

3. *Неустроев В.Г., Ильичева Е.И., Владимиров А.А.* Эндоскопическая ультрасонография в дифференциальной диагностике хронического панкреатита и опухолей поджелудочной железы // Клиническая эндоскопия. 2007. Т. 12. № 3. С. 31-43.
4. *Gandhi N.S., Feldman M.K., Le O., Morris-Stiff G.* Imaging mimics of pancreatic ductal adenocarcinoma // *Abdom. Radiol. (NY)*. 2018. Vol. 43. № 2. PP. 273-284.
5. *Kitano M., Yoshida T., Itonaga M. et al.* Impact of endoscopic ultrasonography on diagnosis of pancreatic cancer // *J. Gastroenterol.* 2019. Vol. 54. № 1. PP. 19-32.
6. *Canto M.I., Harinck F., Hruban R.H. et al.* International Cancer of the Pancreas Screening // Consortium summit on the management of patients with increased risk for familial pancreatic cancer. 2013. Vol. 62. № 3. PP. 339-347.
7. *Welinsky S., Lucas A.L.* Familial Pancreatic Cancer and the Future of Directed Screening // *Gut Liver.* 2017. Vol. 15. № 6. PP. 761-770.
8. *Старков Ю.Г., Солоднина Е.Н., Шишин К.В. и др.* Эндосонаграфия в диагностике заболеваний органов гепатопанкреатобилиарной зоны // Хирургия. 2009. № 6. С. 10-16.
9. *Yousaf M.N., Chaudhary F.S., Ehsan A., Suarez A.L., Muniraj T., Jamidar P., Aslanian H.R., Farrell J.J.* Endoscopic ultrasound and the management of pancreatic cancer // *BMJ Open Gastroenterol.* 2020. Vol. 7. № 1. PP. 1-11.
10. *Кабанов М.Ю., Беликова М.Я., Семенцов К.В. и др.* Современные подходы к лучевой диагностике новообразований периапулярной зоны двенадцатиперстной кишки // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2020. Т. 15. № 4. С. 107-115.
11. *Бурдюков М.С., Нечитай А.М.* Холедохолитиаз: обзор литературы // Доказательная гастроэнтерология. 2020. Т. 9. № 4. С. 55-66.
12. *Hawes R.H., Fockens P.* Endosonography. – United States. Florida: Elsevier-Saunders, 2006. 329 p.
13. *Корневский Н.А., Родионова С.Н., Хритина И.И.* Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. 472 с.
14. *Белозеров В.А., Охотников О.И., Корневский Н.А., Григорьев С.Н.* Дифференциальная диагностика очаговых образований поджелудочной железы по данным эндоскопической ультрасонографии на основе анализа текстуры и с использованием нечетких математических моделей // Онкологический журнал. Лучевая диагностика, лучевая терапия. 2021. Т. 4. № 3. С. 64-73.
15. *Белозеров В.А., Корневский Н.А., Григорьев С.Н., Аksenov В.В.* Дифференциальная диагностика очаговой патологии поджелудочной железы по данным эндоскопической ультрасонографии на основе нечетких математических моделей // Вестник новых медицинских технологий. 2021. Т. 28. № 4. С. 107-112.

*Николай Алексеевич Корневский,  
 д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой,  
 кафедра биомедицинской инженерии,  
 ФГБОУ ВО «Юго-Западный  
 государственный университет»,  
 Олег Иванович Охотников,  
 д-р мед. наук, профессор, зав. отделением,  
 отделение рентгенохирургических методов  
 диагностики и лечения № 2,  
 БМУ «Курская областная клиническая больница»,  
 Владимир Анатольевич Белозеров,  
 канд. мед. наук, врач,  
 отделение эндоскопии,  
 БМУ «Курская областная клиническая больница»,  
 Софья Николаевна Родионова,  
 преподаватель,  
 кафедра биомедицинской инженерии,  
 ФГБОУ ВО «Юго-Западный  
 государственный университет»,  
 г. Курск,  
 e-mail: kstu-bmi@yandex.ru*

*О.В. Тихонова, Т.Г. Авачёва, Н.В. Гречушкина*

## Тренды развития цифровых технологий в медицине

### Аннотация

Внедрение цифровых технологий приводит к трансформации сферы здравоохранения и изменению характера оказания медицинских услуг. Статья посвящена обзору российских и зарубежных практик применения цифровых технологий для решения задач клинической медицины, научных исследований в сфере поиска новых методов и средств диагностики и лечения заболеваний, управления организациями здравоохранения.

