

## Эффективность слуховых тренировок с использованием технологий виртуальной реальности у лиц с хронической сенсоневральной тугоухостью

© Н.А. ДАЙХЕС<sup>1</sup>, Т.Ю. ВЛАДИМИРОВА<sup>2</sup>, Я.М. САПОЖНИКОВ<sup>1</sup>, А.С. МАЧАЛОВ<sup>1</sup>, А.Б. МАРТЫНОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования.** Изучить в динамике эффективность слуховых тренировок с использованием технологий виртуальной реальности у лиц с хронической сенсоневральной тугоухостью.

**Материал и методы.** В исследование включены 68 пациентов в возрасте от 24 до 97 лет (средний возраст 57,63±15,87 года) со скрытой потерей слуха (снижением слуха на высоких частотах), I степенью тугоухости и ее вариациями. Проведены слуховые тренировки на базе системы диагностики и реабилитации пространственного и речевого слуха на основе виртуальной реальности с использованием различных аудиовизуальных сценариев ReviAudio, осуществлялся контроль восприятия речи, пространственного слуха и качества слуха с помощью опросника SSQRus.

**Результаты.** Сравнительный анализ результатов тренировки с использованием программы ReviAudio выявил положительные тенденции по времени ответных реакций пациента и точности определения пациентом направления подачи целевого сигнала вне зависимости от симметричности и асимметричности потери слуха, причем пациенты с асимметричным нарушением слуха отметили улучшение показателей пространственного слуха, пациенты с симметричной тугоухостью — улучшение восприятия речи и качества слуха, пациенты со скрытой потерей слуха — улучшение качества слуха.

**Выводы.** Слуховые тренировки как дополнительный метод лечения эффективны у лиц с хронической сенсоневральной тугоухостью легкой степени и у лиц со скрытой потерей слуха.

**Ключевые слова:** хроническая сенсоневральная тугоухость, слуховая тренировка, виртуальная реальность.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Дайхес Н.А. — <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>

Владимилова Т.Ю. — <https://orcid.org/0000-0003-1221-5589>; e-mail: [vladimirovalor@yandex.ru](mailto:vladimirovalor@yandex.ru)

Сапожников Я.М. — <https://orcid.org/0000-0001-8421-7212>

Мачалов А.С. — <https://orcid.org/0000-0002-5706-7893>

Мартынова А.Б. — <https://orcid.org/0000-0001-5851-5670>

**Автор, ответственный за переписку:** Владиминова Т.Ю. — e-mail: [vladimirovalor@yandex.ru](mailto:vladimirovalor@yandex.ru)

### КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Дайхес Н.А., Владиминова Т.Ю., Сапожников Я.М., Мачалов А.С., Мартынова А.Б. Эффективность слуховых тренировок с использованием технологий виртуальной реальности у лиц с хронической сенсоневральной тугоухостью. *Вестник оториноларингологии*. 2021;86(6):17–21. <https://doi.org/10.17116/otorino20218606117>

## The effectiveness of auditory training using virtual reality technologies in persons with chronic sensorineural hearing loss

© N.A. DAIKHES<sup>1</sup>, T.YU. VLADIMIROVA<sup>2</sup>, YA.M. SAPOZHNIKOV<sup>1</sup>, A.S. MACHALOV<sup>1</sup>, A.B. MARTYNOVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Medical Research Center of Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Samara State Medical University, Samara, Russia

### ABSTRACT

**Objective.** To study the effectiveness of auditory training using virtual reality technologies in people with chronic sensorineural hearing loss in dynamics.

**Material and methods.** The study included 68 patients aged from 24 to 97 years (mean age 57.63±15.87 years) with latent hearing loss (hearing loss at high frequencies), I degree of hearing loss and its variations. Auditory training was carried out on the basis of the Diagnostic and Rehabilitation System for spatial and speech hearing based on virtual reality using various audiovisual scenarios ReviAudio and control of speech perception, spatial hearing and hearing quality using the SSQRus questionnaire.

**Results.** A comparative analysis of the training results using the ReviAudio software revealed positive trends in the patient's response time and the patient's accuracy in determining the direction of the target signal, regardless of the symmetry and asymmetry of hearing loss. Patients with asymmetric hearing impairment observe an improvement in spatial hearing parameters, patients with symmetric hearing loss — speech perception and hearing quality, patients with latent hearing loss report an improvement in the quality of hearing. The auditory training is effective in individuals with mild chronic sensorineural hearing loss and in individuals with latent hearing loss as an adjunctive treatment.

