



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61B 5/12 (2026.01); H04R 25/00 (2026.01)

(21)(22) Заявка: 2025118450, 03.07.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.07.2025

Дата регистрации:  
27.02.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.07.2025

(45) Опубликовано: 27.02.2026 Бюл. № 6

Адрес для переписки:

123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2,  
ФГБУ "НМИЦО ФМБА России", отдел  
организации научных исследований

(72) Автор(ы):

Дайхес Николай Аркадьевич (RU),  
Григорьева Алла Александровна (RU),  
Мачалов Антон Сергеевич (RU),  
Канафьев Денис Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ОТОРИНОЛАРИНГОЛОГИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО  
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО  
АГЕНТСТВА" (ФГБУ НМИЦО ФМБА  
РОССИИ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: CN 720180 A2, 15.05.2024. CN  
118056411 A, 17.05.2024. US 2023389828 A1,  
07.12.2023. EP 4387271 A1, 19.06.2024. JP  
2022183121 A, 08.12.2022. RU 2722051 C1,  
26.05.2020. RU 2722108 C1, 26.05.2020. Арефьева  
Н.А. и др. Объективная диагностика  
частотных порогов слуха у детей раннего  
возраста // Российская оториноларингология.  
2016. No 6(85).

(54) Способ коррекции настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, а именно к способу коррекции настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита. При этом слухопротезированному пациенту проводят определение порогов воздушного звукопроводения по данным коротколатентных слуховых вызванных потенциалов. Оценивают поглощение акустического стимула звукопроводящими структурами слухового анализатора с использованием широкополосной

тимпанометрии. При появлении признаков экссудативного среднего отита проводят дополнительную оценку поглощения акустического стимула. Проводят расчет изменившихся порогов воздушного звукопроводения  $T_2$ . На основе полученных значений  $T_2$  осуществляют программную коррекцию настроек для компенсации потери слуха на фоне развития у него экссудативного среднего отита. При проведении широкополосной тимпанометрии для определения эквивалентного

объема наружного слухового прохода его герметично закрывают зондом с ушным вкладышем. В эту замкнутую полость подают зондирующий тон на частоте 500; 1000; 2000; 4000 Гц. В начале теста создают повышенное давление +200 мм вод. ст. Снижают давление до -600 мм вод. ст. со скоростью 150-600 мм вод. ст. в секунду в течение от 4 до 7 секунд. Измеряют изменение уровня звукового давления при плавном

снижении давления воздуха. Для оценки абсорбанса используют широкополосный стимул с интенсивностью 55-60 дБ. Достигается повышение точности и сокращение времени коррекции настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита. 6 ил., 11 табл., 1 пр.

R U 2 8 5 7 2 2 5 C 1

R U 2 8 5 7 2 2 5 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*A61B 5/12 (2026.01); H04R 25/00 (2026.01)*

(21)(22) Application: **2025118450, 03.07.2025**

(24) Effective date for property rights:  
**03.07.2025**

Registration date:  
**27.02.2026**

Priority:

(22) Date of filing: **03.07.2025**

(45) Date of publication: **27.02.2026** Bull. № 6

Mail address:

123182, Moskva, Volokolamskoe sh., 30, korp. 2,  
FGBU "NMITSO FMBA Rossii", otdel organizatsii  
nauchnykh issledovaniy

(72) Inventor(s):

**Dajkhes Nikolaj Arkadevich (RU),  
Grigoreva Alla Aleksandrovna (RU),  
Machalov Anton Sergeevich (RU),  
Kanafev Denis Mikhajlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**FEDERALNOE GOSUDARSTVENNOE  
BYUDZHETNOE UCHREZHDENIE  
"NATSIONALNYJ MEDITSINSKIJ  
ISSLEDOVATELSKIJ TSENTR  
OTORINOLARINGOLOGII FEDERALNOGO  
MEDIKO-BIOLOGICHESKOGO  
AGENTSTVA" (FGBU NMITSO FMBA  
ROSSII) (RU)**

(54) **METHOD FOR ADJUSTING SETTINGS OF HEARING AIDS IN HEARING-AIDED PATIENTS AGAINST BACKGROUND OF DEVELOPMENT OF EXUDATIVE OTITIS MEDIA**

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to a method for adjusting the settings of hearing aids in hearing-aided patients against the background of the development of exudative otitis media. At the same time, the hearing-aided patient undergoes determination of air conduction thresholds according to short-latency auditory evoked potentials. The absorption of the acoustic stimulus by the sound-conducting structures of the auditory analyser is assessed using wideband tympanometry. When signs of exudative otitis media appear, an additional assessment of the absorption of the acoustic stimulus is carried out. The changed air conduction thresholds  $T_2$  are calculated. Based on the obtained  $T_2$  values, software adjustment of the settings is carried out to compensate for hearing loss against the background of the development of exudative otitis media in him. When

performing wideband tympanometry to determine the equivalent volume of the external auditory canal, it is hermetically sealed with a probe with an ear insert. A probe tone at a frequency of 500; 1000; 2000; 4000 Hz is fed into this closed cavity. At the beginning of the test, an increased pressure of +200 mm water column is created. The pressure is reduced to -600 mm water column at a rate of 150-600 mm water column per second for a period of 4 to 7 seconds. The change in the sound pressure level with a smooth decrease in air pressure is measured. A wideband stimulus with an intensity of 55-60 dB is used to assess absorbance.

EFFECT: increase in the accuracy and reduction of the time for adjusting the settings of hearing aids in hearing-aided patients against the background of the development of exudative otitis media.

1 cl, 6 dwg, 11 tbl, 1 ex

## Область техники

Изобретение относится к области медицины, в частности к клинической оториноларингологии и сурдологии-оториноларингологии, и предназначено для коррекции настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита.

## Уровень техники

Тугоухость и глухота являются распространенными проблемами в мировой практике и имеют не только медицинскую, но и большую социальную значимость [1]. В мире насчитывается 466 миллиона человек с инвалидизирующей потерей слуха, из них 34 миллиона детей, в общей сложности около 165 миллионов людей живет с полной потерей слуха. Это составляет более 5% населения земного шара [2]. В РФ по данным статистики в настоящее время имеется 13 миллионов человек с нарушениями слуха, из которых 1,3 млн. составляют дети. Под инвалидизирующей потерей слуха ВОЗ определяет такую потерю, которая превышает 40 дБ у взрослых людей и 30 дБ у детей в лучшем слышащем ухе.

