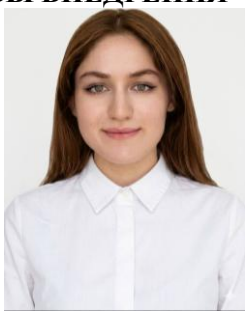
УДК: 616.28-072.7:004.42

# ЦИФРОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ АУДИОМЕТРИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ



Лутфуллаев Гайрат Умриллаевич, Кобилова Шаходат Шакировна,
Маюсупова Бивифотима Мухаматсобирзода
Самаркандский государственный медицинский университет, Республика Узбекистан, г. Самарканд

# МОБИЛ АУДИОМЕТРИЯ УЧУН РАҚАМЛИ ИЛОВАЛАР: ЗАМОНАВИЙ ИМКОНИЯТЛАР ВА ЖОРИЙ ЭТИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

Лутфуллаев Гайрат Умриллоевич, Кобилова Шаходат Шокировна,
Маюсупова Бивифотима Мухаматсобирзода
Самарқанд Давлат тиббиёт университети, Ўзбекистон Республикаси, Самарқанд ш.

# DIGITAL APPLICATIONS FOR MOBILE AUDIOMETRY: MODERN CAPABILITIES AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION

Lutfullaev Gairat Umrillaevich, Kobilova Shakhodat Shakirovna, Mayusupova Bivifotima Mukhamatsobirzoda
Samarkand State Medical University, Republic of Uzbekistan, Samarkand

e-mail: info@sammu.uz

***Резюме.*** *Эшитиш бузилишлари замонавий тиббиётнинг долзарб тиббий-ижтимоий муаммоларидан бири бўлиб, эшитиш функциясидаги ўзгаришларни эрта аниқлашнинг самарали ва оммабоп усулларини ишлаб чиқишни талаб этади. Сўнгги йилларда аудиология амалиётида смартфон ва планшет қурилмаларига асосланган мобил аудиометрия иловалари кенг қўлланилмоқда. Тадқиқот мақсади замонавий мобил аудиометрия иловаларининг функционал имкониятлари, диагностик самарадорлиги ва клиник амалиётда қўллаш истиқболларини қиёсий баҳолашдан иборат бўлди. Mimi Hearing Test, uHear, HearWHO, Petralex Hearing Test ва Hearing Test иловалари функционаллиги, аниқлиги, текширув частоталари диапазони, қўллаш қулайлиги ҳамда масофавий мониторинг имкониятлари бўйича таҳлил қилинди. Мобил аудиометрия натижалари стандарт тонал порогли аудиометрия маълумотлари билан таққосланди. Тадқиқот натижаларига кўра, Mimi Hearing Test ва uHear иловалари энг юқори диагностик ахборотлиликка эга бўлиб, уларнинг натижалари клиник аудиометрия кўрсаткичлари билан юқори даражада мос келди. HearWHO иловаси эшитиш бузилишларини оммавий скрининг қилишда юқори самарадорликни намоён этди. Мобил аудиометриянинг асосий афзалликлари сифатида оммабоплик, қўллашнинг соддалиги, текширувнинг тезкорлиги ва беморларни масофадан мониторинг қилиш имконияти қайд этилди. Шу билан бирга, натижалар аниқлиги мобил қурилма техник хусусиятлари, қулоқчинлар сифати ва текширув шароитларига боғлиқ экани аниқланди. Мобил аудиометрия иловаларидан фойдаланиш рақамли тиббиёт ва телетиббиётнинг истиқболли йўналиши бўлиб, эшитиш бузилишларини эрта аниқлаш дастурларини кенгайтириш ва аудиологик ёрдам оммабоплигини оширишга хизмат қилади.*

***Калит сўзлар:*** *мобил аудиометрия, эшитиш бузилишлари, эшитиш скрининги, тонал порогли аудиометрия, мобил иловалар, рақамли тиббиёт, телетиббиёт, аудиология, эрта диагностика, эшитиш функцияси.*