**Keywords:** chronic sensorineural hearing loss, auditory training, virtual reality.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:**Daikhes N.A. — <https://orcid.org/0000-0001-5636-5082>Vladimirova T.Yu. — <https://orcid.org/0000-0003-1221-5589>; e-mail: vladimirovalor@yandex.ruSapozhnikov Ya.M. — <https://orcid.org/0000-0001-8421-7212>Machalov A.S. — <https://orcid.org/0000-0002-5706-7893>Martynova A.B. — <https://orcid.org/0000-0001-5851-5670>**Corresponding author:** Vladimirova T.Yu. — e-mail: vladimirovalor@yandex.ru**TO CITE THIS ARTICLE:**Daikhes NA, Vladimirova TYu, Sapozhnikov YaM, Machalov AS, Martynova AB. The effectiveness of auditory training using virtual reality technologies in persons with chronic sensorineural hearing loss. *Bulletin of Otorhinolaryngology = Vestnik otorinolaringologii*. 2021;86(6):17–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/otorino20218606117>

## Введение

По оценкам экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), хроническая сенсоневральная тугоухость (ХСНТ) занимает 4-е место среди основных причин, приводящих к инвалидности [1]. Почти 60% взрослых в возрасте старше 70 лет имеют клинически значимую потерю слуха. На распространенность ХСНТ влияет увеличение доли пожилых людей, у которых наблюдается необратимое повреждение слуховой системы на клеточном уровне [2, 3]. К сожалению, приобретенная потеря слуха в большинстве случаев не поддается ни хирургическому лечению, ни медикаментозной терапии.

Наиболее явным негативным последствием снижения слуха является затруднение восприятия речи, которое может привести к социальной изоляции, проблемам с психическим здоровьем, трудностям во взаимоотношениях с близкими и снижению качества жизни в целом.

Основным методом коррекции нарушения слуховой функции в настоящее время является применение слуховых аппаратов (СА) [4]. Несмотря на преимущества и значительные достижения в области цифровых СА, их использование относительно невелико: доля лиц, не использующих СА, варьирует от 5 до 40%. Возможные причины связаны с затруднением в обращении со СА, недооценкой преимуществ СА, отсутствием доступа к сурдологической помощи и стигматизацией. Кроме того, часто СА могут быть неэффективными в неблагоприятных акустических условиях, поэтому процесс слуховой реабилитации гораздо шире, чем только предоставление СА. Ввиду этого начинающим пользователям СА для улучшения эффективности коррекции слуха требуются соответствующее сурдологическое консультирование и слуховые тренировки. Вследствие слуховых тренировок совершенствуются сенсорная обработка звуков (снизу вверх) и процессы когнитивного (нисходящего) контроля, особенно в сложных акустических ситуациях. Активное проведение слуховых тренировок может вызывать пластические изменения в головном мозге за счет воздействия новых слуховых стимулов, приводя к улучшению слуховой функции у пожилых людей [5]. Исследования показывают, что за счет оптимизации адаптации к новым слуховым сигналам, поступающим от СА, слуховые тренировки улучшают результаты общения для тех, кто впервые пользуется средствами электроакустической коррекции [6].

Взаимодействие с внешним миром обычно является мультисенсорным, и человеческий мозг эволюционировал, чтобы оптимально обрабатывать информацию, работать и обучаться в мультисенсорных, а не в моносенсорных

условиях. Следовательно, для достижения наиболее положительного результата требуется проведение определенного числа слуховых тренировок с использованием мультисенсорной стимуляции, учет длительности и степени слуховых нарушений. Слуховая тренировка может быть полезна для людей, использующих СА, и для тех, кто решил от них отказаться, а также для лиц с легкой потерей слуха, не являющейся показанием к электроакустической коррекции.

Цель исследования — изучить в динамике эффективность слуховых тренировок с использованием технологий виртуальной реальности у лиц с хронической сенсоневральной тугоухостью.

## Материал и методы

В группу исследования включены 68 пациентов в возрасте от 24 до 97 лет (средний возраст  $57,63 \pm 15,87$  года), среди них 38 женщин (55,56%) и 30 мужчин (44,44%) со скрытой потерей слуха (снижением слуха на высоких частотах), I степенью тугоухости и ее вариациями.

