

Формулы Фармации. 2022. Т. 4, № 4. С. 60–72

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Лекция

УДК 616.28-008.177

DOI: <https://doi.org/10.17816/phf253138>

## Современные технологии диагностики и лечения заболеваний органов слуха

(Лекция для фармацевтов – по направлению подготовки 38.03.07 «Товароведение»)

© 2022. А. И. Тюкавин<sup>1</sup>, А. В. Соломенников<sup>1</sup>, С. З. Умаров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский химико-фармацевтический университет Минздрава России,  
Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Тюкавин Александр Иванович, [alexander.tukavin@pharminnotech.com](mailto:alexander.tukavin@pharminnotech.com)

**АННОТАЦИЯ.** В лекции описана морфофункциональная организация звукопроводящих и звуково-спринимаящих структур слухового анализатора. Обсуждаются наиболее распространенные виды патологии, которые приводят к нарушениям функций органа слуха. Освещены причины и механизмы развития двух основных видов нарушений слуха – кондуктивной и нейросенсорной тугоухости. Показаны современные аппаратные комплексы и оперативные технологии, которые используются для диагностики и лечения кондуктивных расстройств слуха. Освещены причины и механизмы нейросенсорной тугоухости. Описаны микроэлектронные устройства (кохлеарные импланты) и технология их трансплантации в пораженный орган слуха. Дана характеристика слуховых аппаратов, которые наиболее часто специалисты рекомендуют пациентам различного возраста с нарушением слуха.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** болезни органа слуха; кондуктивная и нейросенсорная тугоухость; слуховые аппараты; кохлеарные импланты

### СОКРАЩЕНИЯ:

КТ – компьютерная томография; МРТ – магнитно-резонансная томография; НСТ – нейросенсорной тугоухости.

## ВВЕДЕНИЕ

Внешние и внутренние раздражители человек воспринимает с помощью чувствительных (сенсорных) систем. При наличии существенных морфофункциональных различий сенсорные системы имеют единую организацию – периферический (рецепторный) отдел, проводниковый отдел (нервные волокна), корковый отдел, отвечающий за восприятие раздражителя и распознавание образа. Орган слуха, является периферическим элементом сенсорной системы, воспринимающей звук.

Слух – это способность специализированного органа человека, воспринимать колебания окружающей среды в звуковом диапазоне частот. Он тесно связан с функцией речи и необходим для голосовой связи и умения говорить. Слуховая сенсорная система – это второй по информационной значимости канал связи организма с внешней средой. Орган слуха анатомически и функционально тесно связан с органом равновесия. Последний как элемент вестибулярной сенсорной системы обеспечивает ориентацию человека в пространстве.

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОРГАНА СЛУХА

Орган слуха включает в себя наружное, среднее и часть внутреннего уха – улитку [1]. Орган равновесия расположен только во внутреннем ухе и включает такие части лабиринта, как преддверие и полукружные каналы (рис. 1).

**Наружное ухо** улучшает восприятие звуков, идущих в одном направлении. Оно представлено ушной раковиной и наружным слуховым проходом. Ушная раковина имеет форму воронки и состоит из эластического хряща. Она «собирает» звуковые колебания и направляет их в наружный слуховой проход. Наружный слуховой

проход представляет собой трубку длиной 20–25 мм, которая слепо заканчивается барабанной перепонкой. Поверхность наружного слухового прохода выстлана кожей, в которой расположены серные железы. Слуховой проход выполняет функцию звукового резонатора.

**Барабанная перепонка** – плотная мембрана, состоящая из соединительнотканых волокон, которая под действием звуковых волн совершает колебательные движения. Волокна мембраны не имеют общего направления и натянуты неравномерно. Вследствие этого она не обладает собственным периодом колебаний, что нивелирует неправильное восприятие звуковых волн, проходящих через наружный слуховой проход.

**Среднее ухо** расположено внутри височной кости и отделено от наружного слухового прохода барабанной перепонкой. В состав среднего уха входят барабанная полость (1 см<sup>3</sup>), слуховая (евстахиева) труба и ячейки костного отростка. Барабанная полость выстлана слизистой оболочкой и содержит три слуховые косточки и две мышцы.

**Слуховые косточки** – *молоточек*, *наковальня* и *стремечко* подвижно (суставами) соединены между собой. Молоточек с помощью своей рукоятки неподвижно связан с барабанной перепонкой, а основание стремечка закрывает овальное окно в преддверии костного лабиринта. (рис. 2).

Слуховые косточки передают звуковые колебания от барабанной перепонки во внутреннее ухо. За счет работы слуховых косточек как рычажной системы происходит 22-кратное увеличение общего давления на жидкость улитки по сравнению с силой давления звуковых волн на барабанную перепонку. При повреждении или отсутствии барабанной перепонки и слуховых косточек улитка

