются нормальным образом на слуховой нерв головного мозга.

Сенсоневральная потеря слуха занимает 90 % от всех случаев тугоухости. Несмотря на то, что сенсоневральная тугоухость необратима, можно избежать большего вреда, используя при громком звуке ушные заглушки или слушая музыку на меньшей громкости. Нарушение

слуха от долговременного воздействия шума обычно действует на частотах около 4000 Гц. Портативные проигрывающие устройства могут вызывать сильные нарушения слуха. Люди, проживающие около аэропортов или оживлённых шоссе подвергаются постоянному звуковому облучению интенсивностью 65—75 дБ.

2) **Инттоксикационное поражение** слухового анализатора является причиной нейросенсорной тугоухости примерно у 20% больных.

Повреждающее воздействие на слуховой анализатор оказывают различные лекарственные препараты: в первую очередь ототоксические антибиотики (антибиотики аминогликозидного ряда - стрептомицин, гентамицин, мономицин, неомицин, канамицин, тобрамицин, амикацин, нетилмицин), цитостатики (эндоксан, цисплатин и др.), хинин и его производные, «петлевые» диуретики (лазикс, бринальдикс, урегит, этакриновая кислота), производные ацетилсалициловой кислоты.

Причиной поражения слухового анализатора могут быть бытовые (никотин, алкоголь) и промышленные (бензин, ртуть, мышьяк и др.) токсичные вещества. Следует отметить, что ототоксический эффект проявляется в первую очередь у больных с нарушением функции печени и почек, а также у детей первых лет жизни и лиц пожилого и старческого возраста.

3) Среди **инфекционных заболеваний**, при которых могут развиваться поражения слуха, следует отметить, прежде всего, вирусные инфекции: грипп, паротит, корь, краснуха, герпетическое поражение. Затем следуют эпидемический переносный менингит, скарлатина, тифы, сифилис. При инфекционном поражении изменения локализуются преимущественно в рецепторных клетках внутреннего уха и слуховом нерве. Различные виды инфекции отличаются своеобразием патологических изменений.

4) Разнообразные **травматические воздействия** (механическая, аку-, вибро-, баротравма, воздушная контузия) также могут быть причиной нейросенсорной тугоухости. При механической травме может возникнуть перелом основания черепа с трещиной пирамиды височной кости, при этом повреждается VIII черепной нерв. Интенсивный шум и вибрация при длительном воздействии могут привести к поражению рецепторных клеток прежде всего в основном завитке улитки. Сочетанное воздействие обоих факторов дает неблагоприятный эффект в 2,5 раза чаще, чем один шум или вибрация.

5) **Возрастная тугоухость** (пресбиакузис) развивается как следствие дегенеративных и атрофических процессов в улитке и спиральном ганглии, в улитковых ядрах, а также в слуховой зоне коры головного мозга. Большую роль в развитии процессов возрастной инволюции играют атеросклеротические изменения сосудов, в частности в спиральной связке. Возрастные изменения слуха начинаются уже с 30-летнего возраста, но быстрее прогрессируют после 50 лет.

6) **Заболевания внутреннего уха**. Во внутреннем ухе располагается рецепторный аппарат двух важнейших анализаторов - вестибулярного и слухового. Независимо от природы заболевания внутреннего уха вовлечение в патологический процесс этих рецепторов сопровождается соответственно вестибулярной и кохлеарной симптоматикой, которая довольно эффективно регистрируется с помощью разнообразных субъективных и объективных методов.

Кохлеовестибулярные расстройства могут проявляться приблизительно равным нарушением слуховой и вестибулярной функций или могут быть диссоциированными, когда превалирует нарушение какой-либо одной из двух главных функций ушного лабиринта. Принято также деление периферических лабиринтных расстройств на воспалительные и невоспалительные.

В широком смысле нейросенсорная (звукоспринимающая, перцептивная) тугоухость - это поражение различных нейросенсорных отделов слухового анализатора - от кохлеарных рецепторов до слуховой зоны коры головного мозга.

На долю нейросенсорной тугоухости приходится около 3/4 всех страдающих расстройством слуха больных. В зависимости от уровня поражения (нейросенсорного отдела) слухового анализатора различают кохлеарную (рецепторную, периферическую), ретрокохлеарную (поражение спирального ганглия или VIII нерва) и центральную (стволовая, подкорковая и корковая) тугоухость.