Дизайн исследования включает оценку жалоб и анамнеза, осмотр уха, горла и носа, тональную пороговую аудиометрию в расширенном диапазоне частот — до 20 кГц (AC40, Interacoustics A/S, Дания), тимпанометрию (AC226, Interacoustics A/S, Дания), речевую аудиометрию в свободном звуковом поле с использованием многосложного и цифрового речевого материала в тишине (сбалансированные таблицы слов Гринберга—Зиндера, записанные на CD-дисках фирмой Siemens Audiologische-technik), анкетирование с использованием опросника SSQrus.

Слуховые тренировки проводили на базе системы диагностики и реабилитации пространственного и речевого слуха на основе виртуальной реальности с использованием различных аудиовизуальных сценариев ReviAudio, разработанной совместно с Институтом инновационного развития ФГБОУ ВО «СамГМУ» Минздрава России [7]. Результаты исследования и разработки получены в рамках выполнения программы деятельности Лидирующего исследовательского центра, реализующего дорожную карту по «сквозной» цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности» при финансовой поддержке Минкомсвязи России и АО «РВК» (Россия). Слуховые тренировки выполняли на персональном компьютере на базе Intel Core i5, в шлеме виртуальной реальности, использовали акустическую систему с восемью колонками Hyundai (Республика Корея), установленными на расстоянии 1,5 м под углами 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° относительно головы пациента. Расположение колонок ду-

блировалось в аудиовизуальном изображении в шлеме виртуальной реальности. Пациента помещали в центре окружности, лицом в сторону колонки, находящейся на оси  $0^\circ$ , на вращающемся стуле, так чтобы он мог свободно вращаться на  $180^\circ$  против часовой стрелки и по часовой стрелке. В руке пациента помещался контроллер — правый или левый в зависимости от удобства или от сопутствующих заболеваний пациента. Выбирали режим «без визуальной подсказки», без фонового сигнала в виде «белого шума», целевые и нецелевые односложные сигналы, представленные мужским и женским голосом. Громкость целевых сигналов в зависимости от показаний речевой аудиометрии и пороговой тональной аудиометрии составляла более 35 дБ над индивидуальным порогом слуха. После подачи целевого сигнала пациент поворачивал голову в сторону предполагаемого им источника целевого сигнала, нажимал кнопку на контроллере и возвращался в исходное положение. Программа ReviAudio автоматически фиксировала и сохраняла в аналитической информационной системе угол поворота головы пациента в градусах относительно локализации целевого сигнала и время ответных реакций в секундах. Последовательность и направленность звуковых сигналов выбиралась программой ReviAudio в различных вариациях, во избежание запоминания пациентом. Занятия проводились ежедневно по одной процедуре в день в течение 7 дней, длительность каждого занятия составляла 15 мин с одной паузой длительностью 2 мин. Оценивали время ответных реакций пациента в секундах и точность определения пациентом направления подачи целевого сигнала в градусах по каждой из колонок на 3-й и 7-й дни слуховых тренировок. На 3-й и 7-й дни дополнительно оценивали результаты по шкалам «Восприятие речи», «Пространственный слух» и «Качество слуха» с помощью опросника SSQRus в баллах.

Условия проведения исследования соответствовали этическим стандартам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» (2000) и Правилам клинической практики в Российской Федерации, утвержденным Приказом Минздрава России от 1 апреля 2016 г. №200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики».

Получено письменное информированное добровольное согласие каждого пациента на обследование.

В работе применяли методы математической статистики. Обработка результатов исследования проведена с помощью статистического пакета BioStat Statistica 10.0 и прикладного пакета программ Microsoft Excel. Оценка статистической значимости выполнена с применением критерия Манна—Уитни и расчетом статистической значимости различий по критерию Стьюдента при известном числе наблюдений ( $n$ ). Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ .

## Результаты

Все участники (100%) завершили слуховую тренировку рекомендованной продолжительности в течение 7 дней. Этот показатель использован для оценки приверженности.