### Введение

На современном этапе социокультурной эволюции общества изменения, вызванные интеграцией цифровых технологий в разные сферы человеческой деятельности, проявились не только в производственных отраслях, связанных с использованием высокотехнологичного оборудования, но и в тех, которые традиционно считались менее подверженными технологизации в силу своего характера: в искусстве, гуманитарных науках, образовании и медицине. Цифровизация сегодня выступает ключевым вектором развития отраслей, причиной и источником изменений, влияющих на процессы или аспекты той или иной сферы жизни и деятельности человека. Помимо национальных отраслевых трендов, определяющих направления развития отраслей в конкретной стране и обусловленных ее национальной культурной спецификой, государственной политикой и

уровнем развития науки и техники, существуют глобальные тренды, носящие межотраслевой и/или наднациональный характер. Одним из таких трендов является использование потенциала высокотехнологичных решений и наукоемких технологий для повышения качества медицинских услуг и обеспечения их персонализации [1]. Применение цифровых технологий в сфере здравоохранения является основой развития медицины и роста рынка медицинских товаров и услуг в XXI веке. Цифровизация сферы здравоохранения является актуальным направлением ее развития, с которым связывают повышение эффективности существующих методов диагностики и лечения и разработку новых медицинских IT-решений, становление персонализированного и предиктивного (прогностического) подходов в медицине. В статье рассмотрены основные направления цифровизации отрасли здравоохранения и возможности ее развития с использованием сквозных технологий.

## Основные направления цифровизации медицины

Многие передовые медицинские технологии связаны с применением программных и инструментальных средств, функционирующих на основе современных цифровых отраслевых и сквозных технологий (рис. 1). Наиболее перспективными цифровыми технологиями на данный момент являются облачные сервисы, Большие Данные, цифровые платформы, Интернет вещей, искусственный интеллект, промышленные и сервисные роботы.

Применение цифровых технологий в медицине можно рассматривать на двух взаимосвязанных уровнях: оказания медицинских услуг и разработки новых методов и средств.

На уровне оказания медицинских услуг цифровая трансформация проявляется наиболее ярко, так как изменяет сам характер взаимодействия врача и пациента. Активно расширяются практики телемедицины. Использование технологий Больших Данных для сбора и обработки информации о пациенте, а также технологий Блокчейн для надежного хранения и быстрого доступа к этой информации позволяет сократить время на проведение обследования и постановку диагноза, получать более точные сведения об изменении состояния здоровья человека с использованием устройств на основе технологии Интернета вещей, а также информации разных медицинских организаций, где пациент наблюдается или проходит лечение. Интеграция цифровых технологий позволяет повысить количественные показатели (снижение времени и затрат на обследование и лечение пациентов) и качественные (повышение точности постановки диагноза и результативности лечения). Цифровизация включает в себя применение для диагнос-

тики заболеваний и их лечения современных программных и технических решений, таких как биомедицинское (томографы, приборы МРТ и др.) и аналитическое (амплификаторы для анализа ДНК всевозможного типа, секвенаторы ДНК и белков, синтезаторы биологических полимеров, масс-спектрометры, электронные микроскопы и др.) оборудование.

Проникновение цифровых технологий в сферу разработки медицинских приборов, препаратов, методов и средств лечения позволяет повысить эффективность этих процессов и снизить их ресурсоемкость. Медицина – это сфера с очень строгими этическими нормами, и потому возможность провести испытания и апробацию медицинских решений при помощи компьютерного моделирования и виртуальных симуляций имеет большое значение. Эти методы позволяют исключать те недостатки разработок, которые можно выявить до начала клинических испытаний. Цифровое моделирование медицинских приборов и инструментов снижает стоимость их разработки и производства за счет получения более точных рабочих характеристик и проведения виртуальных испытаний на компьютерных моделях. Обработка и анализ больших массивов данных, получаемых при помощи современных приборов, позволяют устанавливать зависимости между различными параметрами, получать более точные данные относительно особенностей заболеваний, течения болезней, учитывать физиологические и генетические особенности пациента при назначении лечения. Это является шагом на пути к персонализированной медицине. Обработка больших массивов данных с использованием систем искусственного интеллекта позволяет анализировать данные медицинских исследований и выявлять перспективные направления научных исследований.