Клиническая картина. При нейросенсорной тугоухости типичны жалобы больного на снижение слуха и субъективный шум в ушах различной высоты и интенсивности. В некоторых случаях к этим жалобам присоединяется головокружение и расстройство равновесия. Шум при нейросенсорной тугоухости обычно высокочастотный (писк, свист, звон и др.), иногда он очень беспокоит больного и становится его основной жалобой. Снижение слуха может наступить внезапно, среди полного здоровья, без каких-либо предвестников в виде заложенности и шума. Происходит неожиданная или точнее мгновенная потеря слуха (как обрыв провода) и тогда говорят о внезапной нейросенсорной тугоухости. Принято считать, что ее развитие происходит в течение 12 ч. и связано с вирусной инфекцией. Прогностически эта форма тугоухости более благоприятна, чем острая нейросенсорная тугоухость.



## Семинары

Вопросы для обсуждения:

Периферический отдел слуховой сенсорной системы: основные части, функциональное значение.

Наружное ухо: ушная раковина, наружный слуховой проход. Строение, значение, возрастные особенности. Барабанная перепонка. Строение, значение, возрастные особенности.

Среднее ухо: барабанная полость, слуховые косточки, слуховые мышцы, слуховая труба, сосцевидный отросток. Строение, значение.

Внутреннее ухо: костный и перепончатый лабиринт. Кортнев орган, строение, значение.

Характеристика проводникового и коркового отделов слухового анализатора.

Звукопроводение и звуковосприятие. Механизм проведения звуковых колебаний, механизм восприятия звука. Звукопроводящий отдел слухового анализатора.

Звуковосприятие: теории слуха (резонансная, гидродинамическая, микрофонного эффекта улитки, цитохимическая).

Вестибулярный анализатор: происхождение, расположение и особенности развития. Строение вестибулярного анализатора. Возрастные особенности слухового и вестибулярного анализаторов.

## Литература

Нейман Л.В., Богомольских М.Р. Анатомия, физиология и патология органов слуха и речи. - М., 2003. Шипицына, Л.М. Анатомия, физиология и патология органов слуха, речи и зрения / Л.М. Шипицына, И.А. Варганян. - М.: Академия, 2008.



Рис. Схема строения органа слуха

ТАБЛИЦА. Периферический аппарат системы слуха

Название	Структура	Функции
<b>Наружное ухо</b>	Состоит из ушной раковины, построенной из хрящевой ткани и наружного слухового прохода, идущего до среднего уха и богатого железами, выделяющими ушную серу, которая скапливается в наружном ухе и с которой выводится наружу пыль и грязь. Наружный слуховой проход имеет длину до 2,5 см, ширина около 1 см. На границе между наружным и средним ухом натянута барабанная перепонка. Ее толщина у человека около 0,1 мм.	Наружное ухо выполняет функцию акустической антенны, которая улавливает звуковые колебания, а наружный слуховой проход - волновода, по которому эти колебания распространяются к барабанной перепонке.

<p><b>Среднее ухо</b></p>	<p>Полость среднего уха заполнена воздухом. Оно представлено барабанной полостью неправильной формы и емкостью 0,75 см<sup>3</sup>, расположенную внутри височной кости. Оно сообщается с носоглоткой с помощью слуховой (евстахиевой) трубы и имеет цепь сочлененных маленьких костей - молоточек, наковальню и стремечко.</p>	<p>Слуховые косточки передают точно и в усиленном виде колебания барабанной перепонки до овального окна во внутреннем ухе. Евстахиева труба, соединяющая среднее ухо с глоткой, необходима для выравнивания давления в среднем ухе с давлением окружающей среды.</p>
<p><b>Внутреннее ухо</b></p>	<p>Улитка внутреннего уха представляет собой замкнутую с одной стороны костную трубку, свернутую в спираль. Просвет этой трубки разделен двумя перепончатыми мембранами - рейснеровой и базилярной на три продольных канала (лестницы). Лестницы заполнены жидкостью (перилимфой или эндолимфой). Две лестницы - вестибулярная и барабанная - соединяются друг с другом в дистальной части улитки, которая называется «геликотрема». Вестибулярная лестница открывается в среднее ухо овальным окном, которое закрыто плоской частью стремечка. Барабанная лестница открывается в среднее ухо круглым окном, которое затянато эластичной мембраной.</p>	<p>Рецепторы Кортиева органа внутреннего уха воспринимают звук и превращают его в нервный импульс, который передается по волокнам слухового нерва в височную зону коры больших полушарий. В слуховой зоне коры мозга нервные импульсы трансформируются в слуховые ощущения.</p>