Нами выделены три группы пациентов с возрастными подгруппами младше 59 лет и старше 60 лет. В 1-ю группу включены пациенты со снижением слуха на частотах выше 8 кГц: 19 человек составили подгруппу младше 59 лет (средний возраст  $48,6 \pm 1,3$  года), из них 10 мужчин (сред-

ний возраст  $50,7 \pm 2,4$  года) и 9 женщин (средний возраст  $47,0 \pm 3,2$  года); 9 человек составили подгруппу старше 60 лет (средний возраст  $69,2 \pm 2,8$  года), из них 4 мужчин (средний возраст  $67,5 \pm 4,1$  года) и 5 женщин (средний возраст  $70,6 \pm 5,6$  года). Во 2-ю группу включены пациенты с симметричной тугоухостью I степени: 11 человек составили подгруппу младше 59 лет (средний возраст  $55,3 \pm 2,3$  года), из них 6 мужчин (средний возраст  $55,1 \pm 2,7$  года) и 5 женщин (средний возраст  $49,2 \pm 4,2$  года); 9 человек составили подгруппу старше 60 лет (средний возраст  $69,1 \pm 2,1$  года), из них 5 мужчин (средний возраст  $68,5 \pm 3,4$  года) и 4 женщины (средний возраст  $71,3 \pm 5,1$  года). В 3-ю группу вошли пациенты с асимметричной тугоухостью I степени: 11 человек составили подгруппу младше 59 лет (средний возраст  $58,2 \pm 1,6$  года), из них 4 мужчин (средний возраст  $56,7 \pm 2,4$  года) и 5 женщин (средний возраст  $58,1 \pm 3,1$  года); 11 человек составили подгруппу старше 60 лет (средний возраст  $72,1 \pm 3,7$  года), из них 5 мужчин (средний возраст  $69,4 \pm 5,1$  года) и 6 женщин (средний возраст  $74,2 \pm 5,3$  года).

По данным тональной пороговой аудиометрии среднее значение речевых частот по воздушной проводимости для правого уха у лиц младше 59 лет 1-й группы составило  $16,15 \pm 2,2$  дБ, 2-й группы —  $32,32 \pm 2,4$  дБ, 3-й группы —  $32,19 \pm 2,5$  дБ; у лиц старше 60 лет 1-й группы —  $18,75 \pm 1,9$  дБ, 2-й группы —  $32,5 \pm 2,6$  дБ, 3-й группы —  $36,62 \pm 2,9$  дБ. Среднее значение речевых частот по воздушной проводимости для левого уха у лиц младше 59 лет 1-й группы составило  $15,16 \pm 3,1$  дБ, 2-й группы —  $32,5 \pm 3,1$  дБ, 3-й группы —  $33,75 \pm 2,2$  дБ; у лиц старше 60 лет 1-й группы —  $19,31 \pm 2,6$  дБ, 2-й группы —  $32,6 \pm 2,9$  дБ, 3-й группы —  $41,25 \pm 2,8$  дБ.

Показатели речевой аудиометрии у пациентов 1-й группы были статистически значимо лучше, чем у пациентов 2-й и 3-й групп ( $p < 0,01$ ). Разборчивость речи у лиц младше 60 лет была лучше как в тишине, так и на фоне «белого шума». У пациентов группы асимметричной тугоухости разборчивость речи оказалась самой низкой. У лиц младше 59 лет 1-й группы в тишине 50% разборчивость определялась при интенсивности 25,63 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 45,63 дБ; на фоне «белого шума» 50% разборчивость определялась при интенсивности 26,67 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 46,46 дБ. У лиц старше 60 лет 1-й группы в тишине 50% разборчивость определялась при интенсивности 30,0 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 50,2 дБ; на фоне «белого шума» 50% разборчивость определялась при интенсивности 31,11 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 51,67 дБ. У лиц младше 59 лет 2-й группы в тишине 50% разборчивость определялась при интенсивности 27,71 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 50,0 дБ; на фоне «белого шума» 50% разборчивость определялась при интенсивности 40,29 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 68,57 дБ. У лиц старше 60 лет 2-й группы в тишине 50% разборчивость определялась при интенсивности 42,14 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 62,14 дБ; на фоне «белого шума» 50% разборчивость определялась при интенсивности 47,14 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 71,43 дБ. У лиц младше 59 лет 3-й группы в тишине 50% разборчивость определялась при интенсивности 38,75 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 53,75 дБ; на фоне «белого шума» 50% разборчивость определялась при интенсивности 44,25 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 60,0 дБ. У лиц старше 60 лет 3-й группы в тишине 50% разборчивость определялась при интенсивности 50,0 дБ,

100% разборчивость — при интенсивности 65,29 дБ; на фоне «белого шума» 50% разборчивость определялась при интенсивности 57,06 дБ, 100% разборчивость — при интенсивности 69,71 дБ.