Рис. 1. Использование цифровых технологий в организациях [2]

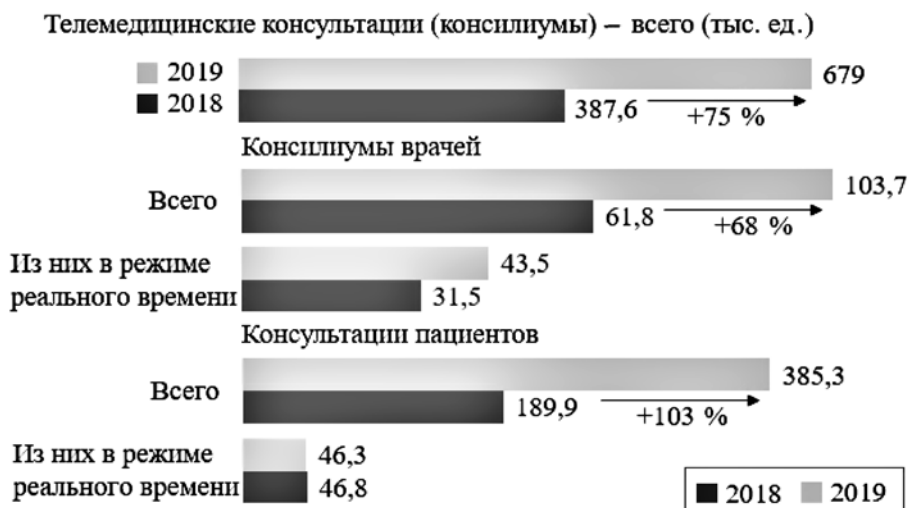


Рис. 2. Рост числа телемедицинских консультаций в 2018-2019 гг. [5]

Динамично развивающимся направлением цифровизации сферы здравоохранения является телемедицина – дистанционное оказание таких медицинских услуг, как проведение первичной диагностики и комплексный мониторинг здоровья пациента, консультирование, самодиагностирование и самонаблюдение с использованием специальных онлайн-сервисов и приложений [3]. Востребованность телемедицинских услуг высока и продолжает расти (рис. 2). С организационным аспектом оказания медицинских услуг связаны новые направления развития телемедицины. К ним относятся медицинские маркетплейсы (агрегаторы) и платформы-провайдеры услуг телемедицины, выступающие в качестве посреднической площадки для пациентов и врачей: «Педиатр 24/7» (Россия), «Doctor Smart» (Россия), «Здоровье Mail.ru» (Россия) и «Онлайн Доктор» (Россия), а также онлайн-клиники, предоставляющие медицинские услуги исключительно в формате телемедицины: «Яндекс.Здоровье» (Россия) и «Doc+» (Россия) [4].

Телемедицина требует разработки и внедрения специализированных платформ для сбора информации, объединения информационных систем разных медицинских учреждений в единую сеть [6]. Функционирование таких платформ или сетей предполагает сбор, хранение, размещение и передачу персональных данных людей между информационными системами, а потому критически важным становится обеспечение защищенности данных и документов. Решение этой задачи возможно с использованием технологии блокчейн. Разнообразие блокчейн-проектов, как разрабатываемых, так и уже реализованных, свидетельствует о том, что IT-решения на основе этой технологии в сфере здравоохранения востребованы и необходимы [7], [8]. Медицинские IT-решения на основе блокчейн используются в клинических исследованиях [6], в организации хранения и управления медицинской документацией [9], для оптимизации оказания медицинских услуг [10] и регулирования обеспечения пациентов лекарственными препаратами [11].

