
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

УДК 614.39:001.895
doi: 10.31249/espr/2021.02.08

А.А. Карцхия*

ЦИФРОВАЯ МЕДИЦИНА – РЕАЛЬНОСТЬ СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ

Аннотация. Статья посвящена анализу развития новой формирующейся области современного здравоохранения – цифровой медицины. Рассматривается понятие и содержание цифровой медицины, ее перспективы как исключительно важного инновационного направления. Делается вывод о том, что расширение практики применения цифровой медицины требует разработки специального законодательства в этой сфере.

Ключевые слова: цифровая медицина; цифровые технологии; Medtech; правовое регулирование.

Для цитирования: Карцхия А.А. Цифровая медицина – реальность сегодняшнего дня // Экономические и социальные проблемы России. – 2021. – № 2. – С. 132–142.

A.A. Kartskhiya
Digital medicine – todays' reality

Abstract. The article is devoted to the analysis of the new emerging field of modern healthcare – digital medicine. The concept and content of digital medicine is considered as a crucially important and promising innovation in medicine. It is concluded that the widespread use of digital medicine in practice requires the development of special legislation in this field.

Keywords: digital medicine; digital technology; Medtech; legislative regulation.

For citation: Kartskhiya A.A. Digital medicine – todays' reality // Economic and social problems of Russia. – 2021. – N 2. – P. 132–142.

* **Карцхия Александр Амиронович**, д-р юрид. наук, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина.

Kartskhiya Aleksandr, DSn (Law Sci.), professor, Russian National University of Oil and Gas (Gubkin University).

© Карцхия А.А., 2021

Введение

Процесс распространения новых технологий и цифровизация различных сфер экономики и общественной жизни непосредственно затрагивает совершенствование медицинских практик. Исследователи отмечают, что все элементы системы здравоохранения сегодня переживают цифровую революцию. Цифровые продукты для здоровья стали неотъемлемой частью профилактики, диагностики, лечения и контроля состояния здоровья. Потребители используют цифровые мобильные приложения для контроля своего здоровья, отслеживания физической формы и улучшения самочувствия. Врачи применяют цифровые продукты, чтобы получить представление о результатах лечения пациентов, проводить телемедицинские визиты и внедрять новые методы лечения [Goldsmith, 2003]. Цифровые устройства становятся более портативными, простыми в использовании и доступными – от новых инструментов визуализации до мобильных гаджетов, – что упрощает лечение и уход за пациентами [White, 2018].

Важным явлением в здравоохранении стало формирование и развитие цифровой медицины. Эта новая область деятельности зародилась примерно в 2007 г. благодаря появлению смартфонов. Связь мобильных устройств с Интернетом позволила создавать технологические платформы, объединяющие информацию с разнообразных устройств и датчиков (специальных сенсоров). Кроме того, они способны получать изображения и выполнять лабораторные анализы. Например, расширяются возможности смартфона для получения изображений пораженных участков кожи пациента при различных заболеваниях. Ультразвук, генерируемый смартфоном, позволяет визуализировать каждую часть тела (кроме мозга) с качеством, сопоставимым с уровнем дорогих стационарных аппаратов, используемых в больницах. Также развиваются технологии определения внутрикожных концентраций гемоглобина, электролитов (натрия и хлорида) путем анализа пота, нитритов при астме (в выдыхаемом воздухе), количества сперматозоидов у мужчин (при бесплодии), нуклеиновых кислот и др. [Topol, 2019 а].

Все это открывает новый путь для генерации медицинских данных каждым человеком в режиме реального времени. Современные носимые устройства способны отслеживать состояние почти всех физиологических систем человеческого тела. В частности, в настоящее время уже получили одобрение технологии для непрерывного определения частоты сердечных сокращений и ритма (умные часы Apple Series 4), снятия электрокардиограммы (AliveCor), непрерывного отслеживания уровня глюкозы (датчики Dexcom G6 и Abbott Libre), отслеживания апноэ¹ во сне и измерения артериального давления (умные часы Omron HeartGuide). Одновременно это подразумевает вторжение в личное пространство человека и требует жесткой законодательной регламентации. Поэтому решения о выдаче разреше-

¹ Остановка дыхательных движений.