При проведении слуховых тренировок оценивали в динамике время реакции и точность определения пациентом направления подачи целевого сигнала в градусах по переднему направлению (расположение колонок на оси 0°, 45° и 315°), по переднебоковому направлению (расположение колонок на оси 270°, 315°, 0°, 45° и 90°) и заднему направ-

лению (расположение колонок на оси 225°, 180° и 135°). При проведении слуховых тренировок отмечено, что результаты времени реакции и точности определения пациентом направления подачи целевого сигнала в градусах по каждой из колонок у лиц старше 60 лет ниже по сравнению с лицами младше 59 лет всех групп исследования (табл. 1, 2). У лиц 3-й группы время реакции и угол ошибки на целевой сигнал оказались выше, ввиду того что у пациентов с асимметричной тугоухостью снижена способность локализовать звук в горизонтальной плоскости. По ре-

**Таблица 1. Время реакции у пациентов исследуемых групп в динамике**

**Table 1. The reaction time in the study groups in dynamics (seconds)**

Направление целевого сигнала	Дни исследования	Время реакции, с					
		1-я группа		2-я группа		3-я группа	
		<59 лет	>60 лет	<59 лет	>60 лет	<59 лет	>60 лет
Переднее	1-й	2,41	2,63	3,24	3,80	3,68	3,94
	3-й	2,21	2,26	2,86	3,28	3,02	3,92
	7-й	2,03	2,08	2,82	3,14	3,0	3,24
Переднебоковое	1-й	2,53	2,64	3,26	3,83	3,70	4,03
	3-й	2,27	2,30	2,90	3,33	3,26	3,93
	7-й	2,04	2,10	2,86	3,16	3,20	3,34
Заднее	1-й	2,67	2,69	3,30	3,93	3,76	4,1
	3-й	2,33	2,36	2,91	3,36	3,36	3,96
	7-й	2,16	2,23	2,90	3,26	3,33	3,46

**Таблица 2. Точность определения направления подачи целевого сигнала пациентами исследуемых групп в динамике**

**Table 2. The accuracy of determining the direction of the target signal in the studied groups in dynamics (degrees)**

Направление целевого сигнала	Дни исследования	Точность определения направления подачи целевого сигнала, градусы					
		1-я группа		2-я группа		3-я группа	
		<59 лет	>60 лет	<59 лет	>60 лет	<59 лет	>60 лет
Переднее	1-й	36,6	35,82	47,6	52,8	47,88	52,43
	3-й	27,62	31,06	34,74	36,06	39,48	47,14
	7-й	24,48	28,53	27,58	31,46	30,18	37,76
Переднебоковое	1-й	35,62	37,46	50,16	53,9	48,3	53,16
	3-й	27,93	31,06	33,86	36,6	40,43	47,7
	7-й	24,6	28,96	28,3	31,9	32,7	37,96
Заднее	1-й	36,86	37,73	51,46	56,93	45,43	63,6
	3-й	31,36	31,43	34,86	38,1	43,53	52,6
	7-й	24,93	29,2	29,6	33,13	34,5	38,56

**Таблица 3. Сравнительная оценка результатов анкеты SSQRus у пациентов исследуемых групп в динамике**

**Table 3. The comparative assessment of the results of the SSQRus questionnaire in the studied groups in dynamics (scores)**

Шкалы SSQ-12	Дни исследования	Результаты оценки по анкете SSQRus, баллы					
		1-я группа		2-я группа		3-я группа	
		<59 лет	>60 лет	<59 лет	>60 лет	<59 лет	>60 лет
Восприятие речи	1-й	42,66	35,11	39,77	32,86	35,57	29,88
	3-й	42,68	35,21	40,79	33,57	36,57	30,65
	7-й	42,71	36,13	41,75	34,86	36,29	30,88
Пространственный слух	1-й	36,37	35,89	32,29	28,43	30,00	26,76
	3-й	36,38	35,99	32,31	28,57	31,5	27,53
	7-й	36,41	35,80	33,25	28,58	33,5	29,71
Качество слуха	1-й	26,41	24,67	24,43	23,43	23,75	22,47
	3-й	27,79	26,78	24,86	23,71	23,85	22,53
	7-й	29,12	27,89	26,14	25,29	24,75	22,76

зультатам слуховых тренировок наблюдается улучшение ответных реакций и точности определения целевого сигнала на 3-й и 7-й день исследования у пациентов всех групп.