Одним из важных факторов, усугубляющих снижение слуха у пациентов с тугоухостью, является экссудативный средний отит (ЭСО). Это заболевание является актуальной проблемой в структуре кондуктивной и смешанной тугоухости как в детской, так и во взрослой практике. По данным литературы 80-90% детей дошкольного возраста имеют в анамнезе эпизоды тубарной дисфункции и экссудативного среднего отита [3, 4, 5]. У лиц старше 18-ти лет данная нозология составляет порядка 15-17% от всех заболеваний уха и эта цифра продолжает расти год за годом. Высокий процент заболеваемости приходится на наиболее социально активный возраст - 25-50 лет, что приводит к существенному снижению социальной активности пациентов и большим экономическим затратам на лечение данной патологии [6, 7].

Слуховая дисфункция в раннем детстве драматически сказывается на речевом развитии, она нередко обуславливает задержку психического и интеллектуального развития, что ведет к частичной или полной утрате человеком способности приспосабливаться к условиям социальной среды [8,9]. Поэтому в настоящее время существует необходимость разработки комплексных подходов к диагностике и электроакустической коррекции слуха пациентов, имеющих смешанную форму тугоухости.

Одним из основных методов диагностики ЭСО является акустическая импедансометрия (тимпанометрия) [10]. Импеданс - это сопротивление, оказываемое объектом или системой потоку энергии. Термин был предложен британским физиком и инженером Оливером Хэвисайдом в 1886 г. Его исследования были связаны не с акустикой, а с разработкой теории электрической цепи. В 1919 г. А.Г. Вебстер перенес положения электрической теории на механические и акустические системы [11]. Применительно к органу слуха этот метод заключается в регистрации акустического сопротивления звукопроводящей системы, которая включает в себя наружный слуховой проход, барабанную перепонку, цепь слуховых косточек и частично внутреннее ухо. Самый большой вклад имеет показатель сопротивления барабанной перепонки, поэтому, ряд авторов акустический импеданс отождествляют с импедансом барабанной перепонки [12, 13].

Исследование проводится следующим образом: наружный слуховой проход герметично obturруется зондом импедансометра по которому подается звуковая волна частотой 226 Гц. Параллельно с этим насосом в наружном слуховом проходе создается положительное давление до +200 мм.вод.ст. На фоне этого повышается

жесткость всей звукопроводящей системы среднего уха и большая часть звуковой волны отражается, что и фиксируется микрофоном. Так устанавливается эквивалентный объем наружного слухового прохода - первый показатель тимпанометрии. Далее давление постепенно уменьшается, а податливость структур среднего уха соответственно увеличивается, пока не достигает своего максимума. Эта точка будет пиком тимпанограммы, также данная величина соответствует уровню внутрибарабанного давления. Затем, воздух из наружного слухового прохода откачивается, давление постепенно понижается до -400 мм.вод.ст, в связи с чем жесткость звукопроводящей системы среднего уха снова увеличивается, пока не достигнет максимума. Все вышеперечисленные процессы отражаются на экране прибора в виде графика, названного тимпанограммой. Тимпанограмму интерпретируют по классификации тимпанограмм Джергера [12].

Частота 226 Гц была выбрана из-за простоты исчисления, так как на этой частоте значение импеданса численно равно объему воздуха в замкнутой полости. Однако анатомические особенности строения уха у новорожденных детей, а также целый ряд патологических изменений в ухе у взрослых требуют расширения возможностей традиционного метода, а также внедрения иных компонентов в оценку проведения звуковой энергии [14].

В связи с этим в последнее время классическая тимпанометрия уступает свои позиции более современной широкополосной тимпанометрии. Данное исследование заключается в использовании зондирующего стимула, включающего широкий спектр частот, в отличие от классической акустической импедансометрии, использующей в своей структуре одну определенную частоту. Основным параметром является абсорбанс. Этот параметр является отношением поглощенной структурами среднего уха звуковой энергии к полной мощности поданной энергии. Эта величина принимает значения от 0%, что указывает на отсутствие поглощения до 100%, когда поглощается вся энергия. Абсорбанс дает более полные данные о состоянии структур среднего уха при различных заболеваниях, в том числе при наличии перфорации или шунтирования барабанной полости, за счет проведения исследования при атмосферном давлении в наружном слуховом проходе [15, 16, 17, 18].

Внедрение широкополосных технологий в исследование состояния структур уха позволяет получить большой объем данных об особенностях проведения звуковой энергии при различных патологических состояниях, в том числе и при экссудативном среднем отите.

Поскольку снижение слуха является одним из основных симптомов ЭСО, важную роль в его диагностике играет также тональная пороговая аудиометрия. Этот метод исследования позволяет определить порог слышимости - наименьшую интенсивность звука, воспринимаемую испытуемым [19]. При этом снижение слуховой функции развивается по кондуктивному типу, а характер кривой воздушного проведения на аудиограмме зависит от количества экссудата в барабанной полости, его вязкости и величины интратимпанального давления. К примеру, на катаральной стадии величина костно-воздушного разрыва не превышает 20 дБ, на секреторной 20-30 дБ, на мукозной 30-45 дБ, а уже на фиброзной может превышать 30-50 дБ [10].

При анализе данных широкополосной тимпанометрии и аудиометрии при ЭСО, обращает на себя внимание тот факт, что с повышением вязкости секрета в барабанной полости абсорбанс понижается, а костно-воздушный разрыв наоборот, увеличивается. Это говорит о наличии корреляции между этими двумя показателями и, как следствие, возможности высчитывать величину костно-воздушного разрыва, который очень важен

в случае настройки слуховых аппаратов, по данным такого высокоточного, объективного метода исследования, как широкополосная тимпанометрия.

Основным методом коррекции стойкой тугоухости является слухопротезирование слуховыми аппаратами [20]. Слуховые аппараты - это звукоусиливающие приборы. Их основная функция заключается в усилении окружающих звуков до уровня, который необходим пациенту со сниженным слухом для восприятия и эффективного использования акустической информации [21, 22]. Основным принципом любого слухопротезирования является создание оптимальных настроек слухового аппарата, которые позволяют добиться хорошей слышимости и разборчивости речи. Тихие, средние и громкие звуки должны быть слышимыми и не доставлять дискомфорта в любых акустических ситуациях [23].