ний на использование подобных устройств принимает, например, в США Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA).

Популярность процесса цифровизации медицины в разных странах растет, поскольку внедрение инновационных технологий не только способствует развитию превентивной персонализированной медицины, но и облегчает принятие управлеченческих решений. Получающая все большее признание телемедицина уже сегодня позволяет пациентам регулярно выходить на связь с медиками. Это особенно важно в условиях пандемии, а также для людей с ограниченными возможностями передвижения или пациентов, наблюдающихся у зарубежного врача.

Особенности цифровой медицины

Цифровая медицина (digital medicine или Medtech) в современном понимании представляет собой область здравоохранения и медицины, связанную с использованием цифровых технологий в качестве инструментов измерения и вмешательства в физическое состояние человека. Как область цифрового здравоохранения она представляет собой сочетание традиционных лекарств и фармацевтических препаратов и контроля за их принятием пациентом (с помощью мобильных приложений и компьютерных программ). Цифровая медицина направлена на улучшение фармацевтической терапии путем активизации роли самих пациентов в лечении [Plowman, Peters-Strickland, Savage, 2018]. Благодаря цифровым инструментам, предоставляющим возможность децентрализовать уход и медицинскую помощь за пределами больницы, клиники или лаборатории, повышается значение сознательных действий пациентов для восстановления и поддержания своего здоровья [Defining digital medicine, 2021].

Цифровую медицину иногда путают с такими направлениями, как цифровое здравоохранение (digital health), цифровая терапия (digital therapeutics, DTx), цифровое оздоровление (digital wellness) и телемедицина (дистанционное предоставление медицинских услуг). Однако цифровое здравоохранение – это более широкая сфера деятельности, включающая еще цифровые лекарства (сенсоры, вносимые в лекарства и попадающие в организм вместе с ними) и др. Цифровые технологии здравоохранения (digital health technologies) используют разнообразный спектр продуктов, в том числе мобильные приложения, программное обеспечение и онлайн-платформы, которые предназначены для оказания помощи людям в системе здравоохранения и социального обеспечения. Такие технологии часто обладают высокой способностью к масштабируемости и низкими затратами. Для цифровых технологий здравоохранения разрабатываются специальные системы стандартов фактических медицинских и биометрических данных.

Напротив, цифровая терапия ассоциируется в основном с веб-инструментами управления здоровьем и автономными медицинскими

приложениями, как правило, без элемента рецептурных лекарств [Developing and evaluating ..., 2017]. Цифровая терапия обеспечивает пациентам основанные на фактических медицинских и биометрических данных терапевтические вмешательства, которые управляются специальными программами. Цифровая терапия применяется независимо или совместно с лекарствами, устройствами или другими методами лечения для оптимизации ухода за пациентами.

Цифровая медицина предоставляет пациентам и поставщикам медицинских услуг современные интеллектуальные и доступные инструменты для решения широкого спектра проблем с помощью высококачественных, безопасных и эффективных измерений и основанных на данных пациента медицинских манипуляций и вмешательств. Цифровые медицинские продукты уже применяются во всех областях медицины, включая лечение, восстановление, профилактику заболеваний и укрепление здоровья отдельных людей и различных групп населения. Они способны расширить возможности врачей и пациентов, обеспечить более комфортный уход, сократить количество назначений и помочь людям, которые не имеют возможности получать традиционный уход. Цифровые медицинские продукты могут использоваться автономно или в комбинации с фармацевтическими и биологическими препаратами, устройствами или другим медицинским оборудованием и материалами для оптимизации ухода за пациентами и улучшения их здоровья.

