

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-1-7-22>

Цифровые технологии для укрепления здоровья и профилактики заболеваний у пожилых людей

Оригинальное исследование

И.А. Шадеркин¹, В.А. Шадеркина²

¹ Институт цифрового биодизайна и моделирования живых систем Научно-технологического парк биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

² Урологический информационный портал Uroweb.ru, Москва, Россия

Контакт: Шадеркин Игорь Аркадьевич, info@uroweb.ru

Аннотация:

Введение. Старение населения ставит новые вызовы перед системами здравоохранения. Пожилые пациенты часто имеют несколько хронических заболеваний, ограниченную мобильность и потребность в постоянном наблюдении. Цифровые технологии предлагают инновационные подходы к укреплению здоровья и профилактике обострений у пожилых людей, повышая доступность и персонализацию медицинской помощи.

Цель исследования. Выявить, какие цифровые технологии пожилые люди могут самостоятельно применять для профилактики заболеваний и укрепления здоровья.

Материалы и методы. Рассмотрены основные категории цифровых решений: телемедицина (дистанционные консультации и мониторинг), носимые устройства (фитнес-трекеры и датчики), цифровые терапевтические приложения и искусственный интеллект (алгоритмы диагностики и прогноза).

Результаты. Цифровые подходы доказали эффективность во многих сферах медицины – телемедицинские вмешательства снижают артериальное давление и симптомы депрессии у пожилых пациентов; носимые устройства обеспечивают непрерывный мониторинг здоровья с своевременным выявлением отклонений и предотвращением осложнений. Цифровые терапевтические программы показали эффективность: почти у 50% участников достигнута ремиссия бессонницы. Алгоритмы ИИ применяются для ранней диагностики заболеваний и прогнозирования риска падений. Основными барьерами внедрения остаются цифровое неравенство – около 25% пожилых не имеют доступа к интернету или мобильным устройствам, а также проблемы безопасности данных, регуляторные барьеры и сложности интеграции цифровых технологий.

Выводы. Цифровые технологии способны заметно улучшить здоровье пожилых, но требуются усилия для преодоления указанных барьеров. Рекомендуются меры по сокращению цифрового разрыва, адаптации сервисов под пожилых, совершенствованию нормативной базы и обучению пользователей, а также расширение исследований (более широкий охват, испытание новых технологий, оценка эффективности).

Ключевые слова: цифровое здравоохранение; пожилые люди; телемедицина; телереабилитация; носимые устройства; интернет вещей; мобильные приложения; геймификация; искусственный интеллект; большие данные; цифровая терапия; виртуальная реальность; дополненная реальность; робототехника; ассистивные технологии; голосовые помощники; чат-боты; блокчейн; профилактика заболеваний; активное долголетие; гериатрия.

Для цитирования: Шадеркин И.А., Шадеркина В.А. Цифровые технологии для укрепления здоровья и профилактики заболеваний у пожилых людей. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2025; 11(1):7-22; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-1-7-22>

Digital technologies for health promotion and disease prevention in older adults

Original research

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-1-7-22>

I.A. Shaderkin¹, V.A. Shaderkina²

¹ Institute of Digital Biodesign and Modeling of Living Systems, Scientific and Technological Park of Biomedicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov, Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Moscow, Russia

² Urological information portal Uroweb.ru, Moscow, Russia

Contact: Igor A. Shaderkin, info@uroweb.ru

Summary:

Introduction. Population aging poses new challenges to healthcare systems. Older adults often live with multiple chronic conditions, limited mobility, and a need for continuous monitoring. Digital technologies offer innovative approaches to promoting health and preventing disease exacerbations in this population, enhancing accessibility and personalization of care.

Objective. To identify digital technologies that older adults can independently use for disease prevention and health promotion.

Materials and Methods. Key categories of digital solutions were analyzed, including telemedicine (remote consultations and monitoring), wearable devices (fitness trackers and sensors), digital therapeutic applications, and artificial intelligence algorithms for diagnosis and risk prediction.

Results. Digital interventions demonstrated proven effectiveness across various medical domains. Telemedicine reduced blood pressure and depressive symptoms among older patients, while wearable devices enabled continuous health monitoring, early detection of abnormalities, and prevention of complications. Digital therapeutic programs showed strong outcomes, achieving insomnia remission in nearly 50% of participants. Artificial intelligence algorithms are being applied for early disease detection and fall-risk prediction. Major barriers to adoption include digital inequality – about 25% of older adults lack internet or mobile access – as well as data security issues, regulatory constraints, and challenges in integrating digital technologies into healthcare systems.

Conclusions. Digital technologies can significantly improve the health and quality of life of older adults, but targeted efforts are required to overcome existing barriers. Recommended actions include reducing the digital divide, adapting digital services for aging users, improving regulatory frameworks, expanding education and training, and conducting broader research to evaluate new technologies and their effectiveness.

Key words: digital health; older adults; telemedicine; telerehabilitation; wearable devices; Internet of Things; mobile health applications; gamification; artificial intelligence; big data; digital therapeutics; virtual reality; augmented reality; robotics; assistive technologies; voice assistants; chatbots; blockchain; disease prevention; active aging; geriatrics.

For citation: Shaderkin I.A., Shaderkina V.A. Digital technologies for health promotion and disease prevention in older adults. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2025;11(1):7-22; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2025-11-1-7-22>

■ ВВЕДЕНИЕ

В мировой демографии наблюдаются беспрецедентные изменения: благодаря прогрессу в области здравоохранения, улучшению санитарии и снижению рождаемости доля пожилого населения стабильно растет. Согласно данным ВОЗ, между 2015 и 2050 годами доля людей старше 60 лет увеличится с 12 % до 22 % от общего населения. Уже к 2030 году 1 из 6 человек будет в возрасте 60 лет и старше (численность возрастет с 1 млрд до 1,4 млрд), а к 2050 г. число пожилых превысит 2,1 млрд человек [1]. Параллельно глобальный коэффициент рождаемости снизился с 5 рождений на женщину в 1950 г. до 2 рождений в настоящее время, что усугубляет дисбаланс возрастной структуры. Средняя продолжительность жизни возросла: с примерно 52 лет в 1960-х до 72 лет в 2022 году, и к 2050 году ожидается ее увеличение до 77 лет [2].

Старение населения ставит новые вызовы перед системами здравоохранения. Пожилые пациенты часто имеют несколько хронических

заболеваний, ограниченную мобильность и потребность в постоянном наблюдении. Цифровые технологии предлагают инновационные подходы к укреплению здоровья и профилактике обострений у пожилых людей, повышая доступность и персонализацию медицинской помощи.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе представлен обзор ключевых категорий цифровых технологий, применяемых для здоровья пожилых, практических примеров и доказательной базы их эффективности, а также обсуждаются барьеры внедрения и перспективы развития. Рассмотрены телемедицина, носимые устройства, мобильные приложения, искусственный интеллект, цифровая терапия, VR/AR, робототехника, голосовые помощники, блокчейн и другие решения, их роль в мониторинге состояния, профилактике падений, поддержке когнитивного здоровья, управлении полиморбидностью, а также вопросы регулирования, этики и интеграции.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ключевые категории цифровых технологий для пациентов старшего возраста

Телемедицина и телереабилитация

Телемедицина включает дистанционные медицинские консультации, мониторинг состояния и реабилитацию через видеосвязь и специализированные платформы (табл. 1).

Для пожилых с хроническими болезнями регулярные телеконференции с врачом и удаленный контроль показателей способны повысить качество жизни и функциональный статус [3, 4, 5].

Исследования отмечают, что телемедицинское наблюдение пожилых приводит к улучшению контроля симптомов, снижению госпитализаций и высокой удовлетворенности пациентов за счет удобства и постоянного контакта с врачом [6].