Вопрос слухопротезирования при экссудативном среднем отите, возникающем у человека, не имевшего до заболевания проблем со слухом, является довольно дискуссионным. Поскольку снижение слуха при данном заболевании носит флюктуирующий характер, а при разрешении патологического процесса в среднем ухе может восстановиться до нормы. Однако ряд авторов считают, что использование слуховых аппаратов при ЭСО во время лечения этого заболевания показано, особенно в детском возрасте, поскольку помогает избежать отставания в школе и задержки речевого развития [24]. Но, несомненно, необходимо провести коррекцию настроек слуховых аппаратов, когда у слухопротезированного пациента при присоединении ЭСО происходит повышение порогов воздушного звукопроводения [10].

Известен способ коррекции настроек слуховых аппаратов по данным тональной пороговой аудиометрии [20]. Этот метод включает последовательную регистрацию минимальных уровней громкости звука в децибелах (дБ), которые пациент может различить на основных речевых частотах, находясь в ясном сознании. Данные уровни считаются порогом слухового восприятия. В процессе также определяются максимальные уровни громкости звука, которые пациент может выдерживать (порог дискомфорта), и комфортный уровень звука (порог комфорта) для каждой частоты. На основе данных, полученных в ходе аудиометрии, происходит программирование параметров слухового аппарата с учетом порогов восприятия, комфорта и дискомфорта на соответствующих частотах. Этот подход широко используется в клинической практике.

Однако данный способ имеет свои ограничения, поскольку его нельзя применять к детям младшего возраста и пациентам с психическими расстройствами, так как требуется адекватное участие пациента в процессе регистрации порогов слуха.

Известен способ подбора оптимального уровня выходного сигнала слуховых аппаратов с использованием коротколатентных слуховых вызванных потенциалов [27]. В этом случае параметры усиления аппарата настраиваются одновременно при подаче широкополосных звуковых щелчков с частотой 10 раз в секунду и записи электроэнцефалограммы с заушных участков кожи. Слуховой ответ фиксируется по появлению V волны с нормальной латентностью, что позволяет считать настройку удовлетворительной.

Однако этот метод тоже имеет недостатки: недостаточная точность настройки слухового аппарата из-за невозможности оценить его эффективность при различных частотах звука и необходимость детального анализа латентности вызванных потенциалов, что увеличивает продолжительность исследования. Слуховой анализатор в норме и, тем более, при патологии реагирует на звуки различных частот с разной чувствительностью. Поэтому параметры усиления современных слуховых аппаратов

настраиваются по частотам. Однако подача широкополосного щелчка не позволяет точно определить, на какую частоту реагирует мозг.

Также известен способ определения динамического диапазона слуха у пациентов, использующих слуховые аппараты, который основан на регистрации коротколатентных слуховых потенциалов с использованием Chirp-сигнала в качестве стимула на частотах 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Этот метод включает в себя получение данных о восприятии звука в слуховом аппарате при интенсивности стимула 60 дБ, при этом наличие ответа слухового анализатора определяется по V пику коротколатентных слуховых вызванных потенциалов (КСВП). Настройка аппарата считается оптимальной для текущей частоты, после чего проводится поэтапное снижение интенсивности стимула до 20 дБ с последующей регистрацией КСВП. Наличие V-пика при 20 дБ указывает на избыточное усиление амплитудно-частотных характеристик слухового аппарата, что требует уменьшения усиления (Патент РФ №2610829, 15.02.2017).

Однако данный способ имеет недостатки, такие как зависимость результатов от фоновой активности мозга, что делает возможным получение достоверных данных только в состоянии физиологического или медикаментозного сна. Исследование требует значительных временных затрат, а также применения дорогостоящего оборудования - анализатора слуховых вызванных потенциалов, а также привлечения высококвалифицированных врачей-сурдологов, обученных в области объективной диагностики слуха.

Наиболее близким к предлагаемому является способ и система настройки слухового аппарата в шумной обстановке (Method and system for adjusting a hearing aid in a noisy environment) (патент CH720180A2 Швейцария), в котором описан метод коррекции настройки слуховых аппаратов с использованием REM-технологии (Real Ear Measurement) - системы объективных измерений звукового давления непосредственно в ушном канале пользователя. Для этого на голову пользователя крепится REM-система с динамиком у уха и микрофоном-зондом в слуховом проходе. Слуховой аппарат помещается в ухо (или за ухо, в зависимости от модели). Динамик воспроизводит тестовые сигналы (тона, речь, шумы) на разных частотах и громкостях (обычно 50 дБ, 65 дБ, 80 дБ). Микрофон-зонд измеряет, как эти звуки достигают барабанной перепонки. Специальная программа для настройки слуховых аппаратов сравнивает полученные данные с «идеальной» кривой усиления (рассчитанной по аудиограмме, снятой ранее). Если звук в ухе не соответствует цели, параметры слухового аппарата автоматически корректируются. Также система имитирует шумовые помехи (например, разговоры, уличный гул) и проверяет, как аппарат компенсирует их. При необходимости вносит дополнительные поправки.

К недостаткам данного метода следует отнести то, что программа сопоставляет настройки слуховых аппаратов с кривой усиления, рассчитанной на основе ранее полученной аудиограммы. В случаях развития экссудативного среднего отита возникает необходимость повторного определения порогов звукопроводения с применением классических объективных методик, таких как анализ слуховых вызванных потенциалов, а также участия высококвалифицированных врачей-сурдологов, обладающих опытом в области объективной диагностики слуха. Кроме того, для реализации данного метода требуется использование дорогостоящего оборудования (REM-системы), которое имеется не во всех сурдологических кабинетах.

Задачей, решаемой с помощью предлагаемого изобретения, является коррекция настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита.