Инструменты цифровой медицины очень разнообразны. Они включают измерительные средства, такие как цифровые биомаркеры (например, голосовой биомаркер для отслеживания изменений тремора у пациента с болезнью Паркинсона и т.д.), электронные оценки клинических исследований (в том числе результаты электронных обследований, сообщаемые пациентам) и инструменты, измеряющие безопасность движений (например, носимый датчик, отслеживающий падения). «Умные имплантанты» обеспечивают цифровую терапию и управление подключенным имплантируемыми устройствами (например, инсулиновую помпу).

Комбинированные «умные» устройства одновременно производят измерения и осуществляют медицинские манипуляции. Например, датчики для непрерывного измерения уровня глюкозы (НМГ) у диабетиков автоматически обмениваются данными о пациентах с офисом врача с помощью специальной программы-приложения. Уровень вовлеченности человека может варьироваться в цикле между измерением и вмешательством. Со временем этот цикл может стать более замкнутым, сокращая вмешательство человека-врача. Так, недавно созданная «искусственная поджелудочная железа» объединила НМГ с инсулиновой помпой и алгоритмом, который позволяет системе автоматически регулировать доставку инсулина для снижения высокого уровня глюкозы в крови (гипергликемия) и минимизации частоты возникновения низкого уровня глюкозы в крови (гипогликемия) [Linebaugh, 2014].

Важнейшее значение для цифровой медицины имеют данные, получаемые в результате медицинских исследований, манипуляций, мониторинга показателей заболеваний и т.д. Однако важно помнить, что сами по себе данные бесполезны. Чтобы быть полезными, они должны быть обработаны, проанализированы и интерпретированы. Именно алгоритмы обработки, а не простые наборы данных наиболее востребованы цифровой медициной и будут иметь решающее значение для любого практикующего врача в XXI веке.

Технологии цифровой медицины

ИИ с функцией машинного обучения, обработка большого массива биометрических и иных медицинских данных человека, компьютерное программирование и мониторинг процессов диагностики, лечения, терапии, хирургического и иных видов вмешательств, а также оценка и прогнозирование медицинских исследований и практики, использование датчиков контроля состояния здоровья и функционирования отдельных органов – далеко не полный перечень технологий, применяемых в цифровой медицине [Natarajan, Su, Heneghan, 2020]. Несмотря на пока имеющиеся проблемы в их использовании, такие как предвзятость, проблемы конфиденциальности и безопасности, а также отсутствие прозрачности, общий положительный эффект несомненен [Topol, 2019 b].

Применение ИИ в медицине стало возможным благодаря современным технологиям сбора, хранения и обработки больших данных, а также ростом вычислительных мощностей и появлением облачных хранилищ. Эти технологии используются на трех уровнях: врачами – для быстрой и точной интерпретации изображений; системами здравоохранения – для улучшения рабочего процесса и возможности сокращения медицинских ошибок; пациентами – для обработки собственных данных и укрепления здоровья [Topol, 2019 b].

Как отмечают исследователи, большинство компьютерных алгоритмов, применяемых в медицине, – это «экспертные системы». Иными словами, это наборы правил, кодирующих знания по заданной тематике, которые используются для получения выводов о конкретных клинических сценариях, таких как обнаружение лекарственных взаимодействий или оценка целесообразности получения рентгенологической визуализации [Obergteuer, Phil, Emanuel, 2016]. Экспертные системы работают так, как это сделал бы идеальный студент-медик: они берут общие принципы медицины и применяют их к пациентам. ИИ на базе машинного обучения подходит к проблемам, как врач: выявляя закономерности из большого массива данных. Начиная с наблюдений на уровне пациента, алгоритмы просеивают огромное количество переменных, ища комбинации, которые надежно предсказывают результаты. В некотором смысле этот процесс аналогичен традиционным регрессионным моделям: существует результат,

ковариаты и статистическая функция, связывающая их. Эта способность позволяет использовать новые виды данных, объем или сложность которых ранее сделали бы их анализ невообразимым [Obermeyer, Phil, Emanuel, 2016].