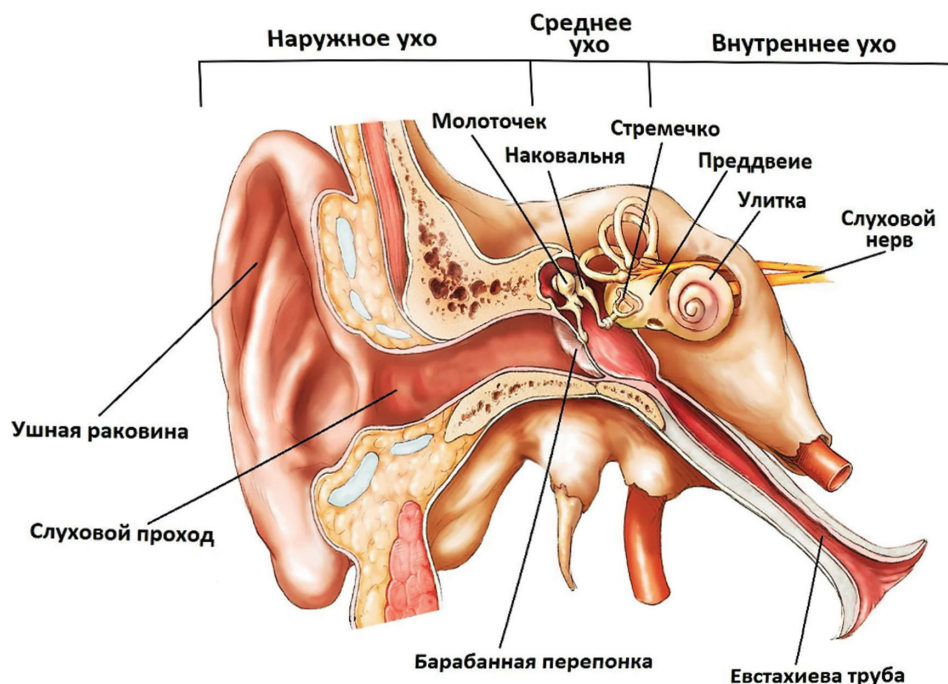


Рис. 1. Строение органа слуха  
Fig. 1. The structure of the organ of hearing

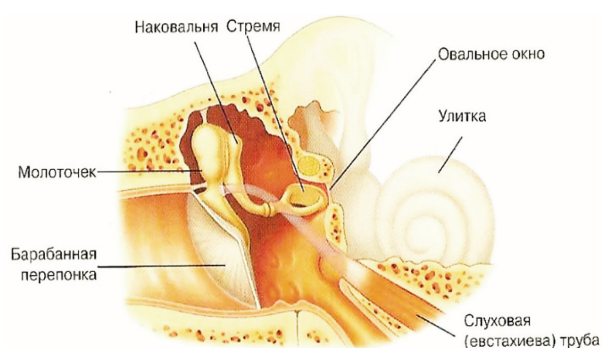


Рис. 2. Строение среднего уха  
Fig. 2. The structure of the middle ear

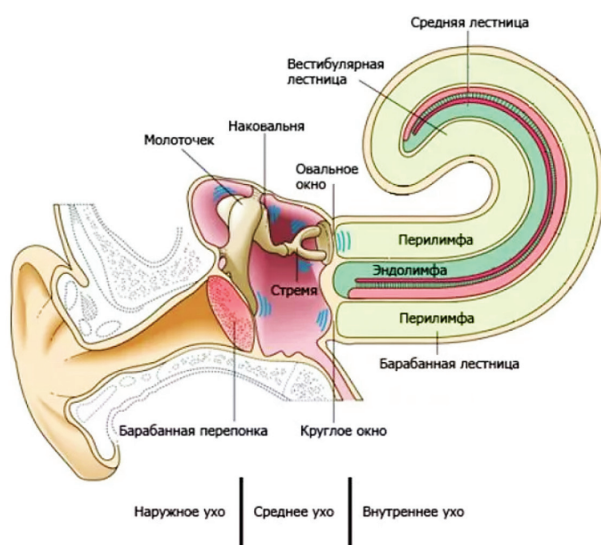


Рис. 3. Строение внутреннего уха  
Fig. 3. The structure of the inner ear

сохраняет способность воспринимать прямые звуковые сигналы. Слуховая чувствительность уха при этом резко снижается – умеренно громкий звук воспринимается как едва слышимый. Передача звуковых колебаний возможна и через кости черепа. При закрытом слуховом проходе звук будет слышен, если ножку звучащего камертона приложить к темени или сосцевидному отростку.

**Слуховая труба.** Барабанная полость соединена с носоглоткой слуховой (евстахиевой) трубой. Посредством евстахиевой трубы происходит выравнивание давления в барабанной полости с атмосферным давлением, что создает благоприятные условия для колебаний барабанной перепонки.

**Внутреннее ухо и восприятие звуков.** Внутреннее ухо представляет собой сложную по форме систему каналов, называемую лабиринтом, которые заполнены специальной жидкостью (рис. 3).

Улитка относится к органу слуха, а преддверие и костные полукружные каналы – к органу равновесия.

**Улитка** – это структура внутреннего уха, участвующая в восприятии звуковых колебаний и формировании слуха. Она представлена спиралевидной полостью в костном лабиринте, имеющего 2,5 завитка. Пространство лабиринта заполнено перилимфой, а внутри перепончатого лабиринта содержится эндолимфа (рис. 4).

**Кортиев орган.** Основным компонентом улитки является орган Корти (рис. 5). Он выполняет функцию аппарата восприятия звуковых колебаний и распределен вдоль перегородки, разделяющей жидкостные камеры в спиральной конической трубке. Звуковые колебания воздействуют на рецепторные волосковые клетки. Последние трансформируют механические колебания в электрические сигналы, которые вызывают возбуждение окончаний волокон слухового нерва.

От рецепторных клеток электрические импульсы по слуховому нерву направляются в кору головного мозга (рис. 6). Центры первичной слуховой коры формируют

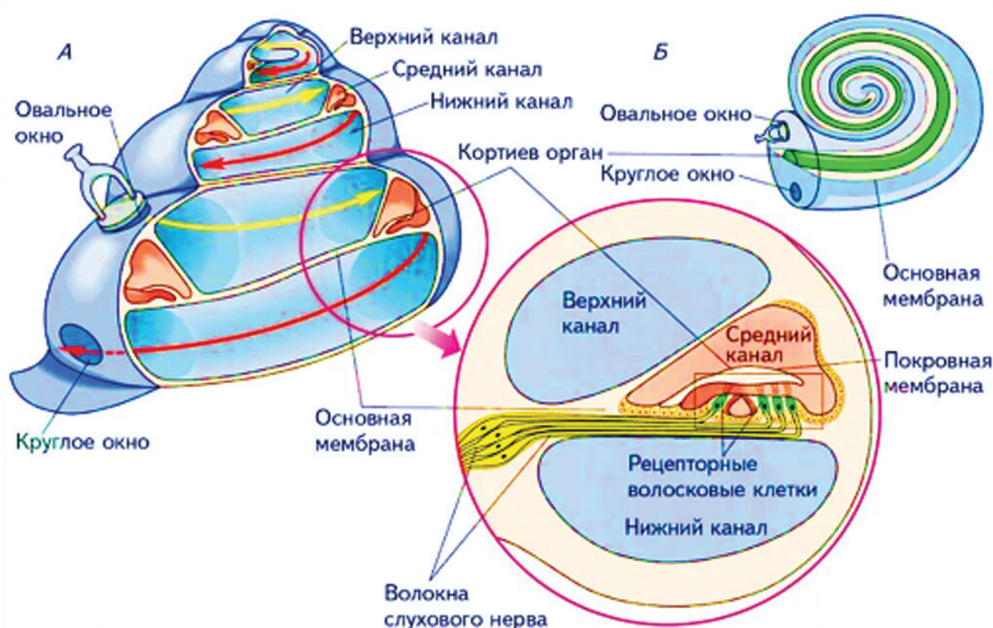


Рис. 4. Строение улитки. А – улитка; Б – поперечный разрез каналов  
Fig. 4. The structure of the cochlea. А – snail; Б – cross section of channels