Особое развитие получили виртуальные группы поддержки и телереабилитация, где пациенты занимаются лечебной гимнастикой или проходят психотерапию в онлайн-группах. Так, в период пандемии активно применялась виртуальная групповая терапия для снижения одиночества у пожилых: участие в регулярных групповых видеосессиях помогало уменьшить чувство изоляции и получить эмоциональную поддержку [7]. Кроме того, дистанционные реабилитационные программы (телефизиотерапия) ►

Таблица 1. Ключевые цифровые технологии для здоровья пожилых: примеры и преимущества
Table 1. Key digital technologies for elderly health: examples and benefits

Категория Category	Примеры применения Application examples	Основные преимущества Key benefits
Телемедицина Telemedicine	Видеоконсультации врача на дому; телереабилитация после инсульта Video doctor consultations at home; telerehabilitation after stroke	Доступ к медпомощи при ограниченной мобильности; раннее вмешательство при ухудшении Access to medical care for those with limited mobility; early intervention if conditions worsen
Носимые устройства (IoT) Wearables (IoT)	Фитнес-браслет с монитором пульса; датчики падения в квартире Fitness bracelet with heart rate monitor; fall sensors in the apartment	Непрерывный мониторинг витальных функций; быстрое обнаружение проблем (аритмий, падений) Continuous monitoring of vital signs; rapid detection of problems (arrhythmias, falls)
Мобильные приложения Mobile Apps	Дневник артериального давления; напоминания о лекарствах Blood pressure diary; medication reminders	Улучшение самоконтроля хронических состояний; повышение приверженности лечению Improved self-management of chronic conditions; Increased treatment adherence
Геймификация Gamification	«Эксергейм» для тренировки равновесия; игровая ходьба с баллами Exergame for balance training; walking game with points	Мотивация к физической активности и когнитивным упражнениям; высокое вовлечение пользователей Motivation for physical activity and cognitive exercises; high user engagement
Искусственный интеллект Artificial Intelligence	Модель прогнозирования обострений ХОБЛ по данным сенсоров COPD exacerbation prediction model based on sensor data	Раннее предупреждение осложнений и госпитализаций; персонализированные рекомендации Early prevention of complications and hospitalizations; personalized recommendations
Цифровая терапия Digital Therapy	Программа для контроля гипертонии (одобрена как медизделие) Hypertension management software (approved as a medical device)	Доказанное улучшение клинических показателей (снижение АД, HbA1c и др.) без дополнительных лекарств Proven improvement in clinical indicators (reduction in blood pressure, HbA1c, etc.) without additional medications
VR/AR	VR-реабилитация походки; VR-тренажер памяти VR gait rehabilitation; VR memory trainer	Улучшение баланса и когнитивных функций через иммерсивные упражнения; снижение тревоги Improved balance and cognitive function through immersive exercises; reduced anxiety
Робототехника Robotics	Робот-питомец для терапии в доме престарелых; экзоскелет для ходьбы Robot pet for therapy in a nursing home; walking exoskeleton	Снижение одиночества и депрессии благодаря общению с роботами; повышение мобильности и самостоятельности Reduced loneliness and depression through interaction with robots; increased mobility and independence
Голосовые ассистенты Voice Assistants	Умная колонка с напоминаниями о приеме лекарств; чат-бот-«доврачебной помощи» Smart speaker with medication reminders; «First aid» chatbot	Простота взаимодействия для пользователей с любым уровнем навыков; своевременные напоминания и консультации 24/7 Easy interaction for users of all skill levels; timely reminders and 24/7 consultations

оказались не менее эффективны, а порой и эффективнее традиционных: мета-анализ 19 исследований показал значимое улучшение физического состояния и психического благополучия пожилых пациентов при телереабилитации по сравнению с очными занятиями [8]. Таким образом, телемедицинские технологии позволяют пожилым получать помощь на дому, вовремя выявлять проблемы и продолжать реабилитацию без отрыва от привычной среды.

Носимые устройства и системы «интернета вещей» (IoT)

Носимые датчики – это электронные приборы, которые пациенты носят на теле (часы, браслеты, нашивки и др.) для непрерывного сбора данных о состоянии здоровья. Современные носимые устройства способны круглосуточно отслеживать частоту сердечных сокращений, уровень кислорода в крови, артериальное давление, температуру тела, уровень физической активности, качество сна и другие витальные показатели [9]. Для уязвимой пожилой аудитории, склонной к резким изменениям самочувствия, такие приборы особенно ценны: они предоставляют актуальную информацию в реальном времени и фиксируют динамику параметров, что помогает своевременно обнаружить отклонения. Например, часы с функцией ЭКГ могут выявлять эпизоды мерцательной аритмии, а трекеры активности – снижение пройденных шагов как признак ухудшения здоровья. Носимые биосенсоры интегрированы в экосистему IoT: данные передаются врачу или в облачные сервисы для анализа. Они поддерживают концепцию «активного старения», расширяя возможности самостоятельного контроля здоровья у пожилых [10]. Пожилые пациенты могут дольше оставаться независимыми, используя гаджеты для управления хроническими болезнями (например, контроля пульса при фибрилляции предсердий или уровня сахара при диабете).

Помимо этого, к IoT относятся и *умные домашние системы*. В доме могут быть установлены датчики движения, положения и окружающей среды, связанные в сеть: они автоматически отслеживают активность пожилого человека, фиксируют возможные падения или опасные ситуации (необычно долгое отсутствие

движения, утечка газа, открытая дверь и т.д.). По данным систематического обзора, технологии «умного дома» с непрерывным мониторингом повышают безопасность и самостоятельность пожилых [11]. Такие системы улучшают самоуправление здоровьем и независимость пожилых при одновременном облегчении нагрузки на ухаживающих. Например, датчики падения автоматически отправят сигнал родственникам или в службу поддержки, если пожилой упал, что сокращает время до оказания помощи.

В целом, носимые и домашние IoT-устройства формируют вокруг пожилого цифровую защитную среду, предупреждающую неотложные состояния и поддерживающую привычный образ жизни.

Мобильные приложения (mHealth) и геймификация

Смартфоны и планшеты широко используются пожилыми, и для них создано множество специализированных *mHealth-приложений*, которые помогают в самоконтроле артериального давления, уровня глюкозы крови, массы тела, частоты приема лекарств и др. Например, приложение может напомнить измерить давление и сохранить результат в дневник, доступный врачу. Доказано, что использование мобильных приложений улучшает контроль хронических заболеваний. В мета-анализе 17 исследований с участием пожилых гипертоников и диабетиков применение приложений привело к снижению систолического АД и уровня гликированного гемоглобина по сравнению с обычным наблюдением [12].

В частности, среднее снижение HbA1c составило около 0,39% благодаря регулярному ведению электронного дневника и получению рекомендаций через приложение. Кроме того, отмечены улучшение приверженности терапии и образу жизни (приема лекарств, диеты, физической активности) и повышение осведомленности пациентов о своем заболевании.

Важным трендом является *геймификация* – применение игровых элементов для мотивации. В здоровье пожилых это может быть реализовано в виде игровых заданий: к примеру, приложение начисляет баллы за каждый день с нормальным давлением или за пройденные шаги, предлагает соревнования с самим собой

или с другими пользователями. Исследования показывают, что игровые механики повышают вовлеченность пожилых и их желание регулярно пользоваться технологиями [13].

В этом систематическом обзоре отмечено, что у пожилых высокая приверженность «игровым» решениям – они готовы регулярно выполнять игровые упражнения или задания, если видят в них пользу.

Геймифицированные программы успешно применялись для улучшения физической активности (напр., «эксергеймы» – физические упражнения в формате видеоигры – повысили активность и равновесие у пациентов после эндопротезирования колена), для когнитивных тренировок (игры на память и внимание замедляли ухудшение при легких когнитивных нарушениях) и для контроля диабета (игровое приложение стимулировало соблюдение диеты и лечения). Таким образом, мобильные решения, усиленные игровыми техниками, помогают пожилым активнее участвовать в управлении своим здоровьем и делают этот процесс более увлекательным, что ведет к лучшим клиническим результатам.

Искусственный интеллект и большие данные (AI/Big Data)

Современные системы здравоохранения накапливают огромные массивы данных – от электронных карт и результатов анализов до показателей, поступающих с носимых устройств. Искусственный интеллект (ИИ), в частности методы машинного обучения, позволяют анализировать эти большие данные и выявлять скрытые закономерности, предсказывать риски ухудшения состояния и оптимизировать ведение пациентов.