Машинное обучение стало повсеместным и незаменимым для решения сложных задач в большинстве наук. В астрономии алгоритмы просеивают миллионы изображений с телескопов, чтобы классифицировать галактики и найти сверхновые. В медицине методы обработки физиологических данных в реальном времени с высоким разрешением на основе машинного обучения открывают огромные новые возможности. Например, можно предсказывать структуру и функции белка по генетическим последовательностям и определять оптимальные диеты по клиническим и микробиологическим профилям пациентов. Алгоритмы могут даже считывать кортикалную активность¹ непосредственно из головного мозга, передавая сигналы от моторной коры² парализованного человека к мышцам рук и восстанавливая моторный контроль [Restoring cortical control ..., 2016].

Еще одной иллюстрацией служит исследование рентгенограммы грудной клетки, некоторые параметры которого могут предсказать развитие опасных заболеваний, включая вероятность летального исхода. Используя значительные достижения в вычислительной мощности, цифровые пиксельные матрицы, лежащие в основе рентгенограмм, становятся миллионами индивидуальных переменных. Определенные алгоритмы объединяют пиксели в линии и формы, помогая изучать контуры линий переломов, паренхиматозных помутнений и многое другое. Другой пример результативного применения ИИ представляет анализ традиционных данных по страховым случаям. Диагностические коды позволяют прослеживать сложную динамическую картину истории болезни пациентов, гораздо более богатую, чем статические переменные для существующих состояний, используемые в стандартных статистических моделях [Obermeyer, Phil, Emanuel, 2016].

Значение ИИ с машинным обучением имеет ряд неоспоримых преимуществ, что подтвердил ряд проведенных исследований [Restoring cortical control ..., 2016; Single reading ..., 2008]. Во-первых, машинное обучение значительно повышает качество предиктивной аналитики для получения модели процесса или физического результата. Современные прогностические модели в медицине значительно облегчают диагностику и лечение заболеваний, а также их профилактику. Во-вторых, алгоритмы могут взять на себя большую часть работы рентгенологов и патологоанатомов. Эти виды деятельности сосредоточены в основном на интерпретации изображений, а их оцифрованные копии могут быть легко переданы

¹ Деятельность больших полушарий головного мозга.

² Области коры больших полушарий головного мозга, отвечающих за планирование, контроль и выполнение произвольных движений.

непосредственно алгоритмам. Накопленные массивы данных визуализации в сочетании с достижениями в области компьютерного зрения приведут к повышению производительности и ускорению процессов анализа. В-третьих, машинное обучение повысит точность диагностики. Алгоритмы вскоре будут использовать высокоточные тесты и генерировать дифференциальные диагнозы [Restoring cortical control ..., 2016]. Однако алгоритмы могут и «подгонять» прогнозы к ложным корреляциям в данных, что влияет на точность модели и дает недостаточно надежные оценки [Obermeyer, Phil, Emanuel, 2016].

Ключевой проблемой применения ИИ в медицине является количество и качество входных данных. Алгоритмам машинного обучения для достижения приемлемого уровня точности требуются миллионы наблюдений. Компании тратят огромные ресурсы на сбор высококачественных и непредвзятых данных для обеспечения своих алгоритмов, а существующие данные в электронных медицинских картах или базах данных нуждаются в тщательной обработке, прежде чем их можно будет использовать.

Правовое регулирование цифровой медицины

В цифровую эпоху ряд процессов, практик и этических норм здравоохранения начали меняться. Трансформация медицины в ходе цифровизации выявила необходимость разработки новых методов верификации и валидации, сочетания способов и технологий клинических исследований и человеческого опыта, выявление рисков кибербезопасности, а также регулирования прав на медицинские и персональные данные, права на использование «цифровых образов» пациента.