Для решения этой задачи мы предлагаем разработанный нами способ коррекции настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита, заключающийся в том, что слухопротезированному пациенту во время одного из регулярных сеансов настройки слуховых аппаратов при  
 5 отсутствии патологических изменений со стороны структур среднего уха проводят определение порогов воздушного звукопроведения по данным коротколатентных слуховых вызванных потенциалов и оценку поглощения акустического стимула звукопроводящими структурами слухового анализатора с использованием широкополосной тимпанометрии, при появлении признаков экссудативного среднего  
 10 отита проводят дополнительную оценку поглощения акустического стимула звукопроводящими структурами слухового анализатора с использованием широкополосной тимпанометрии, далее проводят расчет изменившихся порогов воздушного звукопроведения  $T_2$  по следующей формуле:

$$T_2 = T_1 + K * (A_1 - A_2),$$

15 где  $T_1$  - изначальный порог воздушного звукопроведения без патологических изменений со стороны структур среднего уха;

$K$  - коэффициенты изменения;

$A_1$  - изначальный показатель абсорбанса без патологических изменений со стороны  
 20 структур среднего уха;

$A_2$  - показатель абсорбанса на фоне ЭСО,

на основе полученных значений  $T_2$  специализированная компьютерная программа, разработанная производителем для настройки своих слуховых аппаратов, осуществляет коррекцию настроек, необходимых для компенсации потери слуха у  
 25 слухопротезированного пациента на фоне развития у него экссудативного среднего отита.

Технический результат предлагаемого способа заключается в расчете величины костно-воздушного разрыва на аудиограмме при экссудативном среднем отите, опираясь на данные широкополосного поглощения акустического сигнала. Используя всего  
 30 один прибор, мы можем оценить величину этого интервала на различных частотах. Способ заключается в применении широкополосной тимпанометрии, которая охватывает широкий спектр частот. Это обеспечивает получение обширной информации о состоянии структур среднего уха. Благодаря корреляции между величиной абсорбции и костно-воздушным интервалом, можно рассчитывать последний без потери качества  
 35 по сравнению с традиционными диагностическими методами, и при этом значительно быстрее.

Последние достижения в области акустических измерений включают возможность цифровой обработки широкополосного акустического поглощения (абсорбанса). Внедрение широкополосной тимпанометрии в исследование состояния уха позволяет  
 40 получать более полные данные о передаче звуковой энергии при различных патологических состояниях. В заявляемом способе мы проводим исследования у пациентов с экссудативным средним отитом, развившимся на фоне хронической сенсоневральной тугоухости, что позволяет выявлять изменения в слуховом анализаторе на ранних стадиях и отслеживать их динамику.

45 Способ осуществляется следующим образом: при проведении широкополосной тимпанометрии наружный слуховой проход герметично закрывается зондом с ушным вкладышем. Вкладыши различной формы и размеров обеспечивают необходимую герметичность. Зонд подключен к пневматическому блоку, который изменяет давление

в слуховом проходе, генератору, подающему чистый тон, и микрофону, принимающему отраженный сигнал. В эту замкнутую полость подается зондирующий тон на частоте 500; 1000; 2000; 4000 Гц. В начале теста создается повышенное давление +200 мм вод. ст., затем оно снижается до -600 мм вод. ст. со скоростью 150-600 мм вод. ст. в секунду.

5 Процедура занимает от 4 до 7 секунд.

При высоком положительном давлении барабанная перепонка вдавливается в полость среднего уха, при этом усиливается ее натяжение и ограничивается подвижность. Образующееся пространство между микрофоном и барабанной перепонкой представляет собой объем наружного слухового прохода. В таком режиме отражается большая часть энергии зондирующего тона. Так определяется эквивалентный объем наружного слухового прохода - первый показатель широкополосной тимпанометрии. Далее тимпанометр измеряет изменения уровня звукового давления при плавном снижении давления воздуха и автоматически переводит их в эквивалентные объемы. Акустическая энергия, попадающая на барабанную перепонку, частично поглощается средним ухом, а остальная часть отражается обратно. Показатель, который демонстрирует процент энергии, поглощенной структурами среднего уха, называется абсорбансом. Он измеряется в диапазоне от 0 до 100%, где 0% означает полное отсутствие поглощения звуковой энергии, а 100% указывает на полное поглощение всей поданной энергии. Для оценки абсорбанса используется широкополосный стимул с интенсивностью 55-20 60 дБ.

Протокол коррекции настроек слуховых аппаратов с учетом костно-воздушного интервала по данным широкополосной тимпанометрии включает в себя следующие этапы:

Этап 1. Определение порогов воздушного звукопроведения по данным КСВП и оценка слухового анализатора посредством широкополосной тимпанометрии в период, когда нет патологических изменений со стороны структур среднего уха. Данные исследования выполняются во время одного из регулярных сеансов настройки слуховых аппаратов, которые проводятся 1-2 раза в год или чаще по необходимости;

Этап 2. Оценка слухового анализатора посредством широкополосной тимпанометрии при появлении признаков ЭСО;

Этап 3. Расчет изменившихся порогов воздушного звукопроведения с учетом величины костно-воздушного интервала и коррекция настроек слуховых аппаратов с учетом новых порогов звукопроведения по формуле

$$T_2 = T_1 + K \cdot (A_1 - A_2),$$

35 где  $T_2$  - показатель коррекции;

$T_1$  - изначальный порог звукопроведения без патологических изменений со стороны структур среднего уха;

$K$  - коэффициенты изменения;

40  $A_1$  - изначальный показатель абсорбанса без патологических изменений со стороны структур среднего уха;

$A_2$  - показатель абсорбанса на фоне ЭСО.

Современные слуховые аппараты представляют собой цифровые программируемые высокотехнологичные устройства, которые настраиваются с помощью специализированных компьютерных программ. Эти программы разрабатываются фирмой-производителем специально для настройки аппаратов ее производства.

Из современной литературы известно, что изменение средних значений чистых тонов (500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц и 4000 Гц) на 10 дБ или более, что характерно для

экссудативного среднего отита, указывает на необходимость коррекции настроек слуховых аппаратов [29-31]. При этом коррекция настроек будет заключаться в регулировке усиления звукового сигнала, т.е. увеличении громкости звуков, которые передаются через ресивер в ухо пациента.

5 В нашем изобретении на основе изменившихся вследствие экссудативного среднего отита порогов воздушного звукопроводения ( $T_2$ ), рассчитанных по формуле  $T_2=T_1+K*(A_1-A_2)$ , строится новая аудиограмма. Затем, используя полученную аудиограмму, специализированная компьютерная программа, разработанная производителем для настройки своих слуховых аппаратов, осуществляет коррекцию  
10 настроек, необходимых для компенсации потери слуха у слухопротезированного пациента на фоне развития у него экссудативного среднего отита.

Для того, чтобы рассчитать, на сколько меняются пороги воздушного звукопроводения, нами были проанализированы данные 19 пациентов, все показатели приведены в таблицах 1 и 2.

