УДК 004:614.2:658 Обзор

# МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО: ТРЕНДЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ (ОБЗОР)

***М. И. Муслимов*** *— ООО «Клиника научной медицины», генеральный директор, кандидат медицинских наук.*

# MEDICINE OF THE FUTURE: TRENDS AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS (REVIEW)

***M. I. Muslimov*** *— Chief Executive Officer of LLC "Clinic of Scientific Medicine", PhD.*

Дата поступления — 16.08.2021 г. Дата принятия в печать — 10.09.2021 г.

***Муслимов М. И.*** **Медицина будущего: тренды и технологические решения (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал 2021; 17 (3): 476–480.**

*Цель*: систематизация наиболее перспективных медико-биологических инноваций и технологических подходов, имеющих определенное значение для развития мировой и отечественной медицины. В статье дан обзор последних направлений и трендов мировой медицины и здравоохранения. Проанализированы научные публикации как в печатной форме, так и виде электронных изданий. Глубина поиска литературных источников составила 15 лет. В обзоре использованы работы из международных медицинских баз данных PubMed, EMBASE, medRxiv, bioRxiv, LILACS, Cochrane, Scopus и SciELO, CrossRef, GoogleScholar, Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и электронной библиотеки eLibrary. Молекулярно-генетическая диагностика, биоинформатический анализ геномных и биомаркерных данных, генная терапия, регенеративная медицина, клеточная инженерия, создание целевых биологических продуктов, новые типы генно-инженерных вакцин, персональная телемедицина, системы искусственного медицинского интеллекта — далеко не полный перечень инноваций, внедряемых в современную клиническую практику.

**Ключевые слова:** регенеративная медицина, медицина 4П, технологии, развитие, тренды.

***Muslimov MI.*** **Medicine of the future: trends and technological solutions (review). Saratov Journal of Medical Scientific Research 2021; 17 (3): 476–480.**

*Objective:* to systematize the most promising biomedical innovations and technological approaches which have certain significance for the development of world and domestic medicine. The article provides an overview of the latest trends and trends in world medicine and healthcare. In the course of the study, scientific publications were analyzed, both in printed form and in the form of electronic publications. The search for literary sources included 15 years. The review uses the works from the international medical databases PubMed, EMBASE, medRxiv, bioRxiv, LILACS, Cochrane, Scopus and SciELO, CrossRef, Google Scholar, the Russian Science Citation Index (RSCI) and the electronic library eLibrary. Molecular genetic diagnostics, bioinformatic analysis of genomic and biomarker data, gene therapy, regenerative medicine, cell engineering, creation of targeted biological products, new types of genetically engineered vaccines, personal telemedicine, artificial medical intelligence systems are not a complete list of innovations being introduced into modern clinical practice.

**Keywords:** regenerative medicine, 4P medicine, technologies, development, trends.

**Введение.** Разработка и внедрение в практику медицины и здравоохранения новых приборов, оборудования, методик лечения и диагностики является мощным технологическим трендом текущего века во многих странах мира. Новые технологии определяют необходимость перехода к новой модели организации медицинской помощи — к медицине 4П, которая сформирована из четырех компонентов: П1 — прогнозирование, П2 — профилактика, П3 — персонализация, П4 — вовлеченность, мотивированное участие пациента в профилактике заболеваний [1].

**Ответственный автор** — Муслимов Муслим Ильясович
Тел.: +7 (919) 1040303
E-mail: office@auz.clinic

Приоритетная задача частного медицинского бизнеса — привлечение финансовых ресурсов в частную систему здравоохранения, которые должны сформировать новый облик российской службы здравоохранения, на основе концессионных принципов частно-государственного партнерства, что обеспечит высокое качество медицинской помощи, круглосуточную доступность медицинских услуг и широкие технологические возможности, которые открывает цифровая медицина будущего.

*Цель* — систематизация наиболее перспективных медико-биологических инноваций и технологических подходов, имеющих определенное значение для развития мировой и отечественной медицины. В ходе исследования проанализированы научные пу-

бликации как в печатной форме, так и виде электронных изданий. Глубина поиска литературных источников составила 15 лет, в обзоре использованы работы из международных медицинских баз данных PubMed, EMBASE, medRxiv, bioRxiv, LILACS, Cochrane, Scopus и SciELO, CrossRef, GoogleScholar, Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и электронной библиотеки eLibrary.

Рассмотрим наиболее значимые технологические разработки и решения, формирующие направления «медицины будущего».

***Биопринтинг***. Основным приоритетом медико-биологического подхода к актуальным аспектам практической трансплантологии является биопечать различных органов и тканей организма, полученных из клеточного материала конкретного пациента. Таким образом, с решением проблемы аллотрансплантации отдельных органов решается проблема гистосовместимости, обусловленная отсутствием реакции «трансплантат против хозяина» [2].

Полноценные биологические аналоги сердца, почек, желудка, поджелудочной железы, суставов, глазных яблок, уха и прочего будут созданы в режиме онлайн на высокоскоростных 3D-биологических принтерах [3].

***Генная терапия***. Высокие генетические технологии позволят создавать генетически модифицированные модели человека с заданными биологическими свойствами. Таким образом, генетическая модификация на уровне генома X- или Y-хромосомы позволит избавиться от генетически обусловленных заболеваний, создать биообъекты, не подверженные таким заболеваниям, как сахарный диабет, рак, болезнь Альцгеймера и ряду других [4].