Политика и регулирование деятельности в области здравоохранения во всем мире преследуют схожие цели: обеспечение качества обслуживания и безопасности пациентов, борьба с мошенничеством и киберугрозами [Global health ..., 2018]. Цифровые решения в области здравоохранения, призванные повысить точность диагностики заболеваний и персонализировать средства их терапии, создают сложности, связанные с защитой данных. В настоящее время наиболее актуальны с точки зрения управления данными и обеспечения их безопасности такие направления, как когнитивные вычисления, совместимые облачные системы электронных медицинских записей и Интернет вещей (IoT). В центре внимания по-прежнему находятся кибербезопасность и управление рисками, связанными с личными и медицинскими данными пациентов.

Влияние пандемии COVID-19 придало новый импульс в развитии законодательства, регулирующего цифровое здравоохранение в разных странах мира.

В частности, Германия продвигает цифровую трансформацию сектора здравоохранения под влиянием пандемии COVID-19 и общей необходимости реформ. В 2019 г. там был принят Закон о цифровой помощи

(Digitale-Versorgung-Gesetz, DVG), а в 2020 г. опубликован Регламент приложений для здоровья (Digitale-Gesundheitsanwendungen-Verordnung, DiGAV), который позволяет использовать сертифицированные мобильные приложения цифрового здоровья для обработки в централизованном банке (базе) данных. Принятые документы упростят для врачей проведение онлайн-видеоконсультаций. В них предусматривается компенсация пациентам расходов на использование предписанных цифровых приложений для здоровья. Документы также гарантируют, что все заинтересованные стороны будут иметь доступ к безопасной сети передачи медицинских данных для лечения [Ärzte sollen ..., 2020].

Важным шагом к цифровой трансформации сектора здравоохранения в Германии является отказ от бумажных рецептов. Все предписания по оказанию медицинских услуг, назначения по уходу на дому можно теперь оформить в электронном виде. Кроме того, в Германии утверждена специальная инвестиционная программа, принятая в соответствии с Законом о будущем больниц (Krankenhauszukunftsgesetz, KHZG) и нацеленная на улучшение цифровой инфраструктуры больниц, особенно в части обеспечения информационными технологиями (ИТ) и кибербезопасности. Финансовые средства будут направлены в том числе на создание порталов для пациентов, внедрение электронного документооборота, цифрового управления лекарствами, меры безопасности ИТ и межотраслевые телемедицинские сетевые структуры. Помимо прочего, это открывает широкие возможности развития для поставщиков медицинских приложений, а также телемедицинского программного обеспечения и оборудования [Krankenhauszukunftsgesetz ..., 2021].

В России оказание медицинской помощи с применением телемедицинских технологий предусмотрено ст. 36.2 Федерального закона от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ (ред. от 07.03.2018 г.) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Телемедицинские технологии применяются в организации и оказании медицинской помощи при дистанционном взаимодействии медицинских работников с пациентами и (или) их законными представителями. Как правило, речь идет о дистанционном наблюдении (осмотре) или консультации (консилиуме врачей) в режиме реального времени. Законом предусмотрено осуществление документирования информации об оказании медицинской помощи пациенту с применением телемедицинских технологий, включая внесение сведений в его медицинскую карту. Такой документооборот осуществляется с использованием электронной подписи медицинского работника.

При оказании медицинской помощи с применением телемедицинских технологий применяются также специальные способы идентификации и аутентификации участников дистанционного взаимодействия в соответствии с Единой системой идентификации и аутентификации. Создание в стране единого цифрового контура здравоохранения на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохра-

нения (ЕГИСЗ) предусмотрено Федеральным законом от 02.12.2019 № 380-ФЗ (ред. от 18.03.2020) «О федеральном бюджете на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов». Совершенствование законодательства о применении телемедицинских технологий позволит повысить качество медицины в стране и выведет, по мнению экспертов, на новый уровень систему реализации лекарственных препаратов, порядок выписывания лекарственных средств и обеспечение граждан льготными лекарствами [Право граждан ..., 2017].