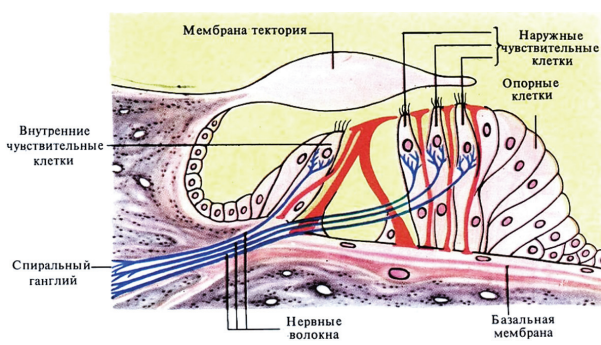


Рис. 5. Строение кортиева органа  
Fig. 5. The structure of the organ of Corti

способность человека локализовать звук и определять направление его смещения (*пространственный слух*), а также воспроизводить простые звуковые образы. Ассоциативные зоны слуховой коры головного мозга ответственны за распознавание значений слышимых слов (рис. 6).

**Звуковые ощущения.** Человек может воспринимать звуки с частотой колебаний максимум до 16–20 кГц. Минимальная сила звука, слышимого человеком, называется абсолютной слуховой чувствительностью. Пороги слышимости изменяются в зависимости от частоты звука. Максимальной чувствительностью слух людей обладает в области диапазона частот человеческого голоса – от 1 до 4 кГц.

## БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ СЛУХА

**Распространенность болезней органов слуха.** Тугоухость является третьим по распространенности заболеванием, уступая болезням сердца и суставов (артритам и артрозам). Около 500 млн человек в мире страдает нарушениями слуха, 34 млн из них составляют дети. По оценкам экспертов к 2050 году эти цифры увеличатся в два раза [2–4]. В Российской Федерации насчитывается около 200 тысяч инвалидов по слуху и слабослышащих граждан. По оценке Всероссийского общества глухих заметные проблемы со слухом имеются у 14,6 млн жителей России, что составляет 10% населения страны. Каждый третий человек старше 65 лет страдает от потери слуха в той или иной степени, а 90% пациентов с тугоухостью составляют люди старше 50 лет. После 50 лет показатель заболеваемости у мужчин в три раза больше, чем у женщин. В настоящее время в большинстве стран мира, в том числе и в РФ проверка слуха включена в обязательный перечень обследований новорожденных детей. Вместе с тем, около 15% российских школьников имеют нарушения слуха.

Нарушение слуха происходит как правило медленно. От момента появления первых симптомов патологии слуха до обращения к врачу-специалисту проходит в среднем 10–15 лет. В реальной жизни только 16% пациентов из числа тех, кому было рекомендовано ношение слухового аппарата, выполняют это назначение. Вместе с тем, в России дефицит этих устройств отсутствует. Ежегодно производится около 130 тыс. слуховых аппаратов (рис. 7).

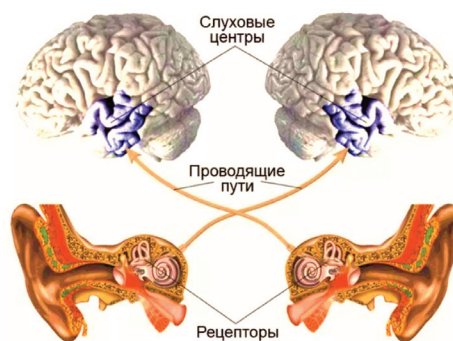


Рис. 6. Улитка и слуховая зона коры полушарий головного мозга  
Fig. 6. Cochlea and auditory cortex of the cerebral hemispheres

**Причины нарушения слуха.** Нарушения слуха бывают врожденными или приобретенными. Врожденные нарушения слуха могут быть следствием наследственной патологии, а также осложнениями беременности или родов. Приобретенные расстройства слуха возникают вследствие воспалительных заболеваний (например, *хронический отит, отосклероз* и других), действия ототоксичных антибиотиков, травм, а также возрастных изменений органа слуха.

**Степень снижения слуха.** Влияние нарушения слуха на качество жизни человека зависит от степени снижения его слуха. Выделяют 5 степеней снижения слуха и глухоту.

*I степень снижения слуха (слабая).* Человек не способен слышать тихие звуки, плохо понимает речь в шумной обстановке.

*II степень снижения слуха (умеренная).* Человек не способен слышать тихие звуки и звуки средней громкости, плохо понимает речь не только в шуме, но и в тишине, если собеседник говорит не громко.

*III степень снижения слуха (умеренно-тяжелая).* Человек не способен слышать большинство звуков. Понимает только очень громкую речь.

*IV степень (тяжелая).* Человек слышит только очень громкие звуки, общение без использования слухового аппарата практически невозможно.

*Глухота* – человек не воспринимает даже крик у уха, воспринимает очень громкие звуки на близком расстоянии (дрель, барабан, стук молотка) (табл. 1).

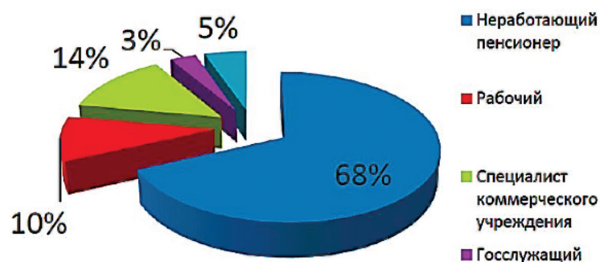


Рис. 7. Основной контингент приобретателей слуховых аппаратов  
Fig. 7. The main contingent of purchasers of hearing aids

Табл. 1.

Степени снижения слуха

Table 1.