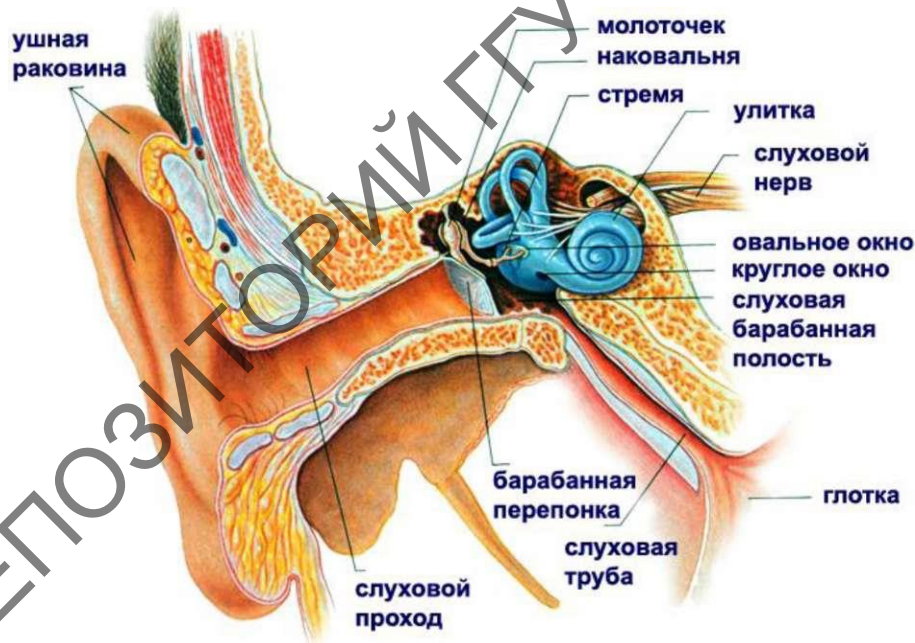


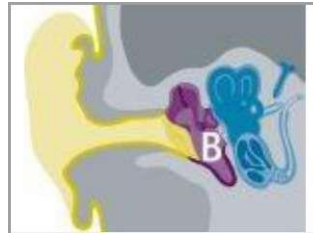
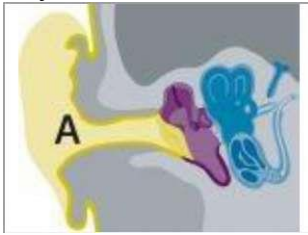
Рис. Строение периферического отдела слухового анализатора

## НАРУШЕНИЯ СЛУХА

Снижение слуха, вызванное повреждением наружного или среднего уха, называется *кондуктивной тугоухостью*.

Повреждение внутреннего уха - *сенсоневральная тугоухость*.  
Сочетание двух вышеупомянутых типов носит название *смешанной тугоухости*.

Глухота - частая патология.



Причины ухудшения слуха:

1. Причины потери слуха в наружном ухе. Наиболее частые проблемы во внешнем ухе (A) включают избыточное накопление ушной серы и воспалительные процессы наружного слухового прохода. Обычно лечение этих заболеваний не вызывает сложностей. Но важно действовать быстро, чтобы избежать повреждения слуха.

2. Причины потери слуха в среднем ухе. Перфорация барабанной перепонки, воспалительные процессы, отосклероз (кальцификация вокруг стремечка, ограничивающая его движение) - наиболее распространенные причины нарушения функциональности среднего уха (B). Многие заболевания наружного и среднего уха успешно лечатся медикаментозно или хирургически. В случаях, когда лечение не оказывается эффективным, остаточный слух возможно улучшить с помощью слухового аппарата.

3. Причины потери слуха во внутреннем ухе. Большинство проблем со слухом возникает из-за повреждения структур внутреннего уха (C). Типичными причинами этого являются: чрезмерное воздействие шума, токсическое действие лекарств, процесс естественного старения организма и травмы головы. Происходит повреждение тонких волосковых клеток, что влияет на передачу сигналов к слуховому нерву. Как правило, такие нарушения необратимы, но компенсируются слуховым аппаратом.

4. Ретрокохлеарные повреждения. При этом внутреннее и среднее ухо не повреждены. Поражены либо центральная часть первичных афферентных слуховых волокон, либо другие компоненты слухового тракта (например, при опухоли мозга).