При оценке результатов по шкалам «Восприятие речи», «Пространственный слух» и «Качество слуха» с помощью опросника SSQRus в баллах на 3-й и 7-й дни исследования (табл. 3) выявлено улучшение на 2 балла и более по шкалам «Восприятие речи» и «Качество слуха» у пациентов группы симметричной тугоухости. Участники со скрытой потерей слуха отметили улучшение слуха по шкале «Качество слуха» на 3 балла и более. У исследуемых группы с асимметричным нарушением слуха наблюдалось улучшение показателей пространственного слуха на 3 балла и более.

## Выводы

Сравнительный анализ результатов тренировки с использованием программы ReviAudio выявил положитель-

ные тенденции по времени ответных реакций пациента и точности определения пациентом направления подачи целевого сигнала вне зависимости от симметричности и асимметричности потери слуха. Однако у пациентов с симметричной тугоухостью показатели улучшения в результате тренировки слуха оказались выше, чем у пациентов с асимметрией слуха. Следует отметить, что пациенты с асимметричным нарушением слуха отмечают улучшение показателей пространственного слуха, пациенты с симметричной тугоухостью — улучшение восприятия речи и качества слуха, пациенты со скрытой потерей слуха — улучшение качества слуха. Таким образом, слуховые тренировки как дополнительный метод лечения эффективны у лиц с хронической сенсоневральной тугоухостью легкой степени и у лиц со скрытой потерей слуха.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflicts of interest.**

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- World Health Organization. *Disability and rehabilitation (online)*. Accessed April 24, 2021. <https://www.who.int/disabilities/care/activities/en>
- Кунельская Н.Л., Левина Ю.В., Гаров Е.В., Дзюина А.В. и др. Пресбиакузис — актуальная проблема стареющего населения. *Вестник оториноларингологии*. 2019;84(4):67-71. Kunelskaya NL, Levina YuV, Garov EV, Dzyuina AV, et al. Presbycusis — an urgent problem of the aging population. *Vestnik otorinolaringologii*. 2019;84(4):67-71. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/otorino20198404167>
- Дайхес Н.А., Карнеева О.В., Ким И.А., Савельев С.В. Состояние оториноларингологической службы Российской Федерации. *Российская оториноларингология*. 2019;18(3):9-16. Daikhes NA, Karneeva OV, Kim IA, Savelyev SV. The state of the otorhinolaryngological service of the Russian Federation. *Rossiyskaya otorinolaringologiya*. 2019;18(3):9-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-3-9-16>
- Абдулкеримов Х.Т., Таварткиладзе Г.А., Цыганкова Е.Р., Бобошко М.Ю., Климанцев С.А. *Сенсоневральная тугоухость. Клинические рекомендации*. М.—СПб; 2014. Ссылка активна на 08.11.21. Abdulkherimov KhT, Tavartkiladze GA, Tsygankova ER, Boboshko MYu, Klimantsev SA. *Sensonevral'naya tugouhost'. Klinicheskie rekomendatsii*. M.—SPb; 2014. Accessed November 08, 2021. (In Russ.). <https://mosgorzdrav.ru/ru-RU/science/default/download/52.html>
- Irvine RF. Plasticity in the auditory system. *Hearing Research*. 2018;362(5):61-73. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2017.10.011>
- Бобошко М.Ю., Жилинская Е.В., Пак С.П., Огородникова Е.А. *Слуховая тренировка в реабилитации взрослых пациентов с тугоухостью*. Современные проблемы физиологии и патологии слуха. Материалы 7-го Национального конгресса аудиологов и 11-го Международного симпозиума. Суздаль: Святигор; 2017:84-85. Boboshko MYu, Zhilinskaya EV, Pak SP, Ogorodnikova EA. *Slukhovaya trenirovka v reabilitatsii vzroslykh patsientov s tugoukhost'yu*. Sovremennye problemy fiziologii i patologii slukha. Materialy 7-go Natsional'nogo kongressa audiologov i 11-go Mezhdunarodnogo simpoziuma. Suzdal: Svyatigor; 2017:84-85. (In Russ.).
- Система диагностики и реабилитации пространственного и речевого слуха на основе виртуальной реальности с использованием различных аудиовизуальных сценариев «ReviAudio»*. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2020667093. *Sistema diagnostiki i reabilitatsii prostranstvennogo i rechevogo slukha na osnove virtual'noj real'nosti s ispol'zovaniem razlichnykh audiovizual'nykh stsenarijev «ReviAudio»*. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM №2020667093.

Поступила 13.05.2021

Received 13.05.2021

Принята к печати 21.09.2021

Accepted 21.09.2021