Вместе с тем внедрение цифровых технологий требует выработки новых стандартов, в особенности в части обработки персональных (включая биометрические) данных пациентов. Под эгидой Всемирной организации здравоохранения в настоящее время работает Международный форум регуляторов медицинского оборудования. Группа регулирующих органов по медицинскому оборудованию из разных стран мира объединилась, чтобы согласовать единые нормативные требования к медицинской продукции, поскольку сегодня такие требования на национальном уровне сильно различаются.

Заключение

Экспоненциальное развитие ряда технологий, таких как синтетическая биология, 3D-печать, нанотехнологии, сопутствующая диагностика и др., существенно меняет облик сферы здравоохранения. В перспективе работа лечебных учреждений будет выстраиваться за счет пересмотра моделей медицинского обслуживания, внедрения цифровых технологий и ИИ, а также комплексного развития кадровых ресурсов.

Тем не менее задачей современного здравоохранения остается обеспечение качества, результативности и ценности медицинских услуг [Global health ..., 2018]. В настоящее время медицинские организации и компании по всему миру разрабатывают инновационные, экономически рентабельные, клиентоцентрические модели обслуживания на базе современных технологий. Причем как в государственном, так и в частном медицинском секторе стремятся предоставлять высококачественную, экономическую и разумную (smart) медицинскую помощь. Происходит переориентация с объема медицинских услуг на их ценность для потребителя. Для этого реализуются программы повышения операционной эффективности, внедрения современных технологий, поощрения здорового образа жизни и контроля за социальными детерминантами здоровья. Организации отрасли также изучают новые источники получения доходов [Global health ..., 2018].

По мнению специалистов, качественный уровень медицинских услуг может быть повышен благодаря росту степени их персонализации и эффективности взаимодействия с потребителями путем предложения пациентам новых цифровых решений на основе мобильных приложений, пор-

талов, персонализированных комплектов цифровой информации. В целях улучшения взаимодействия между поставщиками и потребителями услуг возможно расширение использования данных социальных сетей, телемедицины, виртуальной реальности. Направленная на повышение качества комплексная цифровизация системы здравоохранения связана, прежде всего, с созданием баз электронных медицинских данных, внедрением решений в области интернет-медицины, мобильной медицины, обеспечением технической совместимости систем, использованием больших массивов данных и т.д. [Global health ..., 2018].

В России внедрение цифровой медицины и телемедицина отдельно выделены в «Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года» (утв. Распоряжением Правительства РФ от 06.06.2020 № 1512-р) как важные стратегические направления развития здравоохранения и медицинских технологий (наряду с биомеханикой, превентивной медициной и медицинской генетикой). Среди приоритетных направлений развития фармацевтической промышленности указано внедрение цифровых технологий и лучших регуляторных практик на всех этапах разработки, производства и обращения лекарственных препаратов и биомаркеров. Цифровое здравоохранение, которое создается в стране, базируется на трех принципах: (1) централизация всех данных в цифровом виде при организации медицинской помощи, (2) применение методов ИИ для их обработки, (3) обеспечение коммуникации всех участников процесса, включая дистанционный мониторинг здоровья.

Пандемия COVID-19 показала особую актуальность цифровой медицины в частности и важность применения цифровых технологий в медицине в целом для своевременной диагностики, лечения, мониторинга и реабилитации пациентов. При этом сохраняется необходимость специального законодательного регулирования этой области здравоохранения, а также выработка единых нормативных стандартов оказания услуг, сбора, хранения и обработки персональных данных.

Список литературы

1. Право граждан на лекарственное обеспечение / Н.В. Путило, Н.С. Волкова, Ф.В. Цомартова [и др.]; отв. ред. Н.В. Путило. – Москва: Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, 2017. – С. 216.
2. Ärzte sollen Apps verschreiben können // Bundesministerium für Gesundheit. – 2020. – URL: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/digitale-versorgung-gesetz.html>. (дата обращения: 28.01.2021).
3. Defining digital medicine // Digital medicine society. – 2021. – URL: <https://www.dimesociety.org/index.php/about-us-main/defining-digital-medicine> (дата обращения: 28.01.2021).