15 Таблица №1. Значения порогов воздушного звукопроводения по данным КСВП на тональную посылку в сравнении с данными абсорбанса у пациентов без патологических изменений со стороны структур среднего уха

Пациенты	Пороги слуха по КСВП на тональную посылку				Абсорбанс			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
1	25	35	40	65	17,3	64,0	59,0	70,7
2	5	15	45	55	27,8	50,8	48,3	70,7
3	30	30	30	45	22,1	55,3	58,3	77,7
4	5	5	35	60	17,0	58,9	51,7	72,6
5	30	45	60	35	25,1	60,9	60,3	68,9
6	40	55	55	50	30,0	54,7	49,0	67,7
7	30	25	45	50	21,3	64,4	67,0	76,1
8	5	40	55	60	23,1	51,3	55,0	73,4
9	45	55	60	60	19,5	62,4	60,2	68,9
10	20	30	40	40	23,1	48,2	48,7	72,4
11	20	20	20	35	22,1	55,9	75,8	70,9
12	40	45	40	55	17,6	60,4	69,0	68,9
13	20	45	40	55	24,1	58,3	51,7	65,7
14	5	35	35	55	27,1	55,3	47,7	73,4
15	40	65	60	50	21,3	57,9	63,3	72,1
16	25	30	40	50	25,8	53,8	59,0	71,1
17	30	40	50	50	21,0	48,8	57,7	77,1
18	40	40	50	45	20,3	56,3	69,3	86,1
19	20	30	40	30	16,1	52,3	52,7	78,0

45

Таблица №2. Значения порогов воздушного звукопроводения по данным КСВП на тональную посылку в сравнении с данными абсорбанса у пациентов на фоне ЭСО

Пациенты	Пороги слуха по КСВП на тональную посылку				Абсорбанс			
	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
1	80	80	70	90	4,5	14,0	9,0	35,0
2	30	40	50	80	22,0	23,0	40,0	35,0
3	65	60	50	70	14,0	22,0	25,0	42,0
4	35	40	45	80	10,0	20,0	35,0	44,0
5	65	80	80	65	17,0	22,0	27,0	26,0
6	70	70	70	75	23,0	38,0	24,0	32,0
7	70	65	75	90	12,0	20,0	17,0	19,0
8	40	70	70	75	15,0	18,0	30,0	52,0
9	90	95	85	90	9,0	18,0	18,5	26,0
10	55	50	50	55	15,0	26,0	32,0	51,0
11	55	55	55	65	14,0	17,0	17,5	28,0
12	90	85	70	85	6,0	16,0	19,0	26,0
13	55	75	50	80	16,0	25,0	35,0	30,0
14	40	65	45	70	19,0	22,0	31,0	52,0
15	80	100	80	90	12,0	19,0	30,0	15,0
16	50	55	55	90	20,0	26,0	34,0	14,0
17	60	65	75	90	14,0	21,0	16,0	20,0
18	80	70	70	85	11,0	23,0	36,0	29,0
19	55	60	65	65	8,0	19,0	11,0	28,0

В ходе анализа полученных данных была выявлена обратная зависимость: При снижении абсорбанса на одну единицу пороги звукопроводения в среднем повышались следующим образом: на частоте 500 Гц - на 2 дБ, на частоте 1000 Гц - на 0,7 дБ, на частоте 2000 Гц - на 0,6 дБ, и на частоте 4000 Гц - на 1,2 дБ. Для удобства эти значения были обозначены как коэффициент изменения. Для наглядности эти данные занесены в таблицу 3.

Таблица №3. Коэффициенты изменения порогов воздушного звукопроводения при уменьшении абсорбанса на 1

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
4,3 дБ	0,9 дБ	0,6 дБ	0,7 дБ

Таким образом, зная данные абсорбанса при ЭСО, мы можем рассчитать, на сколько изменились пороги воздушного звукопроводения для каждой из частот и произвести коррекцию настроек слуховых аппаратов по полученным данным. Для выполнения этих расчетов выведена формула

$$T_2 = T_1 + K * (A_1 - A_2),$$

где  $T_2$  - показатель коррекции;

$T_1$  - изначальный порог звукопроводения без патологических изменений со стороны

структур среднего уха;

К - коэффициенты изменения;

$A_1$  - изначальный показатель абсорбанса без патологических изменений со стороны

структур среднего уха;

5  $A_2$  - показатель абсорбанса на фоне ЭСО.

Краткое описание поясняющих материалов.

Рис. 1 - Пороги воздушного звукопроведения по данным КСВП на тональные посылки 500, 1000, 2000 и 4000 Гц.

10 Рис. 2 - Показатели абсорбанса у пациента без патологических изменений со стороны структур среднего уха справа.

Рис. 3 - Показатели абсорбанса у пациента без патологических изменений со стороны структур среднего уха слева.

Рис. 4 - Показатели абсорбанса справа на фоне ЭСО.

Рис. 5 - Показатели абсорбанса слева на фоне ЭСО.

15 Рис. 6 - Аудиограмма на фоне ЭСО.

Изобретение иллюстрируется следующим примером.

Пример. Пациентка И. 4 года. Диагноз: двусторонняя хроническая сенсоневральная тугоухость II ст. Ребенок слухопротезирован слуховыми аппаратами Resound Linx 777. Пороги слуха для слухопротезирования установлены по данным КСВП на тональные посылки 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Пороги показаны в виде аудиограммы на рисунке 20 1 и в таблицах 4 и 5.

Таблица №4. Пороги воздушного звукопроведения правого уха без патологических изменений со стороны структур среднего уха

25

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
30 дБ	40 дБ	50 дБ	45 дБ

30

Таблица №5. Пороги воздушного звукопроведения левого уха без патологических изменений со стороны структур среднего уха

35

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
30 дБ	40 дБ	55 дБ	50 дБ

Помимо этого, пациенту проводилась широкополосная тимпанометрия, результаты исследования были отражены в виде графиков абсорбанса (рис. 2 и 3) и в таблицах 6 и 40 7.

Таблица №6. Показатели абсорбанса без патологических изменений со стороны структур среднего уха справа

45

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
22%	65%	81%	92%

Таблица №7. Показатели абсорбанса без патологических изменений со стороны структур среднего уха слева

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
30%	66%	60%	92%

В слуховых аппаратах у ребенка была хорошая реакция на все основные звуки, распознает 9 из 10 гласных звуков и 11 из 20 согласных. На разговорную речь реагирует с 2 метров, разбирает и воспроизводит односложные и отдельные многосложные слова.