Для пожилых, часто страдающих хроническими заболеваниями, актуальны *прогностические модели риска обострений и госпитализаций*. Например, разработаны модели, прогнозирующие вероятность повторной госпитализации при сердечной недостаточности по совокупности параметров (симптомы, вес, давление, частота сердечных сокращений и пр.). В одном исследовании AI-модель успешно предсказала значительную долю предотвратимых госпитализаций у пожилых пациентов, продемонстрировав высокую точность в идентификации пациентов риска [14]. Для хронической обструктивной болезни легких

(ХОБЛ) AI-алгоритмы способны заранее обнаружить начало обострения: так, экспериментальная модель машинного обучения достигла чувствительности более 80% в прогнозировании обострений ХОБЛ за несколько дней до их клинического проявления. Это дает возможность вовремя начать терапию (например, назначить антибиотики или увеличить дозу ингалятора) и предотвратить тяжелое развитие события [15].

Применение ИИ эффективно и в урологии: анализ данных дневника мочеиспусканий и опросников IPSS у мужчин с доброкачественной гиперплазией простаты (ДГПЖ) позволяет прогнозировать нарастание симптомов и необходимость коррекции лечения [16].

Также разрабатываются системы поддержки принятия решений для врачей, которые на основе больших данных рекомендуют оптимальные вмешательства. Особое направление – *«цифровые двойники»*. Цифровой двойник пациента – это его виртуальная модель, построенная на основе персональных данных (генетических, клинических, данных сенсоров), которая способна имитировать протекание болезней и реакцию на лечение. Эта концепция лишь начинает воплощаться, но за ней – огромный потенциал революционизировать профилактику и терапию. Предполагается, что в будущем врачи смогут оценить различные сценарии лечения на цифровом двойнике пожилого пациента, чтобы выбрать наиболее подходящий и безопасный вариант, а также предсказывать индивидуальные риски осложнений [17].

В целом, AI и аналитика больших данных дают возможность перейти от реактивной медицины к проактивной – предугадывая проблемы со здоровьем пожилых и предотвращая их возникновение путем точечных вмешательств.

Цифровая терапия

Цифровая терапия – это новое направление, представляющее собой программно-ориентированные медицинские интервенции, официально подтвержденные клиническими испытаниями. Они представляют собой приложения или программы, которые сами выполняют роль «лекарства» – лечат или контролируют заболевание за счет заложенных в них методов, обычно поведенческих или когнитивных. ►

В отличие от простых оздоровительных приложений, цифровые терапевтические средства (ЦТС) проходят строгую проверку эффективности и безопасности и могут назначаться врачом. Они особенно перспективны для контроля хронических состояний у пожилых – таких как диабет, гипертония, бессонница, тревожно-депрессивные расстройства, реабилитация после инсульта и др.

Например, в Японии было создано и испытано цифровое терапевтическое приложение для лечения гипертонии: в рандомизированном исследовании HERB-DH1 использование этой программы достоверно снизило артериальное давление у пациентов с неконтролируемой гипертонией по сравнению со стандартной терапией. Цифровое вмешательство включало индивидуальный план изменения образа жизни, ежедневный мониторинг давления через смартфон и автоматизированные советы по коррекции поведения – и показало эффективность, сопоставимую с добавлением нового антигипертензивного препарата [18].

Аналогично, в США одобрены FDA цифровые терапии для диабета 2 типа, хронической бессонницы, никотиновой зависимости и др., продемонстрировавшие улучшение клинических показателей в контролируемых испытаниях.

Обзор исследований цифровой терапии при хронических заболеваниях показал, что такие интервенции помогают пациентам контролировать симптомы, управлять приемом медикаментов, снижать вес, улучшать психическое здоровье и повседневную активность [18].

Ключевая особенность – методы доказательной оценки эффективности: каждая цифровая терапия должна подтвердить свою пользу в клинических исследованиях (по аналогии с фармпрепаратами) и часто проходит процедуру сертификации как медицинское изделие. Это формирует доверие врачей и пациентов к таким решениям. Внедрение цифровой терапии расширяет возможности *нефармакологического лечения*: например, при хронической боли у пожилых используется одобренная программа по когнитивно-поведенческой терапии боли, что позволяет снизить дозы обезболивающих. Важно, что цифровая терапия интегрируется в схему наблюдения: данные о прогрессе пациента могут

автоматически поступать врачу, позволяя отслеживать эффективность вмешательства.

Таким образом, цифровая терапия заполняет нишу персонализированных немедикаментозных воздействий с доказанной результативностью и открывает новую эру в управлении хроническими болезнями.

Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR)

Технологии виртуальной реальности находят применение как в физической, так и в когнитивной реабилитации пожилых людей. VR-тренировки представляют собой упражнения или сценарии, выполняемые пациентом в искусственно созданном 3D-окружении с помощью VR-шлема или большого экрана. Для восстановления двигательных навыков после инсультов и травм используются интерактивные VR-игры: например, чтобы улучшить баланс, пожилой пациент перемещается в виртуальной комнате, наклоняясь и делая шаги, удерживая равновесие (это весело и мотивирует больше, чем однообразная гимнастика).

Систематический обзор и мета-анализ показал, что виртуальная реальность эффективнее обычных упражнений для улучшения равновесия и походки у здоровых пожилых – VR-терапия значительно повышала показатели статического и динамического баланса и скорость ходьбы по сравнению со стандартным уходом [19]. VR позволяет безопасно отрабатывать сложные движения, не боясь упасть, благодаря чему пожилой становится увереннее в реальных ситуациях. Также VR применяют при болезни Паркинсона для тренировки походки и преодоления эпизодов «замирания» – специальные виртуальные среды учат пациентов переступать через препятствия, что переносится затем в реальную ходьбу.

Когнитивные упражнения в VR – перспективный метод профилактики деменции. Погружая пожилого человека в иммерсивную среду, можно стимулировать память, внимание, пространственное мышление. К примеру, VR-программа просит пользователя найти выход из виртуального лабиринта или вспомнить расположение объектов в комнате. Мета-анализ 18 рандомизированных исследований с участием

722 пожилых с легкими когнитивными нарушениями (MCI) показал, что VR-интервенции достоверно улучшают память, внимание, скорость обработки информации и исполнительные функции по сравнению с контрольными группами [20]. Причем наибольший эффект отмечен при регулярных тренировках без участия терапевта – видимо, за счет интерактивности и вовлеченности, которую обеспечивает VR. Участники таких программ демонстрировали также повышение настроения и качества жизни, хотя влияние на симптомы депрессии было умеренным.

Психологическая поддержка и снижение тревожности с помощью VR базируется на эффектах погружения в успокаивающие виртуальные окружения. Например, пожилой человек может надеть VR-гарнитуру и оказаться виртуально на берегу моря или в лесу, практиковать медитацию под руководством приложения. Исследования сообщают, что подобные VR-сессии способствуют снижению уровня стресса и тревоги, повышению релаксации и общего благополучия. Для пожилых с выраженной тревогой перед медицинскими процедурами (например, МРТ или стоматологическим лечением) VR-терапия помогает отвлечься и смягчить переживания.

Таким образом, VR и AR-технологии находят разностороннее применение: от физических упражнений и профилактики падений до когнитивных тренировок и психоэмоциональной поддержки, обеспечивая эффект погружения, который делает занятия эффективными и увлекательными.

Робототехника и ассистивные технологии

Роботизированные устройства становятся все более распространенными в сфере ухода за пожилыми. Их можно разделить на социальных роботов (роботы-компаньоны) и ассистивные робототехнические средства, помогающие в физической реабилитации и улучшении мобильности.

Социальные роботы – это интерактивные устройства, способные общаться с человеком, имитировать эмоции и реагировать на поведение. Примеры – роботы типа «PARO» (робот-тюлень для терапевтических целей), «Perieg» (гуманоидный робот-компаньон), а также раз-

личные роботизированные «питомцы» (кошки, собаки) для одиноких пожилых. Метаанализ показал, что взаимодействие пожилых с социальными роботами достоверно уменьшает чувство одиночества и симптомы депрессии, причем эффект выраженный (большой размер эффекта) [21, 22]. В домах престарелых применение роботизированных питомцев в групповой терапии привело к снижению уровня депрессии у жильцов и повышению их социального вовлечения по сравнению со стандартным уходом. Исследования подтверждают, что одинокие пожилые начинают воспринимать робота как друга, что улучшает их эмоциональное состояние. Помимо этого, роботы могут напоминать о расписании дня, вовлекать в игры, показывать упражнения – выполняя роль ассистента по уходу.