Degrees of hearing loss			
Степень	Средние пороги слуха, дБ	Восприятие разговорной речи	Восприятие шепотной речи
Норма	0–25	Более 10 м	6 м
I	26–40	3–6 м	менее 2 м
II	41–55	менее 3 м	около уха
III	56–70	громкая речь у уха	нет
IV	71–90	крик у уха	нет
Глухота	Более 90	нет	нет

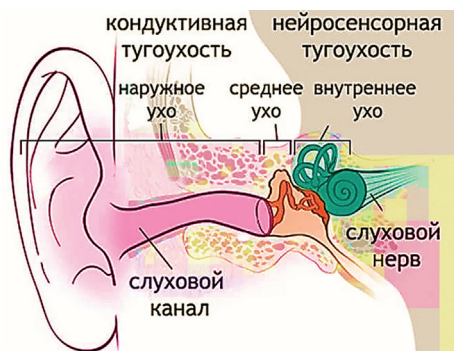


Рис. 8. Типы тугоухости и локализация поражения органа слуха  
Fig. 8. Types of hearing loss and localization of damage to the organ of hearing

**Типы нарушений слуха.** Нарушения слуха в основном связаны с повреждениями в наружном, среднем и внутреннем ухе. По механизму возникновения патологии различают несколько типов нарушения слуха – кондуктивную тугоухость (10%), нейросенсорная тугоухость (80%), смешанная форма тугоухости (10%) (рис. 8).

### КОНДУКТИВНАЯ ТУГОУХОСТЬ

В основе кондуктивной тугоухости лежит дисфункция звукопроводящей системы – внешнего слухового прохода, барабанной перепонки, полости среднего уха и слуховых косточек, эндолимфы или мембран улитки [2, 3, 4]. В общей структуре заболевания органа слуха почти в 70% случаев тугоухость возникает в результате поражений евстахиевой трубы, слухового канала или барабанной полости. В 2% эта патология звукопроводящей системы носит необратимый характер. По статистике

дети болеют в 13 раз реже взрослых. У представителей мужского и женского пола это патологическое состояние встречается с одинаковой частотой.

Искажения звуковых волн при их прохождении через внешнее и среднее ухо, эндолимфатическое пространство и мембраны улитки вызывают:

- серные пробки, инородные тела, опухоли, наружный отит, врожденная атрезия (отсутствие или заращение) слухового прохода, что ухудшают или делают невозможным восприятие звуков (рис. 9);
- нарушения целостности барабанной перегородки, затрудняющие передачу механических колебаний на слуховые косточки (рис. 10);
- нарушения хотя бы одного из звеньев цепочки передачи колебаний от барабанной перегородки к кортиевоу органу (отосклероз, хронический отит и др.) (рис. 11).

Важно отметить, при кондуктивной тугоухости функции кортиевого органа, слухового нерва и задних отделов верхней височной извилины, отвечающих за восприятие и обработку услышанного, как правило не нарушаются. За счет этого у больных сохраняется нормальная костная проводимость звуков.

**Симптомы кондуктивной тугоухости.** Основным симптомом заболевания является постепенная или резкая потеря остроты слуха (чувство «заложенности» ушей и др.). При этом собственный голос человек воспринимает громче окружающих звуков. Ухудшение слуха может быть односторонним и двухсторонним. При развитии тугоухости на фоне воспалительных заболеваний (внешний и средний отит и др.) снижение слуха сопровождается повышением температуры тела, болью в ухе. После своевременного и полноценного лечения острых видов патологии уха слух полностью или частично восстанавливается.



Рис. 9. Серная пробка  
Fig. 9. Sulfur plug

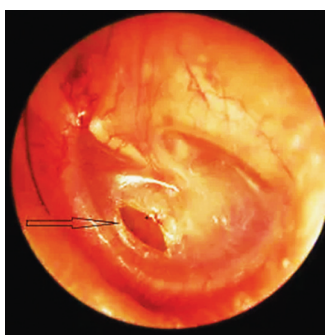


Рис. 10. Разрыв барабанной перепонки  
Fig. 10. Rupture of the eardrum

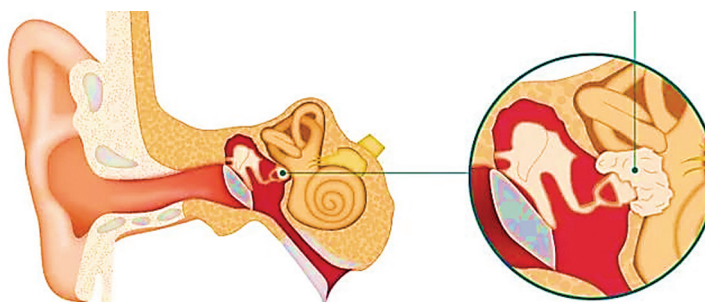


Рис. 11. Отосклероз  
Fig. 11. Otosclerosis

**Диагностика** при кондуктивной форме ухудшения слуха заключается в определении причины заболевания, объективном и инструментальном исследовании звукопроводящей системы уха. Для этого используются отоскопия, камертонные пробы, аудиометрию, тимпанометрию, а также лучевые методы диагностики.

**Отоскопия.** При объективном осмотре внешнего уха определяются воспалительные или структурные изменения слухового прохода, наличие серной пробки или инородного тела. Также этот метод позволяет изучить структуру барабанной перепонки и выявить ее выпячивания, ретракционные карманы или перфорацию (рис. 12).

**Камертональные пробы.** При кондуктивной тугоухости звучание камертона воспринимается громче при его расположении на сосцевидном отростке, чем возле ушной раковины. В ходе теста Вебера звучащий камертон устанавливается на теменную часть головы по срединной линии. При одностороннем кондуктивном нарушении слуха звуки камертона сильнее воспринимаются с пораженной стороны.

**Аудиометрия.** Позволяет выявить прогрессивное снижение кривой воздушной проводимости при условии сохранения нормальной функции звуковоспринимающего аппарата (рис. 13).

**Тимпанометрия** отображает нарастание акустического импеданса в среднем ухе (рис. 14). Под акустическим импедансом понимают сопротивление, которое оказывается прохождению звука (акустическая проводимость структурами наружного слухового прохода и среднего уха). Тест обладает наибольшей информативностью при поражении среднего уха с выделением большого количества транссудата.

**Лучевые методы диагностики.** Рентгенография височных костей, КТ и МРТ этой области применяются при низкой информативности всех вышеупомянутых методов исследования. Эти методики позволяют выявить anomalies строения слухового прохода, среднего и внутреннего уха, точно установить причину и форму тугоухости (рис. 15).