4. Developing and evaluating digital interventions to promote behavior change in health and health care: recommendations resulting from an international workshop / Michie S., Yardley L., West R., Patrick K., Greaves F. // Journal of medical internet research. – 2017. – Vol. 19, N 6. – URL: <https://www.jmir.org/2017/6/e232/> (дата обращения: 28.01.2021).
5. Global health care outlook // Deloitte. – 2018. – URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/gx-lshc-hc-outlook-2018.pdf> (дата обращения: 28.01.2021).
6. Goldsmith J. Digital medicine: implications for healthcare leaders. – Chicago: Health administration press, 2003. – 223 p. – URL: http://book.itep.ru/depository/it_med/GS_DIGITAL_MED_1199.pdf (дата обращения: 28.01.2021).
7. Krankenhauszukunftsgesetz für die Digitalisierung von Krankenhäusern // Bundesgesundheitsministerium. – 2021. – 01.01. – URL: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/krankenhauszukunftsgesetz.html> (дата обращения: 28.01.2021).
8. Linebaugh K. Citizen hackers tinker with medical devices // The Wall street journal. – 2014. – 26.09. – URL: <https://www.wsj.com/articles/citizen-hackers-concoct-upgrades-for-medical-devices-1411762843?tesla=y> (дата обращения: 28.01.2021).
9. Natarajan A., Su H.-W., Heneghan C. Assessment of physiological signs associated with COVID-19 measured using wearable devices // Digital medicine. – 2020. – Vol. 3, N 156. – URL: <https://www.nature.com/articles/s41746-020-00363-7> (дата обращения: 28.01.2021).
10. Obermeyer Z., Phil M., Emanuel E.J. Predicting the future – big data, machine learning, and clinical medicine // The New England j. of medicine. – 2016. – Vol. 375, N 13. – P. 1216–1219. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5070532/> (дата обращения: 28.01.2021).
11. Plowman R.S., Peters-Strickland T., Savage G.M. Digital medicines: clinical review on the safety of tablets with sensors // Expert opinion on drug safety. – 2018. – Vol. 17, N 9. – P. 849–852. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14740338.2018.1508447> (дата обращения: 28.01.2021).
12. Restoring cortical control of functional movement in a human with quadriplegia / Bouton Ch.E., Shaikhouni A., Annetta N.V., Bockbrader M.A., Friedenberg D.A., Nielson D.M., Sharma G., Sederberg P.B., Glenn B.C., Mysiw W.J., Morgan A.G., Deogaonkar M., Rezai A.R. // Nature. – 2016. – Vol. 533. – P. 247–250. – URL: <https://www.nature.com/articles/nature17435> (дата обращения: 28.01.2021).
13. Single reading with computer-aided detection for screening mammography / Gilbert F.J., Astley S.M., Gillan M.G.C., Agbaje O.F., Wallis M.G., James J., Boggis C.R.M., Duffy S.W. // New England j. of medicine. – 2008. – Vol. 359. – P. 1675–1684. – URL: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa0803545> (дата обращения: 28.01.2021).
14. Topol E.J. A decade of digital medicine innovation // Science translational medicine. – 2019 a. – Vol. 11, N 498. – URL: <https://stm.sciencemag.org/content/11/498/eaaw7610/tab-pdf> (дата обращения: 28.01.2021).
15. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence // Nature medicine. – 2019 b. – Vol. 25. – P. 44–56. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7> (дата обращения: 28.01.2021).
16. White T. High-tech health: How digital medicine is improving patient care // Stanford medicine. – 2018. – URL: <https://stanmed.stanford.edu/2018fall/digital-medicine-improve-patient-care.html> (дата обращения: 28.01.2021).