Экзоскелеты и роботизированные тренажеры – другое направление. Экзоскелет – это носимое устройство, которое надевается на конечности и туловище, обеспечивая механическую поддержку при движении. Первоначально разработанные для восстановления после параличей, сейчас появляются легкие экзоскелеты для пожилых с саркопенией или артрозом, чтобы помочь им ходить и вставать. Исследования подтверждают, что экзоскелетная помощь улучшает показатели ходьбы у пожилых: в эксперименте с ускорением шага пожилых применение активного экзоскелета достоверно повысило скорость и эффективность ходьбы [23]. Таким образом, экзоскелеты могут повысить мобильность и самостоятельность – например, пожилой с мышечной слабостью сможет пройти большее расстояние с меньшей усталостью.

Автоматизированные устройства для физиотерапии включают роботизированные системы для разработки суставов (например, робот-манипулятор, помогающий сгибать и разгибать руку после инсульта), тренажеры с биологической обратной связью и т.п.

В одном исследовании с участием пожилых с нарушениями ходьбы роботизированная платформа «Bot Fit» для выполнения специальных упражнений улучшила показатели походки и физической функции после 8 недель занятий [24]. Роботы способны повторять монотонные упражнения с высокой точностью и подстраиваться под возможности пациента, разгружая физиотерапевтов. Кроме того, используются ►

телероботы – например, устройства с экраном и камерой на мобильной платформе, позволяющие врачам «присутствовать» дома у пациента.

В целом, робототехника в гериатрии преследует цели: предоставить пожилым дополнительную помощь в повседневной жизни, компенсировать утраченные функции и обеспечить психологический комфорт. Социальные роботы повышают психосоциальное благополучие пожилых, а ассистивные технологии – их физические возможности и безопасность.

Голосовые помощники и чат-боты

С распространением умных колонок и голосовых ассистентов (Amazon Alexa, Google Assistant, Alice и др.) пожилые получили новый инструмент взаимодействия с технологиями – с помощью голоса, что часто удобнее, чем сложные интерфейсы. Голосовые помощники могут напоминать о времени приема лекарств, о необходимости выпить воду, записаться к врачу или сделать гимнастику. Многие пожилые ценят такие напоминания – в одном опросе пользователей Alexa они отметили, что устройство придает им чувство уверенности и выступает как компаньон, а ежедневные голосовые подсказки помогают не забывать о важных делах [25]. Небольшое пилотное исследование показало, что 15 пожилых успешно научились создавать голосовые напоминания о приеме лекарств через ассистента и затем строго придерживались графика лечения [26].

Современные AI-модели позволяют ассистентам вести простые диалоги о здоровье и давать базовые рекомендации. Чат-боты – это текстовые или голосовые программы, имитирующие общение с человеком, – также набирают популярность в здравоохранении. Для пожилых, которые не всегда могут быстро связаться с врачом, чат-бот может выступить первой линией консультации. Существуют чат-боты для скрининга симптомов: пациент описывает жалобы, а система задает уточняющие вопросы и советует, что делать (вызвать ли скорую, обратиться ли к врачу в плановом порядке или справиться самостоятельно).

В исследованиях отмечено, что внедрение чат-ботов в обслуживание пожилых облегчает доступ к медицинской информации и рекомен-

дации по самоуправлению здоровьем [27]. Например, бот подскажет, как правильно измерить давление дома, или напомнит правила диеты при подагре. Важная функция – интерактивное обучение. Чат-бот в форме викторины может проверять знание пациента о его болезни («Что делать, если сахар упал ниже 3 ммоль/л?») и корректировать неверные убеждения, борясь с опасной дезинформацией [28]. Также экспериментально используются эмоционально поддерживающие чат-боты: они спрашивают о настроении, предлагают поделиться переживаниями, рассказывают истории или анекдоты – все это с целью снизить чувство одиночества. Технологии ИИ позволяют таким ботам проявлять эмпатию и адаптироваться под характер пользователя. Наконец, чат-боты интегрируются с системами телемедицины: бот может собрать предварительный анамнез перед консультацией, чтобы врач получил структурированные данные. Это экономит время на приеме. Таким образом, голосовые и чат-бот технологии обеспечивают пожилым круглосуточную простую обратную связь по вопросам здоровья, повышают приверженность и образованность, а также частично разгружают медперсонал, отвечая на типичные вопросы.

Применение технологий в укреплении здоровья и профилактике

Мониторинг состояния и раннее выявление обострений

Постоянное наблюдение за ключевыми показателями здоровья позволяет предупреждать серьезные обострения заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной и мочевыделительной систем у пожилых. Примером служит телемониторинг при сердечной недостаточности: пациент ежедневно измеряет вес, артериальное давление, частоту пульса (вручную или с помощью умных устройств), а данные автоматически передаются медсестре или врачу. Небольшое повышение веса на 2-3 кг за пару дней может сигнализировать о задержке жидкости и надвигающемся обострении сердечной недостаточности – получив такой сигнал, врач связывается с пациентом и корректирует диуретики, что часто предотвращает госпитализацию.

Крупное пилотное внедрение телемониторинга в Великобритании (программа Whole System Demonstrator) показало снижение на 20% частоты неотложных госпитализаций и на 45% общей смертности у хроников, подключенных к системе удаленного наблюдения [29]. Хотя результаты различных исследований разнятся, мета-анализы в целом указывают, что домашний мониторинг у пациентов с сердечной патологией способен уменьшить риск декомпенсации и улучшить выживаемость [30, 31].

Аналогично, при хронических легочных заболеваниях (например, ХОБЛ) применение смарт-спирометров, пульсоксиметров и симптом-чекеров позволяет выявить обострение на ранней стадии. Пациент утром через приложение отвечает на вопросы об одышке, кашле, отхождении мокроты; умный алгоритм оценивает ответы и параметры (частоту дыхания, пульс, сатурацию) – и при признаках ухудшения подает сигнал врачу.

В одном из исследований такая система позволила снизить число тяжелых обострений ХОБЛ на 44% и госпитализаций на 52% по сравнению со стандартным наблюдением [30].

Очень востребованным стал удаленный мониторинг состояния при урологических заболеваниях.

У мужчин с доброкачественной гиперплазией простаты (ДГПЖ) важны симптомы (частота мочеиспускания, сила струи, ночные подъемы). Приложения позволяют вести электронный дневник мочеиспусканий: пациент отмечает каждый эпизод и связанные ощущения. Если симптомы ухудшаются – увеличивается количество ночных мочеиспусканий или появляется дискомфорт – программа уведомляет уролога [16]. Это дает возможность вовремя скорректировать терапию и предотвратить острое задержание мочи или другие осложнения.

При недержании мочи у пожилых актуальны сенсорные устройства: существуют «умные» абсорбционные трусы с датчиками влажности, которые регистрируют эпизоды подтекания мочи и отправляют данные на смартфон ухаживающего. Анализ этой информации помогает врачам подобрать оптимальный режим смены прокладок или назначить тренировки мочевого пузыря, а также оценить эффективность лечения (например, поведенчес-

кой терапии или медикаментов) по динамике количества эпизодов [32].

Таким образом, сочетание носимых сенсоров и телемедицинских платформ создает систему раннего оповещения: малейшие отклонения в состоянии пожилого человека фиксируются, и медики могут принять меры до того, как разовьется серьезное обострение.

Профилактика падений и контроль моторики

Падения – одна из ведущих причин травм у пожилых, часто приводящая к переломам и потере самостоятельности. Цифровые технологии применяются как для предотвращения самих падений, так и для быстрого оказания помощи, если падение произошло. *Носимые датчики движения* (акселерометры, гироскопы), встроенные, в пояс или браслет, могут круглосуточно отслеживать походку и равновесие. Специальные алгоритмы анализируют походку пожилого: уменьшается ли скорость, появилось ли волнообразное покачивание – такие признаки могут указывать на повышенный риск падения в ближайшем будущем. Исследования показывают, что данные носимых сенсоров можно использовать для прогнозирования риска падений в горизонте 5 лет у пациентов с неврологическими заболеваниями [33]. Если риск высок, врачи направят пациента на дополнительную реабилитацию, адаптируют домашнюю среду или пропишут вспомогательные средства передвижения [11].