**Осложнения.** Развитие осложнений кондуктивной тугоухости определяется этиологией и длительностью течения заболевания. В большинстве случаев они связаны с переходом воспалительных заболеваний в хронические формы, которые приводят к повторным поражениям звукопроводящей системы. При вовлечении в процесс внутреннего уха, слухового нерва или



Рис. 12. Отоскопия  
Fig. 12. Otoscopy

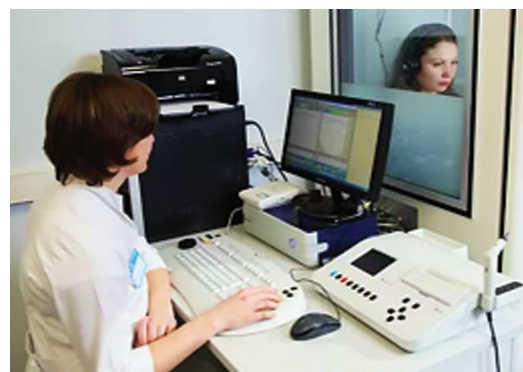


Рис. 13. Аудиометрия  
Fig. 13. Audiometry



Рис. 14. Тимпанометрия  
Fig. 14. Tympanometry

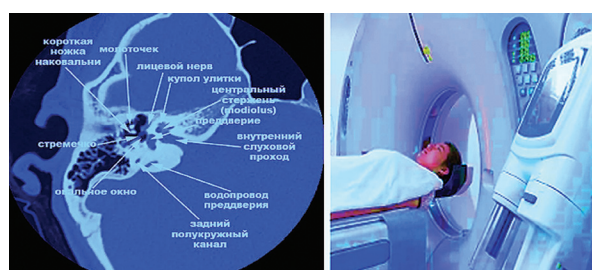


Рис. 15. МРТ-исследование среднего и внутреннего уха  
Fig. 15. MRI examination of the middle and inner ear



Рис. 16. Операционный микроскоп для ЛОР-хирургических операций

Fig. 16. Operating microscope for ENT surgery



Рис. 17. Протезирование слуховых косточек

Fig. 17. Prosthetics of the auditory ossicles

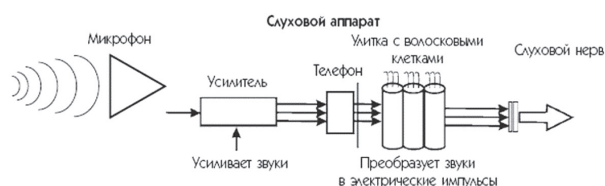


Рис. 18. Схема устройства слухового аппарата

Fig. 18. Diagram of the device of the hearing aid



Рис. 19. Пассивный прибор слухопротезирования

Fig. 19. Passive hearing aid

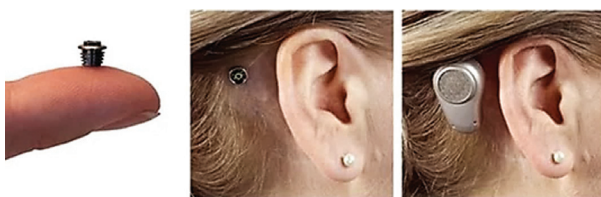


Рис. 20. Полуимплантированный прибор слухопротезирования

Fig. 20. Semi-implanted hearing aid

мозговых оболочек нарушается функция звуковоспринимающего аппарата, развивается нейросенсорная тугоухость и стойкая потеря слуха.

## Лечение кондуктивной тугоухости

Консервативные (фармакотерапия) и оперативные (хирургические) лечебные мероприятия при кондуктивной тугоухости направлены на устранение ведущего патогенетического фактора, нарушающего звукопроводение.

**Фармакотерапия.** Интенсивная антибиотикотерапия показана на ранних стадиях ухудшения слуха, возникшего в результате воспалительных заболеваний, например, внешнего или среднего отита. Как правило, используются антибиотики широкого спектра действия. При поражении слухового прохода показано промывание уха растворами антисептиков, назначение негормональных противовоспалительных средств (НПВС) или глюкокортикоидов.

**Оперативное лечение.** Хирургическая помощь направлена на извлечение инородного тела из уха, восстановление функций барабанной перепонки (тимпанопластика), дренирование барабанной полости, протезирование слуховых косточек, удаление гнойных масс из сосцевидного отростка и другие (рис. 16).

**Слухопротезирование.** Применение слуховых аппаратов показано при развитии изменений во внешнем или среднем ухе, не поддающихся лечению. Искусственное усиление воспринимающих звуков компенсирует функцию звукопроводящей системы, за счет чего к человеку возвращается способность слышать (рис. 17).

**Слуховые аппараты.** Можно выделить два основных подхода к усилению костной проводимости звуковых сигналов: пассивный и активный. Принцип работы слухового аппарата представлен на (рис. 18).

В пассивных системах костная проводимость увеличивается за счет плотности прилегания аппарата к кости черепной коробки (рис. 19).

При кондуктивной и смешанной тугоухости для слухопротезирования используют костный полуимплантируемый прибор. Установка прибора костной проводимости требует операции (рис. 20).

**Прогноз и профилактика.** Прогноз при кондуктивном нарушении слуха зависит от обратимости изменений в звукопроводящей системе. У большинства пациентов результатом лечения становится полное восстановление слуха до изначального уровня. В тяжелых случаях слух может возвращаться лишь частично. Специфических профилактических мер в отношении этих видов патологии органа слуха не разработано.

## НЕЙРОСЕНСОРНАЯ ТУГОУХОСТЬ

При нейросенсорной тугоухости (НСТ) происходит повреждение звуковоспринимающего аппарата органа слуха. Они возникают в следствие возрастных изменений внутреннего уха, в результате механических повреждений (травм), действия интенсивного шума, приема ототоксичных антибиотиков, инфекционных заболеваний (вирусных, бактериальных) и других патогенных воздействий. Повреждение рецепторов – чувствительных структур улитки является основной причиной развития СНТ вплоть до полной глухоты, оно носит как правило необратимый характер [5, 6].

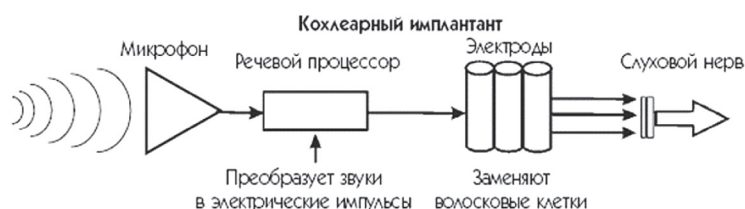


Рис. 21. Схема устройства кохлеарного импланта  
Fig. 21. Schematic diagram of a cochlear implant



Рис. 22. Кохлеарный имплант  
Fig. 22. Cochlear implant



Рис. 23. КТ-рентгенограмма пациента после кохлеарной имплантации  
Fig. 23. CT-radiograph of a patient after cochlear implantation

**Проявление.** Основным проявлением сенсоневральной тугоухости является снижение слуха. Кроме сниженного слуха при сенсоневральной тугоухости в 90% случаев присутствует ушной шум, иногда головокружения. Поражение рецепторов при сенсоневральной тугоухости чаще бывает двусторонним, реже односторонним.