*Abstract. Hearing impairment remains one of the most significant medical and social problems in modern healthcare, necessitating the development of accessible and effective methods for early detection of auditory disorders. In recent years, mobile applications based on smartphones and tablet devices have been increasingly introduced into audiological practice. The aim of this study was to conduct a comparative analysis of modern mobile audiometry applications, evaluate their functional capabilities, diagnostic effectiveness, and prospects for clinical application. The applications Mimi Hearing Test, uHear, HearWHO, Petralex Hearing Test, and Hearing Test were analyzed according to functionality, diagnostic accuracy, frequency range, usability, and remote monitoring capabilities. The results of mobile audiometry were compared with standard pure-tone audiometry data. The findings demonstrated that Mimi Hearing Test and uHear showed the highest diagnostic accuracy and the strongest correlation with conventional clinical audiometry results. HearWHO proved to be highly effective as a tool for mass hearing screening and early detection of hearing disorders. The main advantages of mobile audiometry include accessibility, ease of use, rapid assessment, and the possibility of remote patient monitoring. However, the accuracy of the obtained results depends on the technical characteristics of mobile de-*

*vices, headphone quality, and testing conditions. The use of mobile audiometric applications represents a promising direction in digital medicine and telemedicine, contributing to the expansion of early hearing loss detection programs and improving access to audiological care.*

***Keywords:*** *mobile audiometry, hearing impairment, hearing screening, pure-tone audiometry, mobile applications, digital medicine, telemedicine, audiology, early diagnosis, auditory function.*

**Актуальность.** Нарушения слуха остаются одной из наиболее распространенных и социально значимых патологий в современной оториноларингологии и аудиологии. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 1,5 миллиарда человек в мире имеют различные формы снижения слуха, а значительная часть этих нарушений остается своевременно не выявленной [12]. Проблема имеет не только медицинское, но и выраженное социально-экономическое значение, поскольку снижение слуховой функции ухудшает речевую коммуникацию, ограничивает образовательные возможности детей, снижает профессиональную продуктивность взрослых и способствует социальной изоляции пожилых пациентов.

Особую актуальность проблема приобретает в связи с тем, что многие формы тугоухости в начальных стадиях протекают малосимптомно. Пациенты нередко обращаются к специалисту уже при выраженном снижении слуха, когда компенсаторные возможности слуховой системы ограничены, а реабилитационные мероприятия требуют больших материальных и организационных ресурсов. Ранняя диагностика позволяет своевременно провести профилактические, лечебные и слухопротезные мероприятия, предупредить прогрессирование нарушений и улучшить качество жизни пациентов [1, 2].

Традиционная тональная пороговая аудиометрия остается клиническим стандартом оценки слуховой чувствительности. Однако проведение классического аудиологического исследования требует специализированного оборудования, звукоизолированного помещения, калиброванных наушников и участия подготовленного медицинского персонала [3]. Эти условия не всегда доступны в первичном звене здравоохранения, сельских регионах, образовательных учреждениях, на промышленных предприятиях и при профилактических массовых осмотрах. В связи с этим возрастает интерес к цифровым инструментам, которые могут использоваться для предварительной оценки слуха и маршрутизации пациентов.

Развитие мобильных технологий, телемедицины и цифрового здравоохранения создало предпосылки для внедрения мобильной аудиометрии. Смартфоны и планшеты стали широкодоступными техническими средствами, обладающими достаточными вычислительными возможностями для генерации звуковых стимулов, регистрации ответов пользователя, хранения результатов и передачи данных врачу. По мнению ряда авторов, мобильная аудиометрия является одним из перспективных направлений модернизации аудиологического скрининга, поскольку сочетает доступность, простоту применения и возможность дистанционного наблюдения [5, 9].