В настоящее время основной сферой применения указанной технологии в медицине являются электронные медицинские карты (ЕНС – electronic health cards). Системы хранения ЕНС, работающие на основе технологии блокчейн («Medicalchain», Великобритания; «BurstIQ», США и др.), позволяют организовать безопасное хранение и согласованный с пациентом авторизованный доступ к актуальным данным о нем. Использование технологии блокчейн делает незначительным риск намеренного искажения или уничтожения данных в ЕНС. Дополнительные возможности ЕНС дает применение смарт-контрактов («Robomed Network», Россия) и смарт-карт пользователей («Guardtime», Швейцария), которые регистрируют каждое обращение держателя карты в медицинское учреждение [12], [13]. ЕНС обеспечивают врачу полный доступ к необходимой информации в медицинской карте пациента и данным от медицинских устройств, к полученным при помощи искусственного интеллекта результатам анализа геномных, фармакогеномных, экспозомных, анатомических и прочих данных пациента («DeepMind Technologies», США; «Doc.ai», США) [7]. Значимы для науки и практики блокчейн-проекты, которые наряду с оказанием медицинских услуг используют новые технологии для продвижения предиктивной медицины («Doctor Smart», Россия; «Bioritma», Белоруссия) [12] или ориентированы на создание защищенных хранилищ клинических данных, которые могут быть использованы в медицинских исследованиях [«Zenome Blockchain» («Zenome», Белиз), «Arna Rapasea» («Arna Genomics», Россия)] [6].

Телемедицина предполагает не только консультирование, но и весь спектр медицинских услуг, которые можно оказывать в дистанционном режиме. Это стало возможным благодаря развитию медицинской робототехники, включающей в себя диагностические и реабилитационные системы, роботов для хирургии и терапии, обучения, дистанционного здравоохранения и др.

Помимо телемедицины медицинская робототехника применяется для качественно нового решения задач протезирования, реабилитации пациентов и ухода за ними, проведения лабораторных исследований, подготовки и обучения персонала.

Наиболее эффективным достижением телемедицины является робот-ассистированная хирургия – интегративное применение достижений медицинской робототехники, смешанной реальности, Интернета вещей для осуществления оперативного вмешательства. Одними из первых таких операций стали коронарные вмешательства, проведенные специалистами Института сердца Ахмедабада (Индия) в 2019 году [14], а в России – операция по удалению почечной артерии, проведенная в НМИЦ им. В.А. Алмазова (Санкт-Петербург) в 2019 году. [15]. К настоящему моменту при помощи дистанционно управляемых роботизированных хирургических систем проведены сотни тысяч оперативных вмешательств [16]. Роботизированные хирургические системы разрабатываются крупными компаниями и стартапами, такими как «Renishaw» (Великобритания), «EndoControl» (Франция), «Era Endoscopy» (Италия), «Rehab Robotics» (Гонконг), «Olympus» (Япония), «Нейроботикс» (Россия), «Mazor Robotics» (Израиль), «КУКА» (Германия), «Elekta» (Швеция), «Intuitive Surgical» (США). В состав такой системы обычно входят управляющий блок для хирурга-оператора (консоль и монитор) и исполнительный блок, включающий в себя манипуляторы и инструменты, количество которых для разных систем может отличаться. Применение медицинских роботов при проведении хирургических операций позволяет повысить качество и безопасность последних, за счет чего сокращается срок послеоперационной реабилитации пациентов [16].

Медицинские роботы используются для выполнения рутинных процедур, связанных с обработкой помещений, проведением базовых обследований, сортировкой образцов и проведением их лабораторных исследований, длительной обработкой участков тела человека или требующих высокой точности направления медицинских инструментов. Использование роботов для проведения процедур, оказывающих негативное влияние на здоровье медперсонала (например, проведение рентгена, работа с пациентами на карантине), позволяет снизить риск заболевания медицинского персонала, минимизируя его контакт с пациентами, и при этом обеспечить эффективный уход за ними [6]. Возможности робототехники используются при производстве бионических протезов и средств роботизированной механотерапии (экзоскелеты, экзокисти и др.), применяемых в реабилитации пациентов для восстановления нарушенных и компенсации утраченных функций опорно-двигательного аппарата [13]. Медицинские роботы могут применяться в образовательных целях в качестве тренажеров. Например, медицинские симуляторы «Эйдос» (Россия) используются при обучении студентов и персонала для формирования навыков оказания экстренной помощи и проведения реанимации.