**Диагностика** сенсоневральной тугоухости основана на сборе анамнеза, лор-осмотра, аудиометрического обследования (акуметрия, камертоновые тесты, тональная пороговая аудиометрия, импедансометрия). В случае одностороннего снижения слуха требуются тщательные аудиологическое и неврологическое обследования, а также проведение лучевой диагностики (Р-графия височных костей, МРТ головного мозга).

**Лечение сенсоневральной тугоухости** эффективное в случаях острой потери слуха в первые 3-е суток заболевания, далее до 1 месяца прогноз значительно ухудшается. В случае хронической сенсоневральной тугоухости (более 6 месяцев от начала заболевания) восстановление слуха невозможно. Для каждого пациента с сенсоневральной тугоухостью специалисты разрабатывают индивидуальный план лечения с учетом причины и длительности заболевания [5–7].

#### Слухопротезирование при сенсоневральной тугоухости

Единственным способом компенсации при значительной давности заболевания, глухоте и тяжелой двусторонней нейросенсорной тугоухости является слухопротезирование – кохлеарная имплантация (рис. 21).

Кохлеарный имплант состоит из внутренней и внешней части. Внутреннюю часть хирург вживляет в ухо глухого пациента. Внешняя часть с процессором располагается на ухе и/или голове пациента. Она улавливает звуки, речь и передает их через кожу головы во внутрен-

нюю часть. Импульсы, стимулируя слуховые нервы, а те, в свою очередь, передают полученные сигналы в мозг, который преобразует их в звуки. Пациент их слышит сразу же, как только они появляются (рис. 22).

**Кохлеарная имплантация** – это операция по установке специального электронного устройства («кохлеарного импланта»), которое улавливает звуки и преобразует их в электрические импульсы, направляемые во внутреннее ухо, что дает возможность слышать. Стандартная операция по установке кохлеарного импланта длится около 1,5 часа, в ходе которой устройство помещается в заушную зону, а электроды вводятся в улитку. После кохлеарной имплантации при подключении речевого процессора и настройки необходимо научить пациента воспринимать, различать звуки и использовать эти знания для развития речи. (рис. 23).

Кохлеарная имплантация включает не только хирургическую операцию вживления импланта во внутреннее ухо, но и послеоперационную слухоречевую реабилитацию.

#### СОВРЕМЕННЫЕ СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ

Слуховые аппараты предназначены для людей с нарушением слуха различной тяжести. Подбор устройства осуществляет врач-специалист. При отсутствии такой возможности функцию консультанта может выполнять квалифицированный провизор или товаровед.

Слуховые аппараты, отличаются по форме, размеру, способу принятия информации и количеству настроек. Принцип работы слуховых устройств одинаковый – он многократно усиливает поступающие сигналы и передает их непосредственно в ушной канал. Более продвинутые модели аппаратов очищают звук от посторонних шумов. На (рис. 24) представлены общий вид и основные узлы типового слухового аппарата.

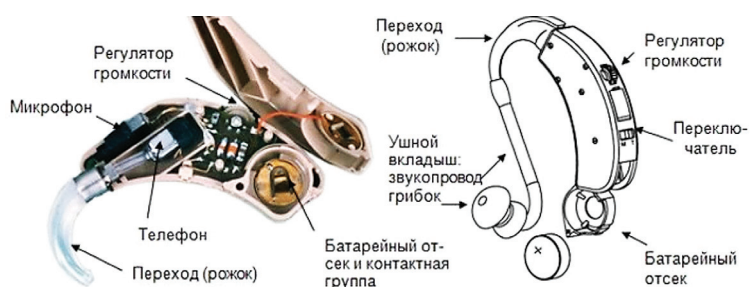


Рис. 24. Общий вид и основные конструктивные узлы слухового аппарата

Fig. 24. General view and main structural components of the hearing aid



Рис. 25. Внешний вид слухового аппарата, установленного в ушном проходе

Fig. 25. Appearance of the hearing aid installed in the ear canal



Рис. 26. Заушный слуховой аппарат  
Fig. 26. Behind the ear hearing aid



Рис. 27. Карманный слуховой аппарат  
Fig. 27. Pocket hearing aid



Рис. 28. Внутриканный слуховой прибор  
Fig. 28. In-ear hearing aid

**Внутриушные слуховые аппараты** – наиболее распространенный вид устройств в нашей стране. Главное их достоинство в компактности: они располагаются внутри ушной раковины, благодаря чему практически незаметны для окружающих (рис. 25).

Каждый такой слуховой аппарат изготавливается индивидуально по сделанному предварительно слепку уха пациента. Внешняя часть аппарата выполняется из пластика, стойкого к механическому повреждению. Внутри этого корпуса аппарата располагается микрофон, принимающий и передающий звуковые волны. Такие слуховые аппараты простые в эксплуатации. Более сложные по конструкции и эксплуатации модели улавливают и выделяют среди прочих звуков человеческую речь и усиливают именно ее, подавляя при этом посторонние.

Для предотвращения воспалительного процесса в ушном проходе рекомендуется регулярно чистить аппарат и обрабатывать ушной проход.

**Заушные слуховые аппараты** устанавливаются таким образом, что корпус устройства прячется за внутренней стороной ушной раковины. От аппарата сверху идет тонкая прозрачная трубка, заканчивающаяся вкладышем, который помещается в слуховой проход.

Аппарат компактный и практически незаметен для окружающих. Они имеют современный эргономичный дизайн и практически не ощущаются при ношении пациентами (рис. 26). Неоспоримыми преимуществами этого типа аппарата перед внутри ушными устройствами являются большее количество функций и возможность эксплуатации даже при тяжелых кондуктивных формах потери слуха.

**Карманные слуховые аппараты** имеют ряд неоспоримых преимуществ. В этих аппаратах практически устраняются электрические помехи. Все настройки расположены на корпусе аппарата. Благодаря этому удобно регулировать громкость воспринимаемого звука. Карманные аппараты обладают наибольшей мощностью и их, как правило, рекомендуют пациентам с наиболее тяжелыми нарушениями слуха. Карманные аппараты отличаются надежностью и долгим сроком эксплуатации (рис. 27).