В последние годы опубликованы систематические обзоры и клинические исследования, посвященные диагностической точности мобильных аудиометрических приложений. Авторы отмечают, что отдельные приложения демонстрируют приемлемую сопоставимость с результатами стандартной тональной пороговой аудиометрии, особенно при использовании качественных наушников и соблюдении условий минимального фонового шума [10, 11]. Вместе с тем результаты мобильной аудиометрии существенно зависят от технических характеристик устройства, алгоритмов программного обеспечения, калибровки звукового тракта и уровня подготовленности пользователя [6, 13]. Поэтому изучение функциональных возможностей и ограничений таких приложений представляет научный и практический интерес.

**Целью исследования** явился расширенный сравнительный анализ современных мобильных приложений для аудиометрии, оценка их функциональных возможностей, диагностической информативности, клинических ограничений и перспектив внедрения в систему раннего выявления нарушений слуховой функции.

**Материалы и методы исследования.** Проведен аналитический обзор и сравнительная оценка мобильных приложений, предназначенных для исследования слуховой функции и проведения первичного аудиологического скрининга. В анализ включены наиболее распространенные приложения, применяемые на мобильных устройствах с операционными системами Android и iOS: Mimi Hearing Test, uHear, HearWHO, Petralex Hearing Test и Hearing Test. Выбор данных платформ был обусловлен их доступностью, распространенностью, наличием публикаций об их применении, а также практической ориентированностью на самостоятельное или полуавтоматизированное тестирование слуха.

Оценка приложений проводилась по нескольким критериям: наличие тональной проверки слуха, диапазон исследуемых частот, возможность определения порогов слухового восприятия, удобство интерфейса, сохранение результатов, возможность передачи данных, применимость для массового скрининга, перспективность

использования в телемедицинском наблюдении и степень сопоставимости с клинической аудиометрией. Дополнительно учитывались ограничения, связанные с качеством наушников, фоновым шумом, отсутствием стандартизированной калибровки и возможным влиянием пользовательского фактора.

При подготовке статьи использованы данные отечественной и зарубежной литературы, посвященной цифровым технологиям в аудиологии, мобильным аудиометрическим платформам, скринингу слуховых нарушений и телемедицинским подходам. Особое внимание уделено публикациям, в которых рассматривались валидация смартфон-ориентированных приложений, диагностическая точность мобильной аудиометрии и перспективы ее внедрения в клиническую практику [5, 6, 9, 10, 11].

**Современные возможности мобильной аудиометрии.** Мобильная аудиометрия представляет собой метод предварительной оценки слуховой функции с использованием программного обеспечения, установленного на смартфон или планшет. В зависимости от алгоритма конкретного приложения тестирование может включать воспроизведение тональных сигналов различной частоты и интенсивности, распознавание слов или цифр на фоне шума, самооценку слухового восприятия, построение ориентировочной аудиограммы и автоматическое формирование цифрового отчета.

Наиболее близкими к классической тональной пороговой аудиометрии являются приложения, позволяющие определять минимальную интенсивность звука, воспринимаемую пользователем на отдельных частотах. Такие приложения могут использовать частоты, значимые для речевого диапазона, например 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Более расширенные платформы дополнительно включают частоты 250, 6000 и 8000 Гц, что повышает информативность теста при подозрении на ранние высокочастотные нарушения слуха, характерные для шумовой, возрастной или лекарственно-индуцированной тугоухости [7, 8].

Приложение Mimi Hearing Test ориентировано на оценку индивидуальной слуховой чувствительности и формирование персонального слухового профиля. Его преимуществами являются удобный интерфейс, возможность повторного тестирования, сохранение результатов и визуализация изменений слуха в динамике. При соблюдении условий тестирования результаты приложения могут демонстрировать хорошую сопоставимость с данными клинической аудиометрии, что позволяет рассматривать его как перспективный инструмент предварительного скрининга [6, 13].

uHear является одним из наиболее известных приложений, предназначенных для самостоятельной оценки слуха. Оно позволяет проводить ориентировочную проверку слухового порога и оценивать восприятие речи в шумовой среде. По данным исследований, подобные приложения могут быть полезны для выявления лиц с вероятным снижением слуха, однако их результаты должны интерпретироваться как скрининговые и не могут рассматриваться в качестве окончательного клинического диагноза [5, 10].