Интеграция цифровых технологий в практику оказания медицинских услуг и работу сферы здравоохранения в значительной мере зависит от возможности получения данных от медицинских устройств и удаленного управления ими, от их способности в автономном режиме функционировать и взаимодействовать друг с другом. Названные возможности обеспечиваются применением технологий Интернета медицинских вещей (IoMT), под которым понимают концепцию вычислительной сети медицинских приборов, датчиков и оборудования, взаимодействующих друг с другом и с внешней средой посредством протоколов передачи данных и способных интерактивно влиять на профилактический, лечебный и реабилитационный процессы [17].

Устройства IoMT можно разделить на четыре основные категории: диагностические, профилактические, лечебные и реабилитационные. К первой группе относятся такие приборы, как цифровой тонометр, анализатор мочи, УЗ-аппарат, глюкометр, термометр, урофлоуметр. Вторая категория вклю-

чают в себя неспециализированные гаджеты с медицинским функционалом, такие как фитнес-трекеры, пульсометры, весы с определением состава жировой ткани, кардиодатчики, приборы для определения калорийности и вредных веществ в пищевых продуктах и др. В отдельную категорию можно выделить приборы, используемые в лечебных целях, такие как инсулиновая помпа или умная «таблетница». Последнюю группу составляют приборы, способствующие восстановлению пациента и повышающие качество его жизни после перенесенных оперативных вмешательств и заболеваний. Наибольшее практическое применение получили диагностические датчики для мониторинга здоровья и лечения пациентов, такие как кардиодатчики компании «EarlySense» (Израиль), носимое устройство «Sensor Dot» («Byteflies», Бельгия-США) для прогнозирования эпилептического приступа, поглощаемые внутрь сенсоры «C-Scan» («Check-Cap», Израиль) для получения рентгеновских снимков, закрепляемый на теле пациента и используемый с поглощаемыми сенсорами патч с датчиками «Proteus Discover» («Proteus Digital Health», США) для сбора информации о пациенте, и др. [18]. Системы ИОМТ позволяют создавать цифровые клиники, осуществлять цифровую трансформацию части процессов в них, таких как мониторинг работы оборудования, распределение больных по свободным местам («AutoBed» компании «GE Healthcare», США), доступ к электронным картам пациентов и др. [13].

Медицина – это сфера деятельности, которая требует сбора и обработки большого объема данных: результатов обследования пациента; сведений о хронических, наследственных и ранее перенесенных им заболеваниях и методах их лечения; сведений, поступающих от его домашних медицинских приборов и неспециализированных гаджетов, и др. Значительное количество информации поступает от медицинских роботов и оборудования в процессе их эксплуатации. Использование медицинских решений на основе технологий Big Data позволяет проводить диагностику более точно и быстро, а также реализовывать принципы предиктивной медицины: прогнозировать возникновение заболеваний и осложнений для их профилактики и своевременного лечения [19]. Еще больше информации необходимо собирать и анализировать для обеспечения эффективной и скоординированной работы медицинских организаций, определения национальной политики в сфере здравоохранения. На уровне администрирования отдельной организации (клиники, поликлиники) технологии Big Data позволяют определять факторы и барьеры роста эффективности ее деятельности на основе анализа особенностей работы персонала, загруженности оборудования и систем, расходования материалов и лекарств [20]. На уровне национальных систем здравоохранения технологии Big Data дают возможность оценивать эффективность системы в целом на территории всей страны и ее регионов, отслеживать движение бюджетных и внебюджетных средств, прогнозировать распространение эпидемий и пандемий, анализировать меры по их предотвращению или сдерживанию [21]. На уровне медицинской науки технологии Big Data используются для решения описательных, диагностических и предиктивных аналитических задач различной сложности, включая обработку данных, взаимосвязи которых неявны или нетривиальны [22]. Использование методов биоинформатики позволяет осуществлять анализ и интерпретацию больших массивов экспериментальных данных, изучать геномные данные для решения задач клинической практики, связанных с диагностированием и поиском методов лечения онкологических, генетических и инфекционных заболеваний [23], [24]. Big Data и биоинформатика связаны с применением искусственного интеллекта для обработки данных и проверки алгоритмов.