**Внутриканный слуховые аппараты** – миниатюрные устройства, применяемые для приема звуковых волн. Они полностью размещаются в слуховом проходе и незаметны для окружающих. Снаружи остается лишь небольшой отрезок прозрачной нити, потянув за которую можно извлечь устройство. Эти модели изготавливаются в индивидуальном порядке по слепку ушного прохода пациента (рис. 28).

Внутриканный слуховые аппараты обладают рядом функциональных преимуществ. Они отчетливо передают окружающие звуки, исключая помехи и посторонние шумы. Аппараты комфортны в эксплуатации и могут не извлекаться из ушного прохода длительное время. Вместе с тем эти устройства не рекомендуется применять у детей до 12 лет и лиц пожилого возраста с нарушениями координации в пространстве.

**Невидимыми слуховыми аппаратами** являются глубоководные модели. По размеру они меньше внутриканных устройств и не занимают ушной проход полностью. Такие слуховые устройства полностью автоматизированы и имеют дистантное управление. Такие слуховые аппараты производятся только индивидуально (рис. 29).

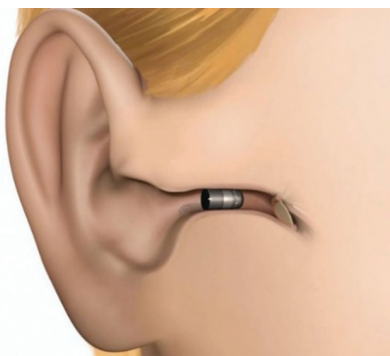


Рис. 29. Невидимый слуховой аппарат  
Fig. 29. Invisible hearing aid



Рис. 30. Аналоговый слуховой аппарат  
Fig. 30. Analog hearing aid



Рис. 31. Цифровой слуховой аппарат  
Fig. 31. Digital hearing aid

Невидимые слуховые аппараты абсолютно незаметны для окружающих, но их возможности ограничены умеренными стадиями потери слуха. Основными недостатками, присущими такому типу устройств, является высокая стоимость аппарата и многочисленные медицинские противопоказания.

**Аналоговые слуховые аппараты** реализуют акустическое усиление звуковых волн с использованием базового пакета программ. Аналоговые слуховые аппараты отличаются простотой настройки в домашних условиях (рис. 30).

Последнее особенно важно для представителей старшего поколения и лиц преклонного возраста. У аналоговых слуховых аппаратов имеется всего несколько регулировок, которые осуществляются механическим путем с помощью кнопок и ползунков, расположенных на корпусе [8].

**Цифровые слуховые аппараты** относятся к устройствам нового поколения. Благодаря цифровой обработке звуковых сигналов на выходе пациент получает чистое звучание без посторонних шумов (рис. 31).

Устройство располагает автоматическим или ручным выбором режимов, адекватным тем или иным акустическим условиям. Такой слуховой аппарат позволяет направленно распознавать речь или другого типа звуки. К недостаткам устройства в первую очередь следует отнести высокую стоимость по сравнению с аналоговыми моделями. Помимо этого, они сложны в эксплуатации для пожилых пациентов, не имеющих опыта работы с современными гаджетами [9].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление новых моделей слуховых аппаратов или кохлеарных имплантов является отражением научно-

технологического прогресса. Восприятие звука у пациентов постоянно совершенствуется, как и дизайн слуховых аппаратов. Однако очевиден и тот факт, что самые совершенные устройства не лечат кондуктивную и нейросенсорную тугоухость, но лишь протезируют функции звукопроводящего и звуковоспринимающего аппарата человека. Огромное число людей в мире благодаря слуховым аппаратам вернулись в мир окружающих нас звуков.

Однако, многие формы тугоухости в принципе не поддаются лечению, а технические средства при таких заболеваниях становятся не эффективными. Большие надежды медики и фармацевты связывают с развитием генной инженерией и использованием систем редактирования генома. В настоящее время выявлены специфические гены, которые, при их мутации, могут приводить к развитию тугоухости у новорожденных и в более позднем возрасте. В последние десятилетия большое внимание в лечении заболеваний органа слуха уделяется микробиогенным веществам, которые содержатся в микроколичествах в живых организмах, но способных нивелировать патогенное воздействие, например, свободных радикалов на слуховой нерв.

Нейросенсорные типы тугоухости часто связаны с повреждением рецепторов – волосковых клеток внутреннего уха, которые не обладают способностью к восстановлению после повреждения. Это является причиной необратимости тугоухости, вызванной повреждением рецепторного отдела слухового анализатора. Для решения этой проблемы ученые интенсивно занимаются исследованием генома млекопитающих, волосковые клетки которых способны регенерироваться.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дятлев В. П. Физиологические основы восприятия. В учебнике: Физиология с основами анатомии / под ред. А. И. Тюкавина, В. А. Черешнев, В.Н. Яковлева, И.В. Гайворонского – Москва: ИНФРА-М, 2016. – С. 487–530). – ISBN 9785160110028

2. Болезни уха, горла, носа в детском возрасте: Национальное руководство / Х. Т. Абдулкеримов, С. А. Артюшкин, Г. Д. Балясинская [и др.]. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Общество

с ограниченной ответственностью Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2021. – 1040 с. – ISBN 978-5-9704-6140-2.

3. Оториноларингология: национальное руководство / под ред. В. Т. Пальчуна. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 1024 с. (Серия «Национальные руководства») – ISBN 978-5-9704-7196-8. – Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970471968.html> (дата обращения: 12.12.2022)