HearWHO разработано как инструмент массового скрининга и основано на оценке способности распознавать цифры на фоне шума. Такой подход удобен для быстрого выявления вероятных нарушений слуха в больших группах населения. De Sousa и соавторы показали, что глобальное использование HearWHO демонстрирует практическую ценность мобильного mHealth-подхода в аудиологическом скрининге и может способствовать повышению обращаемости пациентов за специализированной помощью [6].

Petralex Hearing Test сочетает элементы проверки слуховой чувствительности и персонализированной настройки звукового восприятия. Приложение может быть полезным для самостоятельного мониторинга и повышения мотивации пациента к обращению за аудиологической помощью. Однако, как и другие мобильные платформы, оно зависит от качества акустического тракта, характеристик наушников и внешних условий, что ограничивает его применение как самостоятельного диагностического метода.

Hearing Test относится к группе простых приложений для ориентировочной оценки слуха. Его преимущество заключается в доступности и простоте использования, однако диагностическая точность таких платформ обычно ниже, чем у приложений с более развитой системой тестирования и возможностью калибровки. Поэтому подобные решения целесообразно применять преимущественно для первичного самоконтроля и повышения настороженности пациента в отношении возможных слуховых нарушений.

**Диагностическая информативность и клиническая значимость.** Диагностическая ценность мобильной аудиометрии определяется не только программным алгоритмом приложения, но и условиями проведения исследования. Стандартная клиническая аудиометрия выполняется в контролируемой акустической среде с использованием калиброванного оборудования. В отличие от нее, мобильное тестирование часто проводится в домашних, учебных или производственных условиях, где уровень фонового шума может существенно искажать результаты. Поэтому мобильная аудиометрия должна рассматриваться как метод скрининга, а не как полноценная замена клинического аудиологического обследования [10, 11].

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика мобильных приложений для оценки слуховой функции

| Приложение | Основная функция | Сильные стороны | Ограничения | Оптимальная область применения |
|---|---|---|---|---|
| Mimi Hearing Test | Оценка слухового профиля и ориентировочная аудиограмма | Удобная визуализация, повторное тестирование, динамическое наблюдение | Зависимость от наушников и фонового шума | Индивидуальный мониторинг и предварительный скрининг |
| uHear | Оценка порогов слуха и восприятия речи | Простота, доступность, сопоставимость с клиническим тестом при правильных условиях | Нуждается в контроле условий исследования | Самоконтроль, первичный отбор пациентов |
| HearWHO | Распознавание цифр на фоне шума | Высокая пригодность для массового скрининга | Не является полной тональной аудиометрией | Популяционный скрининг и профилактические программы |
| Petralex Hearing Test | Проверка слухового восприятия и персонализация звука | Расширенные пользовательские функции | Высокая зависимость от акустического тракта | Домашний мониторинг и мотивация к обращению |
| Hearing Test | Простая ориентировочная проверка слуха | Доступность и минимальные требования к пользователю | Ограниченная диагностическая точность | Первичная самооценка слуха |

Наиболее информативными мобильные приложения становятся при повторном использовании у одного и того же пациента. Даже если абсолютные пороговые значения могут отличаться от данных клинической аудиометрии, динамическое наблюдение позволяет выявлять тенденцию к ухудшению слуха и своевременно направлять пациента к специалисту. Такой подход особенно важен для лиц, подвергающихся профессиональному шуму, пациентов, получающих ототоксичные препараты, пожилых людей, детей школьного возраста и пациентов после перенесенных воспалительных заболеваний среднего и внутреннего уха [8].