Системы на основе искусственного интеллекта (ИИ) позволяют распознавать и устанавливать закономерности в больших массивах данных, создавать прогностические модели [6] и применяются для решения задач диагностики и прогнозирования развития онкологических и кардиозаболеваний [«Watson Health» («IBM», США), «Botkin.AI» («Интеллоджик», Россия)], офтальмологических заболеваний [«DeepMind Health» («Google Health», США)], патологий развития плода [«ScanNav» («MedaPhor», Великобритания)], диагностики инфекционных заболеваний по микроизображениям препаратов крови [«BIDMC» («BIDMC», Израиль)] и др. [25]. Другим направлением применения ИИ в медицине является драг-дизайн (*англ.* drug design) – разработка, изучение и совершенствование лекарственных средств, терапевтически значимых веществ и связанных с ними биологически активных молекул при помощи технологий вычислительной химии, биоинформатики, цифрового моделирования и алгоритмических методов проектирования [6]. Драг-дизайн основан на итерационном конструировании активной молекулы с устойчивой структурой и заданными свойствами, включающем в себя комбинирование переборных методов поиска и эволюционных алгоритмов. Первым успешным примером применения драг-дизайна стал ингибитор карбоангидразы дорзоламид, одобренный к применению в 1995 году. Другим примером является создание иматиниба – ингибитора тирозинкиназы, разработанного для белка слипания bcr-abl. В условиях пандемии цифровые технологии драг-дизайна были впервые применены во время COVID-19.

## Заключение

Цифровая трансформация медицины связана со сквозным внедрением цифровых технологий в эту отрасль на разных организационных уровнях и открывает широкие перспективы не только для повышения качества оказания медицинской помощи врачом пациенту, но и для создания новых высокотехнологичных приборов и оборудования, разработки методов, способов и средств лечения, администрирования и управления процессами в сфере здравоохранения с целью их совершенствования.

Телемедицина, медицинская робототехника, Интернет медицинских вещей, биоинформатика, медицинские IT-решения на основе технологий больших данных, искусственного интеллекта, блокчейн и др. изменяют эту отрасль как на инструментальном уровне, так и на уровне становления новых подходов в здравоохранении: персонализированного и предиктивного.

Пандемия COVID-19 придала дополнительный импульс цифровизации медицине, где современные IT-решения использовались для анализа, прогнозирования и сдерживания роста заболеваемости, разработки средств лечения пациентов и ухода за ними. В то же время следует отметить, что достижения цифровой медицины не отменяют потребности отрасли в высококвалифицированных специалистах и наиболее действенны при условии партисипативности пациентов – их вовлеченности в процессы сохранения собственного здоровья.

## Список литературы:

1. Развитие отдельных высокотехнологичных направлений. Белая книга / Под ред. М.Ю. Соколова, Л.Д. Эйделькинд. – М.: НИУ ВШЭ, 2022. 186 с.
2. Цифровая экономика: 2022: краткий статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий [и др.]. – М.: НИУ ВШЭ, 2022. 124 с.
3. Буранбаева Л.З., Жилина Е.В., Абрамов Н.Р. Телемедицина как направление развития рынка цифровых технологий в здравоохранении // Вестник БИСТ. 2021. № 3 (52). С. 75-80.