Для укрепления моторики применяются *цифровые программы упражнений*. Онлайн-платформы с видеосвязью позволяют проводить занятия ЛФК под наблюдением инструктора удаленно. Пожилые могут ежедневно выполнять гимнастику, глядя на инструктора на экране, а тот будет корректировать технику.

Рандомизированные исследования свидетельствуют, что телереабилитация с такими интерактивными упражнениями столь же эффективна, как очная: у пациентов улучшаются показатели равновесия и снижается страх падения [19].

Если же падение произошло, чрезвычайно важно быстро помочь пострадавшему, в чем могут помочь системы *автоматического обнаружения падения*. Носимые акселерометры ►►

могут по характерному резкому ускорению понять, что человек упал, и отправить сигнал родственникам или на пульт медпомощи. Многие современные смарт-часы уже оснащены функцией Fall Detection: при выявлении падения они издадут сигнал и, если пользователь не ответил (не отменил сигнал), автоматически звонят на экстренный номер [34]. Исследования подтверждают высокую точность таких систем распознавания падений (чувствительность порядка 90%) [15].

В итоге цифровые технологии формируют многоуровневую защиту от падений – от оценки и снижения риска до мгновенного реагирования, если падение все же случилось, что в конечном счете уменьшает тяжесть последствий.

Поддержка когнитивного здоровья и профилактика деменции

С возрастом у многих развивается ухудшение памяти, замедление мышления, повышается риск деменции. Цифровые решения помогают тренировать когнитивные функции и поддерживать активность мозга у пожилых. Одним из подходов являются *онлайн-приложения для «фитнеса мозга»* – сборники упражнений на память, внимание, скорость реакции. Они адаптированы под пожилых (большой шрифт, простой интерфейс) и предлагают ежедневно решать головоломки, запоминать списки слов, сортировать объекты по правилам. Такие программы (например, Dakim Brain Fitness, NeuroNation) показали в исследованиях улучшение показателей памяти и внимания при регулярном использовании несколько месяцев.

Более высокотехнологичный подход – *виртуальная реальность для когнитивной стимуляции*, о котором упоминалось выше. Иммерсивные VR-игры (навигация по виртуальному городу с запоминанием маршрутов, поиск предметов) более интенсивно нагружают мозг и, как показали исследования, могут улучшать когнитивные способности даже у пациентов с MCI [20].

Кроме упражнений, цифровые технологии помогают решать очень важную задачу – социальная и интеллектуальная стимуляция пожилых для профилактики когнитивного снижения.

Исследования ВОЗ показывают, что социальная изоляция и одиночество повышают риск

деменции. Здесь на помощь приходят коммуникационные платформы: видеочаты, соцсети и специальные «клубы по интересам» онлайн [35].

Особый класс программ – *напоминатели и планировщики* для пациентов на ранних стадиях деменции. Смартфон или умная колонка могут озвучивать расписание дня, напоминать имена людей на фотографиях, подсказывать словом, если пожилой забыл название предмета. Такие когнитивные протезы продлевают период самостоятельной жизни пациента, разгружая ослабленные функции памяти.

Также активно изучается роль *чат-ботов-компаньонов*: они ведут беседы с пожилым о прошедшем дне, задают вопросы, стимулируя вспоминать события и формируя когнитивную активность. Наконец, цифровые технологии помогают вовремя выявить деменцию.

Существуют приложения, которые незаметно проводят когнитивный скрининг во время игры – например, анализируя скорость и точность действий пользователя. Алгоритмы машинного обучения по особенностям речи при общении с голосовым ассистентом могут на ранней стадии заметить когнитивные нарушения (замедленная речь, паузы в подборе слов и т.д.). Все это позволяет начать профилактические меры раньше, замедляя прогрессирование когнитивного упадка. Таким образом, цифровые инструменты становятся своеобразным «тренером» и «охранником» для мозга пожилого человека, сочетая упражнения, коммуникацию и мониторинг.

Управление полипрагмазией и взаимодействие с системой здравоохранения

Пожилые пациенты нередко принимают множество различных препаратов (полипрагмазия), что связано с рисками лекарственных взаимодействий и ошибочного приема. Цифровые технологии облегчают управление сложными схемами лечения.

1. Электронные системы напоминаний (через приложения, SMS, голосовых ассистентов) дисциплинируют пациента принимать лекарства строго по расписанию.

2. Умные органайзеры для таблеток синхронизированы с приложением: такой контейнер издает сигнал в нужное время, открывает

именно ту ячейку с таблеткой, которую нужно выпить, и фиксирует факт открытия – эти данные доступны врачу или фармацевту. Это позволяет убедиться, что пациент соблюдает назначения, или вовремя заметить пропуски.

3. Электронные списки лекарств и автоматизированные проверки взаимодействий интегрируются в EHR. Когда врач назначает новый препарат пожилому с полиморбидностью, система автоматически проанализирует всю текущую терапию и выдаст предупреждение, если новое средство несовместимо с уже принимаемыми, или предложит скорректировать дозу. Подобные клинические решения снижают вероятность ятрогенных осложнений.

Кроме того, специальные приложения для пациентов позволяют сканировать штрих-коды лекарств и сразу видеть, нет ли у них перекрестных реакций (в базе данных). Если пожилой наблюдается у нескольких специалистов, обмен данными через единую электронную систему предотвращает дублирование лекарств. Например, эндокринолог назначил одно средство, кардиолог – другое; благодаря общему доступу каждый из них видит полный список лекарств пациента.

Таким образом, цифровизация процессов ввода, обмена и проверки медицинской информации ведет к более скоординированной и безопасной помощи пожилым, снижению ошибок и повышению удовлетворенности пациентов.

Удаленный контроль симптомов нарушения мочеиспускания

Урологические проблемы (доброкачественная гиперплазия простаты у мужчин, ургентное недержание мочи у обоих полов, стрессовое недержание мочи у женщин и др.) очень распространены в пожилом возрасте, но часто пациенты стесняются лишний раз идти к врачу.

Здесь проявляет пользу телемедицина и смежные технологии. При ДГПЖ главный показатель – прогрессирование симптомов нижних мочевых путей (затрудненное мочеиспускание, частые ночные позывы). В обычной практике пациенты ведут бумажный дневник мочеиспусканий и периодически посещают уролога. Цифровые подходы делают этот процесс удобнее и точнее.

Мобильное приложение может напоминать пациенту заполнить мочевой дневник (ввести время и объем каждого мочеиспускания, степень позыва). Оно же предлагает еженедельно проходить опросник IPSS (международная шкала простатических симптомов) в интерактивной форме, выполнять общий анализ мочи с помощью портативных анализаторов мочи [36]. Вся информация собирается и визуализируется для лечащего врача: он видит график частоты мочеиспусканий, динамику баллов IPSS и пр. Если данные свидетельствуют об ухудшении – система сигнализирует, и врач может принять решение о назначении или увеличении дозы терапии, не дожидаясь планового визита.

Исследования Mhealth-технологий в урологии показывают, что они улучшают мониторинг симптомов ДГПЖ и вовлеченность пациентов в лечение [37, 38]. Более того, рассматриваются системы ИИ, которые на основе паттернов мочеиспускания и заполненных опросников способны прогнозировать риск острой задержки мочи или необходимость хирургического вмешательства.

При недержании мочи телемедицина позволяет проводить дистанционные консультации по ведению дневников мочеиспускания, обучению поведенческим методам (режим посещения туалета, упражнения Кегеля). Пожилые женщины с ургентным недержанием могут участвовать в виртуальных групповых занятиях по тренировке мышц тазового дна под руководством инструктора-физиотерапевта, что доказало эффективность в снижении частоты эпизодов недержания.

Применяются также сенсорные решения: упомянутые умные подгузники, а также портативные ультразвуковые сканеры мочевого пузыря (например, устройство DFree) – оно крепится на животе, периодически измеряет наполненность пузыря и через приложение предупреждает, когда пора в туалет. Это особенно полезно для людей с нарушением чувствительности позывов или деменцией: система помогает предотвратить эпизоды недержания, своевременно сообщая персоналу о необходимости сопровождения пациента в туалет. Таким образом, специфические проблемы урологии решаются комбинацией удаленного сбора данных, обучающих программ и автоматизированных напоминаний, что повышает качество ►

жизни пожилых с мочевыми расстройствами и снижает частоту острых осложнений.