4. Болезни уха, горла и носа: [практическое руководство] / Ханс Бербом, Оливер Кашке, Тадеус Навка, Эндрю Свифт; перевод с английского: В. Ю. Халатов. – 3-е изд. – Москва: МЕДпресс-информ, 2020. – 772 с.: ил., табл., цв. ил.; 22 см.; ISBN 978-5-00030-804-2
5. Петрова Н. Н. Современные взгляды на этиопатогенетическое лечение профессиональной сенсоневральной тугоухости / Н. Н. Петрова // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2010. – Т. 8, № 2. – С. 35–40.
6. Нарушения слуха и методы их коррекции / Я. Л. Щербак, Ю. К. Янов, В. Е. Кузовков, С. М. Мегрелишвили // Российская оториноларингология. – 2014. – № 6(73). – С. 104–110.
7. Вашкевич М. И. Косинусно-модулированные банки фильтров с фазовым преобразованием: реализация и применение в слуховых аппаратах / М. И. Вашкевич, И. С. Азаров, А. А. Петровский. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2014. – 210 с. – ISBN 978-5-9912-0437-8.
8. Толегенова А. С. Разработка слухового аппарата на основе микроконтроллера с индикатором уровня выходного сигнала / А. С. Толегенова, Б. Е. Хамзина, А. Б. Жантлесова // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 1–2. – С. 43–48.
9. Бионический протез уха: наступившее будущее / С. Д. Арутюнов, А. Г. Степанов, А. М. Еловиков [и др.] // Пермский медицинский журнал. – 2020. – Т. 37, № 4. – С. 91–100. – DOI 10.17816/pmj37491-100.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Александр Иванович Тюкавин** – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и патологии Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, alexander.tukavin@pharminnotech.com

**Александр Васильевич Соломенников** – д-р мед. наук, профессор кафедры физиологии и патологии Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, aleksandr.solomennikov@pharminnotech.com

**Сергей Закирджанович Умаров** – д-р фарм. наук, заведующий кафедрой медицинского и фармацевтического товароведения Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, sergei.umarov@pharminnotech.com

**Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.**

Статья поступила в редакцию 10.12.2022 г., одобрена после рецензирования 20.12.2022 г., принята к публикации 30.12.2022 г.

Pharmacy Formulas. 2022. Vol. 4, no. 4. P. 60–72

PHARMACEUTICAL LEARNING ACTIVITY

Lecture

# Modern technologies for the diagnostics and treatment of hearing diseases

(Lecture for pharmacists - in the field of training 38.03.07 "Commodity science")

© 2022. Alexander I. Tyukavin<sup>1</sup>, Alexander V. Solomennikov<sup>1</sup>, Sergei Z. Umarov<sup>1</sup><sup>1</sup>Saint Petersburg Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Alexander I. Tyukavin, alexander.tukavin@pharminnotech.com

**ABSTRACT.** The lecture describes the morphofunctional organization of the sound-conducting and sound-receiving structures of the auditory analyzer. The most common types of pathology that lead to impaired functions of the hearing organ are described. Causes and mechanisms of development of two main types of hearing impairment – conductive and sensorineural hearing loss are highlighted. Modern hardware complexes and operational technologies are shown, which are used for the diagnosis and treatment of conductive hearing disorders. Causes and mechanisms of sensorineural hearing loss are highlighted. Microelectronic devices (cochlear implants) and the technology of their transplantation into the affected hearing organ are described. The characteristics of hearing aids, which are most often recommended by experts to patients of various ages with hearing impairment, are given.

**KEYWORDS:** diseases of the organ of hearing; conductive and sensorineural hearing loss; hearing aids; cochlear implants

## REFERENCES

1. Dektjarev V. P. Fiziologicheskie osnovy vospriyatija. V uchebnike: Fiziologija s osnovami anatomii /pod. red. A. I. Tjukavina, V. A. Chereshev, V.N. Jakovleva, I. V. Gajvoronskogo – Moskva: INFRA-M, 2016. – S. 487–530). – ISBN 9785160110028. (In Russ.).
2. Diseases of the ear, throat, nose in childhood: National guidance / H. T. Abdulkirimov, S. A. Artyushkin, G. D. Balyasinskaya [and others]. – 2nd edition, revised and enlarged. – Moscow: Limited Liability Company Publishing Group «GEOTAR-Media», 2021. – 1040 p. – ISBN 978-5-9704-6140-2. (In Russ.).
3. Otorinolaringologija : nacional'noe rukovodstvo / pod red. V. T. Pal'chuna. - 2-e izd., pererab. i dop. - Moskva : GJeOTAR-Media, 2022. – 1024 s. (Serija "Nacional'nye rukovodstva") – ISBN 978-5-9704-7196-8. (In Russ.).
4. Bolezni uha, gorla i nosa : [prakticheskoe rukovodstvo] / Hans Berbom, Oliver Kashke, Tadeus Navka, Jendruj Svift ; perevod s anglijskogo: V. Ju. Halatov. - 3-e izd. - Moskva : MEDpress-inform, 2020. – 772 s. : il., tabl., cv. il.; 22 sm.; ISBN 978-5-00030-804-2.(In Russ.).
5. Petrova N. N. Modern views on the etiopathogenic treatment of occupational sensorineural hearing loss / N. N. Petrova // Reviews of clinical pharmacology and drug therapy. – 2010. – V. 8, No. 2. – S. 35-40. (In Russ.).
6. Hearing disorders and methods of their correction / Ya. L. Shcherbakova, Yu. K. Yanov, V. E. Kuzovkov, S. M. Megrelishvili // Russian otorhinolaryngology. – 2014. – No. 6(73). – S. 104–110. (In Russ.).
7. Vashkevich M. I., Azarov I. S., Petrovsky A. A. Cosine-modulated filter banks with phase transformation: implementation and application in hearing aids. – Moscow: Hotline-Telecom, 2014. – 210 p. – ISBN 978-5-9912-0437-8. (In Russ.).
8. Bionic ear prosthesis: the coming future / S. D. Arutyunov, A. G. Stepanov, A. M. Elovikov [et al.] // Perm Medical Journal. – 2020. – T. 37, No. 4. – S. 91-100. – DOI 10.17816/pmj37491-100. (In Russ.).
9. Tolegenova A. S. Development of a hearing aid based on a microcontroller with an output signal level indicator / A. S. Tolegenova, B. E. Khamzina, A. B. Zhantlesova // Science and Technology of Kazakhstan. – 2017. – No. 1–2. – S. 43–48. (In Russ.).

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Alexander I. Tyukavin** – Doctor of Medicine (MD), Professor, Head of the Department of Physiology and Pathology, Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia, alexander.tukavin@pharminnotech.com

**Alexander V. Solomennikov** – Doctor of Medicine (MD), Professor of the Department of Physiology and Pathology, Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia, aleksandr.solomennikov@pharminnotech.com

**Sergei Z. Umarov** – Doctor of Pharmacy, Professor, Head of the Department of Medical and Pharmaceutical Commodity Science, Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia, sergei.umarov@pharminnotech.com

**The authors declare no conflicts of interests.**

The article was submitted December 10, 2022; approved after reviewing December 20, 2022;  
accepted for publication December 30, 2022.