4. Ходырева Л.А., Грицков И.О., Васильев А.О., Пушкарь Д.Ю. Телемедицина: современные возможности и перспективы дальнейшего развития // *Московская медицина*. 2021. № 3 (43). С. 90-96.
5. Цифровая зрелость здравоохранения / <https://issek.hse.ru/news/385932985.html> (дата обращения 17.02.2022 г.).
6. Biomedical Informatics Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Е.Н. Shortlife (ed.), J.J. Cimino (ed.). – Cham: Springer, 2021. 1152 p.
7. Litvin A.A., Korenev S.V., Knyazeva E.G., Litvin V.A. The Possibilities of Blockchain Technology in Medicine // *CTM*. 2019. Vol. 11 (4). PP. 191-199.
8. Кюо Т.Т., Ким Н.Е., Охно-Мачадо Л. Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2017. Vol. 24 (6). PP. 1211-1220.
9. Докукина И.А. Особенности формирования децентрализованной системы управления данными в медицинских учреждениях на основе технологии блокчейн // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление*. 2018. № 3. С. 106-112.
10. Козенко Ю.А., Козенко Т.Е. Управление маршрутизацией лечебного процесса посредством блокчейн-технологий // *Сибирская финансовая школа*. 2019. № 3 (134). С. 25-27.
11. Кошечкин К.А., Преферанский Н.Г., Преферанская Н.Г. Применение блокчейн-технологии для ведения реестра лекарственных препаратов // *Врач и информационные технологии*. 2019. № 3. С. 58-64.
12. Yoon H.J. Blockchain technology and healthcare // *Healthcare Informatics Research*. 2019. Vol. 25 (2). PP. 59-60.
13. Vuas S., Bhargava D. Smart Health Systems: Emerging Trends. – Singapore: Springer, 2021. 125 p.
14. Patel T.M., Shah S.C., Pancholy S.B. Long Distance Tele-Robotic-Assisted Percutaneous Coronary Intervention: A Report of First-in-Human Experience // *EClinicalMedicine*. 2019. Vol. 14. PP. 53-58.
15. DAVINCI. Роботическая хирургия в России / <https://robotdavinci.ru> (дата обращения 17.02.2022 г.).
16. Туркина Н.В. Робот-ассистированные операции // *Медицинская сестра*. 2017. № 6. С. 11-14.
17. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Фомина И.В., Лисненко А.А., Рябков И.В., Качковский С.В., Мелаев Д.В. Интернет медицинских вещей: первые шаги по систематизации. // *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2017. № 3. С. 128-136.
18. Зинякова В.Е. Интернет вещей как опора высокотехнологичной медицины // *Синергия наук*. 2020. № 43. С. 454-459.
19. Zhao J. The application and influence of big data in medicine / In: *BIC 2021: Proceedings of the 2021 International Conference on Bioinformatics and Intelligent Computing*. Harbin, January 22-24, 2021. New York: ACM. PP. 1-5.
20. Карнаухов Н.С., Ильяхин П.Г. Возможности технологий «Big Data» в медицине // *Врач и информационные технологии*. 2019. № 1. 58-53.
21. Sabarish J., Sonali S., Vidhyaa P.T.R. Application of Big Data in Field of Medicine // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. Vol. 1167. PP. 473-484.
22. Schaefer G.O., Tai E.S., Sun S. Precision Medicine and Big Data // *Asian Bioethics Review*. 2019. Vol. 11 (6). PP. 275-288.
23. Ott P.A., Hu Z., Keskin D.B. An immunogenic personal neoantigen vaccine for patients with melanoma // *Nature*. 2017. Vol. 547. PP. 217-221.
24. Bioinformatics: Methods and Applications / D.B. Singh (ed.), R.K. Pathak (ed.). – India: Academic Press, 2022. 488 p.
25. Kendale S., Kulkarni P., Rosenberg A.D., Wang J. Supervised Machine-Learning Predictive Analytics for Prediction of Postinduction Hypotension // *Anesthesiology*. 2018. Vol. 129. № 4. PP. 675-688.

Оксана Валентиновна Тихонова,  
канд. физ.-мат. наук, доцент,  
кафедра «Математика, физика и медицинская  
информатика»,  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный  
медицинский университет  
им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России,  
кафедра «Информатика и информационные  
технологии»,  
Рязанский институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Московский  
политехнический университет»,  
Татьяна Геннадиевна Авачёва,  
канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой,  
кафедра «Математика, физика  
и медицинская информатика»,  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный  
медицинский университет  
им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России,  
Нина Владимировна Гречушкина,  
доцент,  
кафедра «Информатика и информационные  
технологии»,  
Рязанский институт (филиал)  
ФГАОУ ВО «Московский  
политехнический университет»,  
г. Рязань,  
e-mail: tihonova\_oksv@mail.ru

\* \* \* \* \*