Будущие направления и перспективы

Масштабирование персонализированных цифровых двойников

Концепция «цифровых двойников» пока экспериментальна, но стремительно развивается. В перспективе в течение 5–10 лет ожидается появление персонализированных цифровых двойников пожилых пациентов, интегрирующих всевозможные данные о человеке – от генома и результатов сканирования органов до ежедневных показателей со смарт-часов.

Такой двойник станет своеобразным виртуальным «аватаром здоровья» человека. Развитие больших данных и ИИ позволит моделировать на двойнике течение болезней и реакцию на разные вмешательства, то есть цифровые двойники позволят персонифицировать лечение, профилактику.

Для реализации этого видения потребуется преодолеть массивные вычислительные и методологические сложности: необходимо собирать уникальные массивы данных, обеспечивать постоянную синхронизацию двойника с реальным состоянием (в режиме реального времени через IoT), и создавать интуитивные интерфейсы для врачей, чтобы те могли интерпретировать результаты симуляций.

Уже сейчас крупнейшие организации (Mayo Clinic, NHS, ряд университетов) запускают инициативы по цифровым двойникам в онкологии, кардиологии. Для пожилых цифровой двойник мог бы стать «персональным тренером по здоровью», подсказывающим, какие шаги продлят активное долголетие именно для них.

Масштабирование таких подходов будет зависеть и от регуляторов – потребуется создание этических и правовых рамок (например, кто владеет данными двойника, как защищать его от взлома). Если эти вопросы решить, цифровые двойники могут стать нормой: возможно, каждый пожилой пациент в будущем будет иметь свой цифровой профиль, который регулярно обновляется и служит основой для рекомендаций и прогнозов врача.

Интеграция омиксных технологий и геномики

Современная медицина быстро движется к использованию омиксных технологий (геномика, транскриптомика, протеомика, микробиом и др.) для более глубокого понимания здоровья и заболеваний. У пожилых, где заболевания имеют многокомпонентную природу, учет генетических и молекулярных особенностей особенно важен для профилактики.

В ближайшие годы цифровые системы начнут интегрировать генетическую информацию пациента. Например, зная, что у человека есть определенные аллели, повышающие риск болезни Альцгеймера, программа будет советовать особо тщательно следить за давлением, когнитивно тренироваться и т.д., а врачу – чаще проводить скрининг когнитивных функций. Уже сейчас существуют панели полигенного риска (polygenic risk scores) для различных заболеваний; их сочетание с данными о факторах образа жизни (которые собирают носимые устройства) позволит точнее прогнозировать риски.

Фармакогеномика – еще один аспект: генетические тесты могут подсказать, как пожилой усваивает то или иное лекарство. Цифровые рецептурные системы будущего будут автоматически сверяться с фармакогеномным профилем пациента и предлагать оптимальный препарат и дозу (например, у носителя определенного варианта гена CYP2C9 требуется сниженная доза варфарина).

Микробиом – активное поле исследований: у пожилых изменения микрофлоры кишечника связаны с синдромом хрупкости, иммунитетом. Цифровые технологии позволят отслеживать микробиом (анализируя данные сенсоров в умных унитазах, которые появятся) и рекомендовать индивидуализированные диеты или пробиотики для поддержания здоровья. Конечно, обработка столь объемных и разнородных данных возможна только благодаря AI и облачным технологиям. Постепенно в электронные карты начнут включать разделы «омикс-профиль», а алгоритмы поддержки решений – учитывать их.

Одно из перспективных направлений – *превентивная медицина*: например, сочетание данных генома, эпигенетических маркеров и данных по образу жизни позволит рассчитывать биологический возраст и предлагать пер-

сональные стратегии «омоложения», что особенно актуально при борьбе с возраст-ассоциированными болезнями. Для пожилых пациентов интеграция омикс-данных откроет возможность персональных профилактических планов: когда и какие скрининги проходить, какие нутрицевтики принимать, на что обратить внимание – все это на основании их уникального биологического профиля.

Однако необходима доказательная база и аккуратность, чтобы не впасть в псевдонаучные практики. Но тренд однозначен: цифровые системы станут учитывать «человека как биосистему» на всех уровнях, а не только видимые симптомы.

5G/6G и мониторинг здоровья в реальном времени

Развитие телекоммуникационных сетей пятого и шестого поколений существенно расширит технические возможности цифровой медицины.

Сети 5G уже обеспечивают намного большую пропускную способность и, главное, крайне малую задержку передачи данных (латентное время около 1–10 мс). Для здравоохранения это означает возможность настоящего времени в мониторинге и управлении.

Например, сейчас при телехирургии основные ограничения – задержки сигнала и нестабильность связи. С приходом 5G хирург, находясь за тысячи километров, сможет управлять роботизированным хирургическим комплексом почти так же точно, как если бы сидел рядом (экспериментальные операции через 5G уже проведены в Китае, когда врач удаленно оперировал пациента с Паркинсоном) [39].

Edge computing (периферийные вычисления) – концепция, при которой обработка данных происходит не на удаленном сервере, а как можно ближе к месту сбора (например, прямо в маршрутизаторе в больнице или на устройстве). В сочетании с 5G это позволит обрабатывать потоки от тысяч IoT-датчиков практически мгновенно и отправлять врачам только уже проанализированные результаты. Например, сотни сенсоров в доме престарелых могут непрерывно передавать данные о движении, пульсе, давлении; edge-сервер на территории будет моментально их анализировать (выявляя

аномалии) и в реальное время уведомлять персонал о проблемах, не перегружая центральную сеть.

6G сети, которые ожидаются к концу десятилетия, обещают еще более фантастические характеристики – говорят о терабитных скоростях и наносекундных задержках. Связь нового поколения станет фундаментом для всего вышеперечисленного – без нее многие идеи (телехирургия, плотная сеть сенсоров) не могли бы полноценно работать.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Цифровые технологии стремительно проникают во все аспекты медицины и особенно значимы для пожилых людей, у которых высок риск хронических болезней, обострений и снижения функциональности.

В ходе обзора мы рассмотрели широкий спектр цифровых решений – от телемедицины и носимых датчиков до искусственного интеллекта и робототехники – и выяснили, что при правильном применении они способны улучшить качество и доступность помощи пожилым пациентам.

Телемедицинские услуги доказали свою эффективность в поддержании непрерывности наблюдения, повышении удовлетворенности пациентов и даже улучшении клинических исходов (например, сокращении госпитализаций).

Носимые устройства и домашние IoT-системы обеспечивают постоянный мониторинг витальных функций, позволяя своевременно выявлять отклонения и предотвращать тяжелые обострения хронических заболеваний.

Мобильные приложения и геймификация мотивируют пожилых активнее участвовать в управлении своим здоровьем, показывая улучшение контроля давления, гликемии, массы тела и др. при использовании таких инструментов.

Искусственный интеллект и анализ больших данных открывают новые горизонты персонализированной медицины – от прогнозирования рисков (например, падений или повторных инфарктов) до оптимизации терапевтических решений с учетом множества параметров.

Цифровые терапевтические программы уже продемонстрировали клинически значимые улучшения состояния при ряде хронических ►

болезней, фактически став новым видом доказательных интервенций.

VR/AR-технологии доказали пользу в реабилитации и когнитивном тренинге пожилых, а робототехника – в компенсации утраченных функций и психосоциальной поддержке.

Внедрение этих инноваций требует преодоления серьезных барьеров: необходимо повышать цифровую грамотность пожилых, совершенствовать нормативно-правовую базу, обеспечивать безопасность данных и интеграцию технологий в стандартные процессы медицины. Накопленная к настоящему моменту доказательная база хоть и не исчерпывающая, но уже достаточно убедительна: многочисленные пилоты и несколько мета-анализов подтверждают, что цифровые подходы могут улучшать клинические исходы и качество жизни пожилых. Таким образом, цифровая трансформация гериатрической помощи – не дань моде, а необходимый ответ на вызовы стареющего общества, позволяющий сделать помощь более проактивной, персонализированной и эффективной.