Систематические обзоры показывают, что отдельные мобильные аудиометрические решения обладают достаточной чувствительностью для выявления вероятной тугоухости, однако показатели специфичности и точности могут варьировать в зависимости от модели устройства, типа наушников и протокола тестирования [10, 11]. Поэтому клиническое внедрение мобильной аудиометрии должно сопровождаться разработкой единых методических рекомендаций: проведение теста в тихом помещении, использование рекомендованных или калиброванных наушников, повторное тестирование при сомнительных результатах и обязательное направление к врачу при выявлении отклонений.

Важным преимуществом мобильных приложений является возможность повышения охвата населения скринингом. В отличие от традиционного обследования, требующего визита в специализированный кабинет, мобильный тест может быть выполнен в школе, на рабочем месте, в поликлинике первичного звена или дома. Это особенно актуально для регионов с ограниченной доступностью сурдологической помощи. Сапожников и Котов подчеркивают, что цифровые технологии в аудиологии позволяют оптимизировать маршрутизацию пациентов и повысить эффективность профилактических программ [4].

Мобильная аудиометрия также имеет значение для телемедицины. Результаты тестирования могут быть сохранены в цифровом формате, переданы врачу, включены в электронную медицинскую карту и использованы для принятия решения о необходимости очного обследования. В условиях дефицита специалистов такой подход позволяет выделить группу пациентов, нуждающихся в приоритетной консультации, и снизить нагрузку на специализированные учреждения [7, 9].

**Преимущества мобильной аудиометрии.** Ключевым преимуществом мобильной аудиометрии является доступность. Большинство пациентов уже имеют смартфон, что снижает организационные барьеры для первичного тестирования слуха. Для первичного скрининга не требуется сложная подготовка, а интерфейс приложений обычно ориентирован на пользователя без медицинского образования. Это повышает вероятность самостоятельного обращения пациента к врачу при выявлении отклонений.

Вторым важным преимуществом является оперативность. Проведение мобильного теста занимает несколько минут, что позволяет использовать такие приложения в массовых профилакти-

ческих программах. Особенно перспективным является применение мобильной аудиометрии в образовательных учреждениях, при осмотрах работников шумных производств и в рамках профилактических программ для пожилых пациентов. Kobilova и соавторы отмечают значимость цифровых скрининговых маршрутов при выявлении сенсоневральной тугоухости у лиц, подвергающихся воздействию профессионального шума [8].

Третьим преимуществом является возможность повторного контроля. Пациент может выполнять тестирование в динамике, а врач получает возможность оценивать изменение слуховой функции между очными визитами. Такой подход особенно актуален для хронических заболеваний слухового анализатора, после перенесенного отита, при подозрении на прогрессирующую сенсоневральную тугоухость, а также при мониторинге эффективности слухопротезирования.

Четвертым преимуществом является образовательный эффект. Использование мобильных приложений повышает информированность населения о проблемах слуха, формирует ответственное отношение к профилактике тугоухости и снижает порог обращения за медицинской помощью. В этом отношении мобильная аудиометрия может рассматриваться не только как технический инструмент, но и как элемент профилактической медицины.

**Ограничения и нерешенные вопросы.** Несмотря на очевидные преимущества, мобильная аудиометрия имеет ряд ограничений. Наиболее существенным из них является отсутствие универсальной калибровки. Различные модели смартфонов и наушников имеют неодинаковые акустические характеристики, что может приводить к расхождению результатов. Даже одно и то же приложение при использовании разных наушников может демонстрировать различные пороговые значения.

Вторым ограничением является влияние фонового шума. При проведении теста в обычном помещении низкоинтенсивные звуковые стимулы могут маскироваться внешним шумом, особенно на низких частотах. Это повышает риск ложного завышения слуховых порогов и неправильной интерпретации результата. Поэтому приложения должны включать автоматический контроль фонового шума или предупреждение пользователя о несоответствии условий исследования.

Третьим ограничением является пользовательский фактор. Самостоятельное выполнение теста требует понимания инструкции, внимания и правильного реагирования на звуковые стимулы. У детей, пожилых пациентов и лиц с когнитивными нарушениями результаты могут быть менее надежными. В таких случаях мобильное тестирование целесообразно проводить под контролем медицинского работника, педагога или родственника.