Во время последнего обращения родители ребенка сообщили, что в течение недели после перенесенной ОРВИ ребенок стал гораздо хуже разбирать разговорную речь и стал просить громче включать телевизор. При сурдологическом тестировании в слуховых аппаратах он реагирует только на громкие звуки, распознает 2 из 10 гласных звуков, согласные не воспроизводит. Разговорную речь с расстояния 0,5 метра не воспринимает.

При отоскопии выявлены признаки экссудативного среднего отита. Была проведена широкополосная тимпанометрия. Результаты исследования отражены в виде графиков абсорбанса (рис. 4 и 5) и таблиц 8 и 9.

Таблица №8. Показатели абсорбанса на фоне ЭСО справа

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
15%	18%	33%	63%

Таблица №9. Показатели абсорбанса на фоне ЭСО слева

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
18%	19%	30%	56%

После постановки диагноза "двусторонний экссудативный средний отит" ребенку была назначена консервативная терапия. Для компенсации увеличившихся порогов воздушного звукопроведения было принято решение корректировать настройки слуховых аппаратов на время лечения. Мы произвели перерасчет порогов слуха по разработанной формуле и отразили данные в таблицах 10 и 11.

Таблица №10. Пороги воздушного звукопроведения, рассчитанные по формуле для правого уха

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
60,1 дБ	82,3 дБ	78,8 дБ	65,3 дБ

Таблица №11. Пороги воздушного звукопроведения, рассчитанные по формуле для левого уха

500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
81,6 дБ	82,3 дБ	73 дБ	70,3 дБ

Округлив цифры до целых чисел, отметили их на аудиограмме (рис. 6).

Данные аудиограммы были внесены в специализированную компьютерную программу, разработанную производителем для настройки слуховых аппаратов данной фирмы. После этого программа автоматически скорректировала параметры настройки.

После корректировки настроек слуховых аппаратов, при сурдологическом тестировании, ребенок продемонстрировал результаты, аналогичные состоянию до болезни: хорошая реакция на основные звуки, распознавание 9 из 10 гласных звуков и 11 из 20 согласных. На разговорную речь ребенок реагирует с двух метров, разбирает и воспроизводит односложные и некоторые многосложные слова.

Всего данным способом была произведена коррекция настроек слуховых аппаратов у 19 детей. Во всех случаях отмечалось улучшение разборчивости речи до уровня, наблюдавшегося до болезни, а настройки слуховых аппаратов признаны удовлетворительными.

Таким образом, способ коррекции настроек слуховых аппаратов при сочетанной патологии слухового анализатора, основанный на данных широкополосной тимпанометрии, продемонстрировал хорошие результаты. Расчет порогов воздушного звукопроведения занимает не более десяти минут, что значительно быстрее и менее трудоемко по сравнению с другими известными методами. Этот способ является объективным и высокоточным, не имеет противопоказаний и может применяться как у детей раннего возраста, так и у пациентов с психическими расстройствами, способствуя улучшению качества слухоречевой реабилитации.

#### Библиография

1. Авдеева С.Н. Распространенность заболеваний ЛОР органов среди городского населения на современном этапе // Российская оториноларингология. - 2006. - №3(22). - С. 33-37.

2. Albert Y.W., Bastos I., Bluestone CD. Prevention of hearing impairment from chronic otitis media// WHO Report, 2000. - P. 8-9.

3. Tos M., Poulsen G., Borch J. Etiologic factors in secretory otitis // Arch. Otolaryngol. - 1979 (Oct). - Vol. 105, №10. - P. 582-588.

4. Якушенкова А.П. Экссудативный средний отит у детей (диагностика и лечение) // Автореф. Дис...канд. мед. наук. - М. - 1996. - 17 с.

5. Сапожников Я.М., Гаращенко Т.И., Карнеева О.В., Якушенкова А.П. Применение динамической импедансометрии в комплексном обследовании при лечении экссудативных и рецидивирующих средних отитов у детей // 2 - Международный симпозиум «Современные проблемы физиологии и патологии слуха». - М. - 1995. - 20-21.

6. Отвагин К.В. Исследование распространенности гипоакузии среди лиц трудоспособного возраста в Центральном федеральном округе на базе принципов доказательной медицины // Российская оториноларингология. - 2004. - №3(10). - С. 77-79.

7. Преображенский Н.А., Гольдман И.И. Экссудативный средний отит. - М.: Медицина. - 1987. - 189 с.

8. Стрилецкая Р.А., Кравчук А.П., Елкина Л.Г. Особенности развития тугоухости при экссудативном среднем отите // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. - 2015.-№4.- с. 86-87.
9. Савенко И.В., Бобошко М.Ю. Экссудативный средний отит.- «Диалог». -2020.-  
5 171 с.
10. Оториноларингология: Национальное руководство. 2-е издание / Под редакцией В.Т. Пальчуна М: ГЭОТАР-Медиа, 2016. -С.666.
11. Кочкин Р.В. Импедансная аудиометрия. М.: МедЛит, 2006.- 48 с.
12. Сапожников Я.М., Дайхес Н.А., Мачалов А.С., Карпов В.Л., Канафьев Д.М.  
10 Возможности широкополосной тимпанометрии в дифференциальной диагностике некоторых форм тугоухости // *Российская оториноларингология*. - 2019. - №6. -С. 59-65.
13. Альтман Я.А., Таварткиладзе Г.А. Руководство по аудиологии. -М.: ДМКПрес, 2003. - 360 с.
14. Hunter L, Tubaugh L, Jackson A, Propes S. Wideband middle ear power measurement in infants and children. *J Am Acad. Audiol.* 2008; 19:309-324.
15. Hunter L, Keefe D, et. al. Wideband acoustic immittance in children with Down syndrome: prediction of middle-ear dysfunction, conductive hearing loss and patent PE tubes. *International Journal of Audiology*. 2017; 56: 622-634.
16. Walied M. Ibraheem Clinical diagnosis of middle ear disorders using wideband energy reflectance in adults. *Advanced Arab Academy of Audiovestibulogy*. 2014.- Vol.1.- №2. -P87-96.
17. Park H., Ahn J., Kang M., Cho Y-S. Postoperative change in wideband absorbance after tympanoplasty in chronic suppurative otitis media. *Auris Nasus Larynx*. - 2020.- №47.- P. 215-219;  
25
18. Aithal S., Aithal V., Kei J., Anderson S., Liebenberg S. Eustachian Tube Dysfunction and Wideband Absorbance Measurements at Tympanometric Peak Pressure and 0 daPa. *Journal of the American Academy of Audiology*. -2019. - Vol. 30. - №9. - P. 781-791.
19. Пальчун, В. Т. Обследование оториноларингологического больного: руководство  
30 / Пальчун В. Т., Лучихин Л. А., Магомедов М. М., Зеликович Е. И. - Москва: Литтерра, 2014. - 336 с.
20. Сапожников, Я.М. Современные методы диагностики, лечения и коррекции тугоухости и глухоты у детей / Я.М. Сапожников, М.Р. Богомильский. - М.: Икар, 2001. - 250 с.
21. Фонлантен, А. Слуховые аппараты / А. Фонлантен, Х. Арндт.- Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 304 с.
22. Veit, I. Technische akustik /I. Veit. - Wurzburg: Vogel Verlag, 1978. - 184 p.
23. Bentler, R. Pediatric amplification guideline / R. Bentler, L. Eiten, S. Gabbard [et al.] // *Audiology Today*. - 2004. - Vol. 16. - P. 46-53.
24. Wei Chern Gan, R. Hearing aids for otitis media with effusion: Do children use them?/ R. Wei Chern Gan, P. Overton, C. Benton, M. Daniel // *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. - 2017. - Vol. 99 - P. 117-119.
25. Бобошко М.Ю. Речевая аудиометрия (учебное пособие). - СПб.: Издательство СПбГМУ, 2012 - 64 с.
26. Rance G. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials / G. Rance, F.W. Rickards, L.T. Cohen, S. De Vidi, G.M. Clark // *Ear and Hearing*. - 1995. - Vol. 16 - P. 499-507.
27. Подбор оптимального выходного уровня слуховых аппаратов с помощью