Рекомендации по внедрению и дальнейшим исследованиям

На основании проведенного анализа можно предложить ряд рекомендаций для практического здравоохранения и науки.

1. Следует развивать смешанные модели оказания помощи, комбинирующие традиционные очные визиты с телемедицинским наблюдением и использованием цифровых инструментов на дому. Внедрение телемониторинга стоит начинать с наиболее подготовленных групп (например, пациенты с сердечной недостаточностью, уже умеющие пользоваться измерительными приборами) и обеспечивать им тщательное сопровождение, оценивая влияние на исходы.

2. Необходимо инвестировать в обучающие программы для пожилых людей и медицинского персонала. Врачей и медсестер следует обучать навыкам работы с данными, поступающими от пациентов (интерпретация телеметрии, реагирование на алармы), а пожилых – основам использования приложений и устройств.

3. Важна работа над стандартами и совместимостью: при закупке новых систем приори-

тет отдавать тем, что поддерживают открытые стандарты обмена данными, требовать от поставщиков соблюдения требований к безопасности (шифрование, аутентификация) и сертификации.

4. Регуляторам рекомендуется ускорить обновление нормативной базы – например, четко определить статус разных типов медицинских приложений, разработать ускоренные процедуры одобрения обновлений ПО, внедрить стандарты оценки AI-систем в медицине.

5. Клиницистам и исследователям необходимо продолжить накопление доказательств эффективности и рентабельности. Следует проводить крупномасштабные исследования, в идеале рандомизированные, с достаточным периодом наблюдения, чтобы оценить долгосрочные эффекты цифровых вмешательств на здоровье пожилых (влияние на инвалидизацию, выживаемость, когнитивное состояние и др.), а также проводить экономический анализ (стоимость предотвращенной госпитализации, качество жизни, скорректированное на годы и т.п.). Особое внимание следует уделить вовлечению в исследования разнообразной выборки – в том числе очень пожилых (старше 80 лет), лиц с когнитивными нарушениями, из разных социальных групп, чтобы не оставлять «слепых зон».

6. Важно развивать междисциплинарное взаимодействие: успех цифровой медицины для пожилых лежит на стыке геронтологии, ИТ, социальных служб. Команды внедрения должны включать не только ИТ-специалистов, но и врачей-гериатров и других специальностей, психологов, социальных работников – чтобы решения были удобны и полезны с учетом комплексных потребностей пожилых.

7. Требуется постоянная обратная связь от самих пожилых: механизмы сбора отзывов, жалоб, предложений от пользователей технологий позволят улучшать дизайн и функциональность. Участие пожилых людей и их семей на этапе разработки – залог создания продуктов, которые они действительно будут использовать.

■ ВЫВОДЫ

Цифровизация представляется перспективным средством повышения качества жизни

и здоровья людей. Для пожилых это средство может стать «социальным лифтом» к более активному и защищенному долголетию. Но важно помнить, что технологии должны дополнять, а не заменять человеческое участие.

Идеальная модель – человек-ориентированная цифровая помощь, где за каждым элек-

тронным сигналом стоит медицинский профессионал.

При таком подходе, опирающемся на доказательность, образование и этику, цифровые технологии станут мощным инструментом в арсенале геронтологии, продлевая годы здоровой, полноценной жизни пожилых людей. ▀

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization. Ageing and health [Internet]. 2022 [cited 2025 Mar 2]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
2. The Guardian. How has the world's population grown since 1950? [Internet]. 2022 Nov 14 [cited 2025 Mar 2]. Available from: <https://www.theguardian.com/global-development/ng-interactive/2022/nov/14/how-has-the-worlds-population-grown-since-1950>
3. Ryan P, Kobb R, Hilsen P. Making the right connection: matching patients to technology. *Telemed J E Health* 2003;9(1):81-8. <https://doi.org/10.1089/153056203763317729>
4. Aliberti GM, Bhatia R, Desrochers LB, Gilliam EA, Schonberg MA. Perspectives of primary care clinicians in Massachusetts on use of telemedicine with adults aged 65 and older during the COVID-19 pandemic. *Prev Med Rep* 2022;26:101729. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2022.101729>
5. Ilali M, Le Berre M, Vedel I, Khanassov V. Telemedicine in the primary care of older adults: a systematic mixed studies review. *BMC Prim Care* 2023;24(1):152. <https://doi.org/10.1186/s12875-023-02098-2>
6. Khanassov V, Ilali M, Ruiz AS, Vedel I. Telemedicine in primary care of older adults: a qualitative study. *BMC Prim Care* 2024;25(1):259. <https://doi.org/10.1186/s12875-024-02518-x>
7. Dawson R, Pinheiro M, Oliveira J, Haynes A, Naganathan V, Taylor ME, et al. The Telephysiotherapy for Older People (TOP-UP) program for improving mobility in people receiving aged care: a hybrid type 1 effectiveness-implementation randomised controlled trial. *Med J Aust* 2025;223(4):205-13. <https://doi.org/10.5694/mja2.70004>
8. Man SS, Wen H, Chiu KT, Wang F, Chan HS. Effectiveness of Telephysiotherapy in Improving Older Adults' Physical and Psychological Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare (Basel)* 2024;12(17):1775. <https://doi.org/10.3390/healthcare12171775>
9. Moore K, O'Shea E, Kenny L, Barton J, Tedesco S, Sica M, et al. Older Adults' Experiences With Using Wearable Devices: Qualitative Systematic Review and Meta-synthesis. *JMIR Mhealth Uhealth* 2021;9(6):e23832. <https://doi.org/10.2196/23832>
10. Yusif S, Soar J, Hafeez-Baig A. Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption: a systematic review. *Int J Med Inform* 2016;94:112-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2016.07.004>
11. Tian YJ, Felber NA, Pageau F, Blomqvist K, Guisado-Fernandez E, Borycki EM, et al. Benefits and barriers associated with the use of smart home health technologies in the care of older persons: a systematic review. *BMC Geriatr* 2024;24(1):152. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04702-1>
12. de Souza Ferreira E, de Aguiar Franco F, dos Santos Lara MM, da Silva RR, de Souza Costa G, de Oliveira LCG, et al. The effectiveness of mobile application for monitoring diabetes mellitus and hypertension in the adult and elderly population: systematic review and meta-analysis. *BMC Health Serv Res* 2023;23(1):855. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09879-6>
13. Koivisto J, Malik A. Gamification for Older Adults: A Systematic Literature Review. *Gerontologist* 2021;61(7):e345-e357. <https://doi.org/10.1093/geront/gnaa047>
14. Riis AH, Kristensen PK, Lauritsen SM, Thieson B, Jørgensen MJ. Using Explainable Artificial Intelligence to Predict Potentially Preventable Hospitalizations: A Population-Based Cohort Study in Denmark. *Med Care* 2023;61(4):226-36. <https://doi.org/10.1097/MLR.0000000000001830>
15. MacLeod M, Braddy-Green A, Lopez R. Detecting COPD exacerbations using AI predictive modelling with continuous temperature sensing. *Eur Respir J* 2024;64(Suppl 68):PA379. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2024.PA379>
16. David BG. Prostate Health in the Digital Age: Telemedicine and AI-Assisted Diagnosis for Prostate Disorders. *IDOSR J Sci Res* 2024;9(3):21-6. Available from: <https://doi.org/10.59298/IDOSRJSR/2024/9.3.212600>
17. Katsoulakis E, Wang Q, Wu H, Yuan Y, Liu Y, Huang Y, et al. Digital twins for health: a scoping review. *NPJ Digit Med* 2024;7(1):77. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01073-0>
18. Zhang C, He X, Fu Y. Research on disease management of chronic disease patients based on digital therapeutics: A scoping review. *Digit Health* 2024;10:20552076241297064. <https://doi.org/10.1177/20552076241297064>
19. Rodríguez-Almagro D, Achalandabaso-Ochoa A, Ibáñez-Vera AJ, Góngora-Rodríguez J, Rodríguez-Huguet M. Effectiveness of Virtual Reality Therapy on Balance and Gait in the Elderly: A Systematic Review. *Healthcare (Basel)* 2024;12(2):158. <https://doi.org/10.3390/healthcare12020158>
20. Yang Q, Zhang L, Chang F, Yang H, Chen B, Liu Z. Virtual Reality Interventions for Older Adults With Mild Cognitive Impairment: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Med Internet Res* 2025;27:e59195. <https://doi.org/10.2196/59195>
21. Yen HY, Huang CW, Chiu HL, Jin G. The Effect of Social Robots on Depression and Loneliness for Older Residents in Long-Term Care Facilities: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Am Med Dir Assoc* 2024;25(6):104979. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2024.02.017>
22. Chen SC, Lin MF, Jones C, Chang WH, Lin SH, Chien CO, et al. Effect of a Group-Based Personal Assistive Robot (PARO) Robot Intervention on Cognitive Function, Autonomic Nervous System Function, and Mental Well-being in Older Adults with Mild Dementia: A Randomized Controlled Trial. *J Am Med Dir Assoc* 2024;25(11):105228. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2024.105228>
23. Lakmazaheri A, Song S, Vuong BB, Gallego JA, Moreno JC, del-Ama AJ, et al. Optimizing exoskeleton assistance to improve walking speed and energy economy for older adults. *J Neuroeng Rehabil* 2024;21(1):1. <https://doi.org/10.1186/s12984-023-01287-5>
24. Lee SH, Kim E, Kim J, Lee HJ, Kim YH. Robot-assisted exercise improves gait and physical function in older adults: a usability study. *BMC Geriatr* 2025;25(1):192. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-05811-1>
25. Chen G, Spaulding R, Wright S, Bhattacharya S. Use Of Personal Voice Assistants by Older Adults and Its Implication for Geriatric Care. *OAJ Gerontol Geriatr Med* 2023;7(4):555719. <https://doi.org/10.19080/OAJ-GJGM.2023.07.555719>
26. Shade M, Rector K, Kupzyk K. Voice Assistant Reminders and the Latency of Scheduled Medication Use in Older Adults With Pain: Descriptive Feasibility Study. *JMIR Form Res* 2021;5(9):e26361. <https://doi.org/10.2196/26361>
27. Yu S, Chen T. Understanding older adults' acceptance of Chatbots in healthcare delivery: an extended UTAUT model. *Front Public Health* 2024;12:1435329. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1435329>
28. Peng W, Lee HR, Lim S. Leveraging Chatbots to Combat Health Misinformation for Older Adults: Participatory Design Study. *JMIR Form*