Четвертым ограничением является риск неправильной самоинтерпретации. Нормальный результат мобильного теста не исключает наличие патологии среднего уха, скрытых нарушений восприятия речи в шуме, ретрокохлеарных процессов или начальных форм высокочастотной тугоухости. С другой стороны, отклонение по данным приложения не всегда означает наличие стойкого заболевания. Поэтому результаты мобильной аудиометрии должны сопровождаться ясным указанием на необходимость консультации специалиста при подозрении на нарушение слуха [1, 3].

**Перспективы внедрения в клиническую практику.** Перспективы внедрения мобильной аудиометрии связаны прежде всего со стандартизацией методики. Для клинического применения необходимо определить рекомендованные модели наушников, допустимый уровень фонового шума, частотный диапазон тестирования, критерии патологического результата и алгоритмы направления пациента к врачу. Такой подход позволит снизить вариабельность результатов и повысить доверие специалистов к мобильным платформам.

Важным направлением является интеграция мобильных приложений с телемедицинскими платформами и электронными медицинскими картами. Если результаты тестирования будут автоматически передаваться врачу или в медицинскую информационную систему, мобильная аудиометрия сможет стать частью маршрута ранней диагностики. Это позволит выделять пациентов группы риска, формировать электронные аудиологические профили и контролировать динамику слуховой функции на популяционном уровне.

Перспективным является применение искусственного интеллекта для интерпретации результатов мобильной аудиометрии. Алгоритмы машинного обучения могут учитывать возраст, жалобы, профессию, уровень шума, частотный профиль снижения слуха и данные повторных тестов. На основе этих параметров возможно формирование индивидуального риска тугоухости и рекомендаций по дальнейшему обследованию. При этом клиническое решение должно оставаться за врачом, а мобильные приложения должны выполнять вспомогательную и скрининговую функцию.

Особое значение мобильная аудиометрия может иметь для профилактики профессиональной тугоухости. Регулярное тестирование работников шумных производств с использованием цифровых платформ позволит раньше выявлять изменения слуха и своевременно проводить профилактические мероприятия. Для системы здравоохранения это означает снижение числа поздно

диагностированных случаев, уменьшение расходов на реабилитацию и повышение эффективности профилактических программ [8, 12].

В педиатрической практике мобильная аудиометрия может использоваться как дополнительный инструмент скрининга в школах и поликлиниках. Раннее выявление снижения слуха у детей имеет принципиальное значение, поскольку даже умеренные нарушения слухового восприятия могут ухудшать речевое развитие, внимание, обучение и социальное взаимодействие. Однако у детей мобильные тесты должны применяться с осторожностью и при наличии стандартизированной инструкции, поскольку результаты зависят от возраста, мотивации и понимания задания.

**Обсуждение.** Анализ современных мобильных приложений показывает, что мобильная аудиометрия занимает промежуточное положение между самостоятельной самооценкой слуха и полноценным клиническим аудиологическим обследованием. Ее ценность заключается не в замене врача или аудиометра, а в расширении возможностей раннего выявления нарушений слуха. Такая технология особенно эффективна на этапе первичного отбора пациентов, когда необходимо быстро определить, кому требуется углубленное обследование.

Сравнение различных приложений демонстрирует, что наиболее перспективны платформы, сочетающие простоту интерфейса, возможность количественной оценки слуховых порогов, сохранение результатов и повторное тестирование. Mimi Hearing Test и uHear могут рассматриваться как более информативные инструменты для индивидуальной оценки, тогда как HearWHO имеет значительную ценность для массового скрининга. Petralex Hearing Test и Hearing Test могут применяться как дополнительные инструменты самоконтроля, однако требуют осторожной интерпретации результатов.