коротко-латентных слуховых вызванных потенциалов. Методические рекомендации / С-Пб, 1992, с. 3-6.

28. Способ определения динамического диапазона слуха у пациентов со слуховыми аппаратами / Намазова-Баранова Лейла Сеймуровна, Доценко Роман Николаевич, Полунина Татьяна Андреевна, Пашков Александр Владимирович, Изосимов Андрей Андреевич //патент РФ №2610829 от 15.02.2017.

29. British Society of Audiology. Practice Guidance: Adult Hearing Aid Fittings and Services [Electronic resource]. - Revised ed. - Reading, UK: British Society of Audiology, 2018. - 32 p.

30. Mueller, H. G. Survey of Audiology: Fundamentals for Audiologists and Health Professionals [Text] / H. G. Mueller, E. M. Picou. - 3rd ed. - San Diego: Plural Publishing, 2021. - xxi, 394 p.: ill., tables. - ISBN 978-1-94488-345-5.

31. Target Fitting Guidelines for Phonak Hearing Aids: [professional manual] / Phonak. - 2022 ed. - [Stafa, Switzerland]: Phonak AG, 2022. - 11 p.

#### 15 (57) Формула изобретения

Способ коррекции настроек слуховых аппаратов у слухопротезированных пациентов на фоне развития экссудативного среднего отита, заключающийся в том, что слухопротезированному пациенту во время одного из регулярных сеансов настройки слуховых аппаратов при отсутствии патологических изменений со стороны структур среднего уха проводят определение порогов воздушного звукопроведения по данным коротколатентных слуховых вызванных потенциалов и оценку поглощения акустического стимула звукопроводящими структурами слухового анализатора с использованием широкополосной тимпанометрии, при появлении признаков экссудативного среднего отита проводят дополнительную оценку поглощения акустического стимула звукопроводящими структурами слухового анализатора с использованием широкополосной тимпанометрии, далее проводят расчет изменившихся порогов воздушного звукопроведения  $T_2$  по следующей формуле:

$$T_2 = T_1 + K \cdot (A_1 - A_2),$$

где  $T_1$  - изначальный порог воздушного звукопроведения без патологических изменений со стороны структур среднего уха;

$K$  - коэффициенты изменения;

$A_1$  - изначальный показатель абсорбанса без патологических изменений со стороны структур среднего уха;

$A_2$  - показатель абсорбанса на фоне ЭСО,

на основе полученных значений  $T_2$  осуществляют программную коррекцию настроек, необходимых для компенсации потери слуха у слухопротезированного пациента на фоне развития у него экссудативного среднего отита,

причем при проведении широкополосной тимпанометрии для определения эквивалентного объема наружного слухового прохода его герметично закрывают зондом с ушным вкладышем, при этом зонд подключен к пневматическому блоку, выполненному с возможностью изменения давления в слуховом проходе, генератору, выполненному с возможностью подачи чистого тона, и микрофону, выполненному с возможностью приема отраженного сигнала, в эту замкнутую полость подают зондирующий тон на частоте 500; 1000; 2000; 4000 Гц, в начале теста создают повышенное давление +200 мм вод. ст., затем его снижают до -600 мм вод. ст. со скоростью 150-600 мм вод. ст. в секунду в течение от 4 до 7 секунд, измеряют изменения уровня звукового давления при плавном снижении давления воздуха и переводят их в

эквивалентные объемы, при этом для оценки абсорбанса используют широкополосный стимул с интенсивностью 55-60 дБ.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