ЛИТЕРАТУРА

- Res 2024;8:e60712. <https://doi.org/10.2196/60712>
29. Steventon A, Bardsley M, Billings J, Dixon J, Doll H, Hirani S, et al. Effect of telehealth on use of secondary care and mortality: findings from the Whole System Demonstrator cluster randomised trial. *BMJ* 2012;344:e3874. <https://doi.org/10.1136/bmj.e3874>
30. Masotta V, Dante A, Caponnetto V, Marcotullio A, Ferraiuolo F, Bertocchi L, et al. Telehealth care and remote monitoring strategies in heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *Heart Lung* 2024;64:149-67. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2024.01.003>
31. Masterson Creber R, Goyal P, Riegel B, Ruppert TM, Cua G, Schlatter M, et al. Telehealth and Health Equity in Older Adults With Heart Failure: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2023;16(11):e000123. <https://doi.org/10.1161/HCQ.000000000000123>
32. Health Quality Ontario. Electronic Monitoring Systems to Assess Urinary Incontinence: A Health Technology Assessment. *Ont Health Technol Assess Ser* 2018;18(3):1-60. PMID: 29844845; PMCID: PMC5963666. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5963666/>
33. University of Oxford. Wearable devices can help predict five-year risk of falls in people with Parkinson's disease [Internet]. 2024 Dec 5 [cited 2025 Mar 2]. Available from: <https://www.ox.ac.uk/news/2024-12-05-wearable-devices-can-help-predict-five-year-risk-falls-people-parkinsons-disease>
34. Sykes ER. Next-generation fall detection: harnessing human pose estimation and transformer technology. *Health Syst (Basingstoke)* 2024;14(2):85-103. <https://doi.org/10.1080/20476965.2024.2395574>
35. Tunçgenç B, Greig EJ, Cohen E. Benefits of an online group dance program for adolescents' social bonding and wellbeing. *J Adolesc* 2024;96(8):1917-28. <https://doi.org/10.1002/jad.12391>
36. Шадеркин И.А., Владимирский А.В., Войтко Д.А., Просянников М.Ю., Зеленский М.М., Цой А.А. Диагностическая ценность портативного анализатора мочи «ЭТТА АМП-01», как инструмента самостоятельного мониторинга в mHealth и при скрининге в первичном звене медицинской помощи. *Экспериментальная и клиническая урология* 2015;(4):22-6 [Shaderkin I.A., Vladimirovskiy A.V., Voytko D.A., Prosyannikov M.Yu., Zelenskiy M.M., Coy A.A. Diagnostic value of the portable urine analyzer «Etta AMP-01» as a tool for self-monitoring in mhealth and for screening in primary health care. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and clinical urology* 2015;(4):22-6 (In Russian)].
37. Аполихин О.И., Сивков А.В., Владимирский А.В., Шадеркин И.А., Цой А.А., Шадеркина В.А., и др. Применение телемедицинской веб-платформы NetHealth.ru как инструмента поддержки клинических решений в урологии. *Экспериментальная и клиническая урология* 2015;(3):4-11. [Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Vladimirovskiy A.V., Shaderkin I.A., Tsoi A.A., Shaderkina V.A., et al. Use of telemedicine web platform nethealth.ru as an instrument of a clinical support in urology. *Eksperimental'naya i Klinicheskaya Urologiya = Experimental and Clinical Urology* 2015;(3):4-11. (In Russian)].
38. Шадеркин И.А., Лебедев Г.С., Владимирский А.В., Лисненко А.А., Рябков И.В., Кожин П.Б. Информационные технологии в организации домашнего стационара для людей с ограниченными возможностями. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2018;3(8):57-63. [Shaderkin I.A., Lebedev G.S., Vladymyrskiy A.V., Lisnenko A.A., Ryabkov I.V., Kozhin P.B. Information technologies for disabled patients' home care. *Rossiyskiy zhurnal teledmeditsiny i elektronnoygo zdavookhraneniya = Russian Journal of Telemedicine and Electronic Healthcare* 2018;3(8):57-63. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2542-2413-2018-4-3-57-63>
39. STL Partners. 10 5G Healthcare use cases [Internet]. [cited 2025 Mar 2]. Available from: <https://stlpartners.com/articles/digital-health/10-5g-healthcare-use-cases/>

Сведения об авторе:

Шадеркин И.А. – к.м.н., руководитель цифровой кафедры Центра цифровой медицины Института цифрового биодизайна и моделирования живых систем Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Ведущий научный сотрудник отдела научных основ организации здравоохранения ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 695560, <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Шадеркина В.А. – научный редактор урологического информационного портала UroWeb.ru; РИНЦ Author ID 880571, <https://orcid.org/0000-0002-8940-4129>

Вклад автора:

Шадеркин И.А. – определение научного интереса, литературный обзор, написание текста, 50%
Шадеркина В.А. – дизайн публикации, написание текста статьи 50%

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Опубликовано без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 24.12.24

Рецензирование: 22.01.25

Результаты рецензирования: 22.01.25

Принята к публикации: 02.03.25

Information about author:

Shaderkin I.A. – PhD, Head of the Digital Department of the Center for Digital Medicine of the Institute of Digital Biodesign and Modeling of Living Systems of the Scientific and Technological Park of Biomedicine of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Leading Researcher of the Department of Scientific Foundations of Healthcare Organization of the FSBI «Central Research Institute for Organization and Informatization of Health Care» Ministry of Health of Russia; Moscow, Russia; RSCI Author ID 695560, <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Shaderkina V.A. – Scientific editor of the urological information portal UroWeb.ru; RSCI Author ID 880571, <https://orcid.org/0000-0002-8940-4129>

Author Contribution:

Shaderkin I.A. – identification of scientific interest, literature review, text writing, 50%
Shaderkina V.A. – publication design, text writing, 50%

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Financing. Published without sponsorship.

Received: 24.12.24

Reviewing: 22.01.25

Review results: 22.01.25

Accepted for publication: 02.03.25