С клинической точки зрения мобильная аудиометрия должна использоваться в рамках четкого алгоритма. При нормальном результате и отсутствии жалоб пациент может быть проинформирован о необходимости периодического профилактического контроля. При выявлении отклонений, наличии шума в ушах, ухудшении восприятия речи, асимметрии слуха или внезапном снижении слуха необходимо направление к оториноларингологу или сурдологу. Такой подход позволяет избежать как гипердиагностики, так и пропуска значимой патологии.

Таким образом, цифровые приложения для мобильной аудиометрии являются важным инструментом современной профилактической аудиологии. Их внедрение должно быть научно обоснованным, методически стандартизированным и интегрированным в систему медицинской помощи. При соблюдении этих условий мобильная аудиометрия может существенно повысить доступность ранней диагностики слуховых нарушений и улучшить качество аудиологического наблюдения.

**Выводы:**

Современные мобильные приложения для аудиометрии являются перспективным инструментом цифровой медицины и могут использоваться для первичного скрининга слуховых нарушений, дистанционного мониторинга пациентов и повышения доступности аудиологической помощи населению.

Наиболее высокой диагностической информативностью среди анализируемых приложений обладают Mimi Hearing Test и uHear, поскольку они позволяют проводить более детальную оценку слуховой чувствительности и демонстрируют лучшую сопоставимость с клинической тональной пороговой аудиометрией при соблюдении условий тестирования.

HearWHO представляет практическую ценность как инструмент массового скрининга слуховых нарушений, особенно в профилактических программах, образовательных учреждениях и первичном звене здравоохранения.

Основными преимуществами мобильной аудиометрии являются доступность, простота применения, оперативность, возможность повторного тестирования и дистанционной передачи результатов врачу. Основными ограничениями остаются зависимость от качества наушников, модели мобильного устройства, уровня фонового шума и пользовательского фактора.

Внедрение мобильной аудиометрии в клиническую практику требует стандартизации протоколов исследования, использования рекомендованных акустических устройств, разработки критериев направления пациентов к специалисту и интеграции результатов в телемедицинские и электронные медицинские системы.

**Литература:**

1. Крюков А.И., Гаров Е.В., Гуров А.В. Оториноларингология: национальное руководство. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. - 1040 с.
2. Лопатин А.С., Свистушкин В.М. Современные подходы к диагностике и лечению нарушений слуха // Российская оториноларингология. - 2020. - № 5. - С. 7–14.
3. Насретдинова М.Т., Ризаев Ж.А. Оториноларингология. - Самарканд, 2022. - Учебник.
4. Никитина И.В., Пальчун В.Т. Современные технологии диагностики слуховых нарушений // Вестник оториноларингологии. - 2022. - Т. 87, № 3. - С. 10–16.
5. Ризаев Ж.А., Туляганов Н.А. Состояние верхнечелюстной пазухи у пациентов с переломами