1

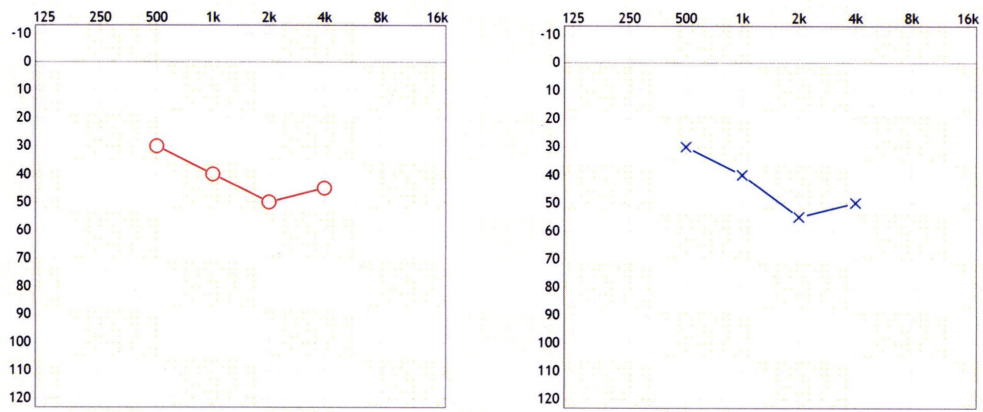


Рис.1

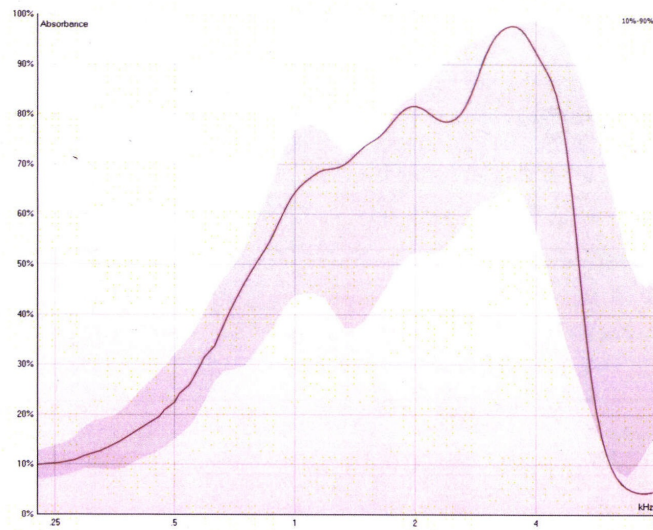


Рис.2

2

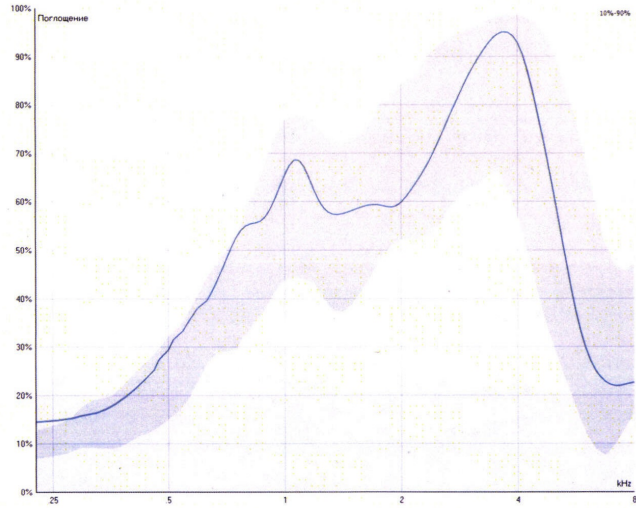


Рис.3

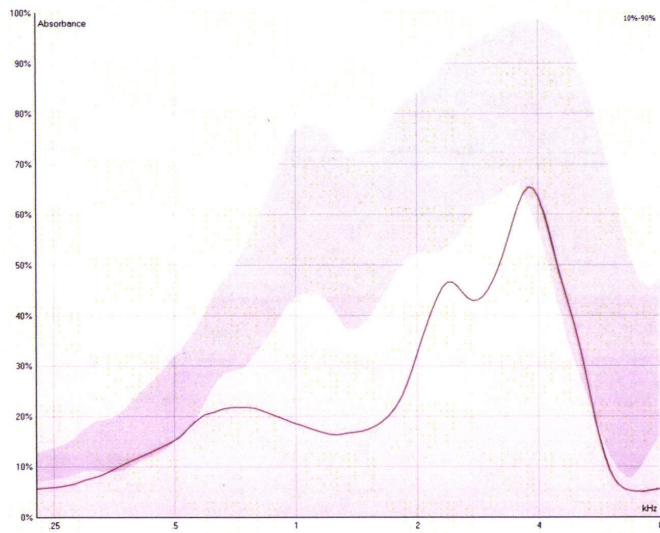


Рис.4

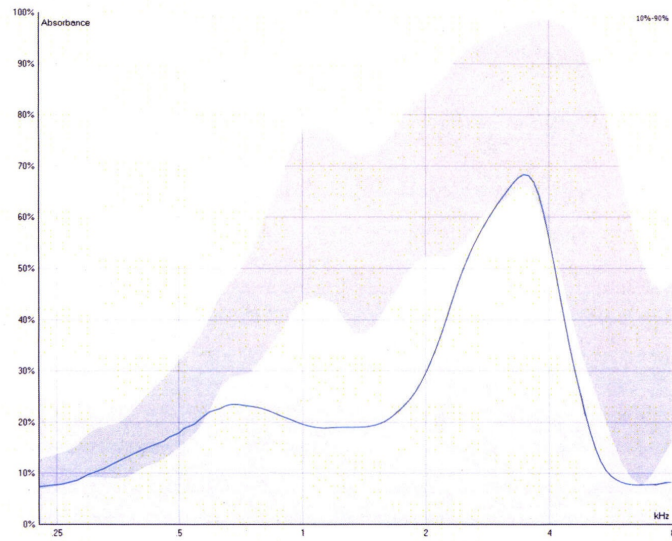


Рис.5

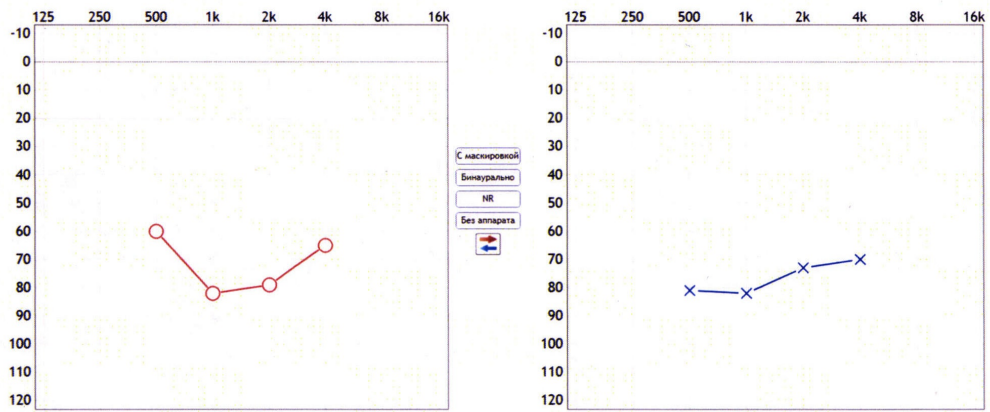


Рис.6