скулоорбитального комплекса: обзор литературы // Передовая офтальмология. - 2023. - Т. 2, № 2. - С. 66–73. DOI: 10.57231/j.ao.2023.2.2.012.
6. Сапожников А.А., Котов М.А. Цифровые технологии в аудиологии: возможности и перспективы // Российская оториноларингология. - 2021. - № 4. - С. 44–50.
7. Фаттаева Д.Р., Ризаев Ж.А., Рахимова Д.А., Холиков А.А. Клиническая картина синусита у пациентов после COVID-19 с хронической обструктивной болезнью лёгких // Узбекский медицинский журнал. - 2021. - Т. 2, № 2.
8. Bright T., Pallawela D. Validated smartphone-based apps for ear and hearing assessments: a review // JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies. - 2020. - Vol. 3, No. 2. DOI: 10.2196/rehab.6074.
9. De Sousa K.C., Smits C., Moore D.R. et al. Global use and outcomes of the hearWHO mHealth hearing test // BMJ Global Health. - 2022. DOI: 10.1177/20552076221113204.
10.Irace A.L., Sharma R.K., Reed N.S. Smartphone-based applications to detect hearing loss: a review of current technology // Journal of the American Geriatrics Society. - 2020. - Vol. 69, No. 2. - P. 307–316. DOI: 10.1111/jgs.16985.
11.Khasanov I.I., Rizaev J.A., Shomurodov K.E. Specific features of dental implantation in patients with maxillar sinusitis // EPRA International Journal of Socio-Economic and Environmental Outlook. - 2020. - Vol. 7, Issue 5.
12.Kobilova Sh.Sh., Khusanova D.A., Khazratkulova M.I., Gulomov Sh.A. Digital screening pathways for sensorineural hearing loss in industrial workers exposed to occupational noise // International Journal of Drug Delivery Technology. - 2026. - Vol. 16, Issue 44s. - P. 555.
13.Oremule B., Abbas J., Saunders G. et al. Mobile audiometry for hearing threshold assessment: systematic review // Clinical Otolaryngology. - 2023. DOI: 10.1111/coa.14107.
14.Rizaev J.A., Fattaeva D.R., Rakhimova D.A. Efficiency of different modes of therapy for higher sinus after COVID-19 in chronic obstructive pulmonary disease // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. - 2021. - Vol. 25, Issue 1. - P. 6378–6383.
15.Swanepoel D.W. et al. Mobile audiometry for hearing threshold assessment: a systematic review and meta-analysis // Clinical Otolaryngology. - 2024. - Vol. 49, No. 1. - P. 74–86. DOI: 10.1111/coa.14107.
16.Wang K., Wei W., Shi J. et al. Diagnostic accuracy of mobile health-based audiometry for the screening of hearing loss in adults: a systematic review and meta-analysis // Telemedicine and e-Health. - 2023. DOI: 10.1089/tmj.2022.0427.
17.World Health Organization. World report on hearing. - Geneva: WHO, 2021.
18.Yesantharao L.V., Donahue M., Smith A. et al. Virtual audiometric testing using smartphone mobile applications to detect hearing loss // Johns Hopkins University Publication. - 2021.

## *ЦИФРОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ АУДИОМЕТРИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ*

*Лутфуллаев Г.У., Кобилова Ш.Ш., Маюсупова Б.М.*

***Резюме.*** *Нарушения слуха остаются одной из актуальных медико-социальных проблем современной медицины, что обусловливает необходимость разработки доступных и эффективных методов ранней диагностики слуховых расстройств. В последние годы в аудиологической практике активно внедряются мобильные приложения для исследования слуховой функции, основанные на использовании смартфонов и планшетных устройств. Целью исследования явился сравнительный анализ современных приложений для мобильной аудиометрии, оценка их функциональных возможностей, диагностической эффективности и перспектив применения в клинической практике. Проведён анализ мобильных платформ Mimi Hearing Test, uHear, HearWHO, Petralex Hearing Test и Hearing Test по критериям функциональности, точности, диапазона исследуемых частот, удобства использования и возможности дистанционного мониторинга слуховой функции. Результаты мобильной аудиометрии сопоставлялись с данными стандартной тональной пороговой аудиометрии. Установлено, что наиболее высокой диагностической информативностью обладали приложения Mimi Hearing Test и uHear, показатели которых максимально коррелировали с результатами клинической аудиометрии. Приложение HearWHO продемонстрировало высокую эффективность в качестве инструмента массового скрининга слуховых нарушений. Основными преимуществами мобильной аудиометрии являются доступность, простота использования, оперативность обследования и возможность дистанционного мониторинга пациентов. Вместе с тем точность результатов зависит от технических характеристик мобильных устройств, качества наушников и условий проведения исследования. Использование мобильных аудиометрических приложений представляет перспективное направление цифровой медицины и телемедицины, способствующее расширению программ раннего выявления нарушений слуха и повышению доступности аудиологической помощи населению.*

***Ключевые слова:*** *мобильная аудиометрия, нарушения слуха, скрининг слуха, тональная пороговая аудиометрия, мобильные приложения, цифровая медицина, телемедицина, аудиология, ранняя диагностика, слуховая функция.*