В 2016 г. проведены 2300 клинических испытаний по генной терапии различных заболеваний. Это преимущественно рак различной этиологии (64%), моногенные заболевания, вызванные мутацией в одном гене (9,5%), сердечно-сосудистые (7,9%) и инфекционные (7,9%) болезни. Для ряда заболеваний генная терапия была достаточно успешной [5].

Сегодня без медико-генетического типирования уже трудно представить адекватное ведение беременности: генетические тесты позволяют выявить наследственную патологию у плода на самых ранних стадиях его развития [6].

Недавно разработанный метод геномного редактирования CRISP-cas9-генома в настоящее время активно развивается. В ближайшем будущем станет возможным генетическая трансформация поврежденных участков генома, вызывающих определенные заболевания и нарушения в организме [7].

***Клонирование органов и тканей***. Для депонирования клеточного тканевого материала в ближайшем будущем будут разработаны технологии клонирования отдельных органов человека на основе индивидуальной клеточной идентификации. Пациент также может хранить свой клеточный биоматериал в жидком азоте в течение неограниченного времени, и при необходимости генной инженерией любые человеческие ткани могут быть воссозданы заново [8].

***Биополимерные суставы и связки***. Практически все искусственные суставы будут производиться из высококачественных биополимеров, изготовленных по технологии биологического клонирования собственного клеточного материала пациента. Вводимые имплантаты смогут полностью соответствовать «живым» тканям организма и иммунологические процессы отторжения можно будет свести к нулю [9].

***Бионические сенсорные протезы***. В последние годы появилось научное направление в области здравоохранения, такое как «биомеханика», представляющая собой сочетание робототехники и нервных клеток человека. Задача научных исследований в этом направлении — разработка искусственных конечностей (бионических протезов), которыми можно управлять с помощью силы мысли [10].

***Искусственная кожа и самовосстанавливающиеся полимерные мышцы***. Самовосстановление кожи на основе технологии XPL (сшитый полимерный слой), кожные трансплантаты из стволовых клеток, «живая» кожа с использованием искусственного коллагена и эластина — далеко не полный список технологий, которые уже внедряются сегодня. Искусственная мышечная ткань позволит самовосстановиться поврежденной мышце за счет создания вазоактивных полимерных наночастиц, биологически идентичных двигательной единице мышечной клетки [11].

***Информационные носимые компьютеры и устройства***. Здоровьесберегающие технологии, основаны на принципах информирования пациента или его лечащего врача обо всех проблемах со здоровьем, возникающих во время терапии или динамического наблюдения. Носимые устройства позволяют контролировать главные параметры гомеостаза в режиме реального времени, предупреждать о критических состояниях. Так, аппаратные комплексы могут отследить частоту сердечных сокращений, пульсовую волну, температуру тела, уровень глюкозы, гормональный статус, работу артифициальных имплантатов и многих других индикаторов.

Данные устройства могут контролировать выбор времени лечения, влиять на здоровые различные компоненты здорового образа жизни, обеспечить пациента и врача актуальной информацией о состоянии организма и обеспечить динамический прогноз [12].

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается рост инновационных медицинских компаний, разрабатывающих программное обеспечение и цифровые мобильные медицинские устройства, чтобы контролировать основные параметры организма в режиме реального времени. Согласно данным из Вашингтонского института стратегических исследований, в 2017 г. объем российского рынка для мобильных медицинских устройств составил приблизительно 800 млн долларов [13].

***Искусственный разум***. Роль искусственного интеллекта в медицине неоценима. С развитием цифровых технологий и созданием общих больших баз данных, такие системы позволяют синтезировать новые молекулярные структуры препаратов, создавая фонды целенаправленной терапии, а также автоматизировать проверку окончательного диагноза на основе многочисленных форматов данных лаборатории и клинических знаков [14].

Уже в настоящее время промышленные образцы таких систем анализируют многочисленные результаты компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии, формируют автоматизированное мнение эксперта для постановки диагноза [15].

В сочетании с телемедицинскими технологиями системы искусственного интеллекта смогут распознавать тревожные симптомы в результатах тестов, распознавать рентгеноконтрастные изображения, заполнять медицинские карты на основе технологии распознавания голоса и подбирать идеальные лекарства для пациента по его просьбе (цена, эффек-

тивность и т. д.). Искусственный интеллект способен анализировать данные носимых гаджетов и выдавать экспертные решения и прогнозы. Системы визуальной идентификации динамических изображений, например со сканеров пользовательского интерфейса, электрокардиографов или электроэнцефалографических систем, также находятся в процессе разработки. В ближайшее время врач-специалист будет полностью зависеть от решений искусственного интеллекта. Уже сейчас точность диагностики опухолей по рентгенологическим снимкам превышает 90% [16]. Объем рынка искусственного интеллекта, который в 2014 г. составил 600 млн долларов США, в 2021 г. может увеличится до 6,68 млрд долларов [17].

В настоящее время в мире ведущие разработки в этой области принадлежат крупным IT-компаниям — Google, IBM, Microsoft. К 2025 г. планируется, что системы искусственного интеллекта проникнут практически во все сферы здравоохранения [18].

Работа систем искусственного интеллекта построена по принципу нейронных сетей. Чем больше объем соответствующих данных, подлежащих автоматическому компьютерному анализу, тем точнее характеристики проверки и прогнозные оценки. Развитие нейросетевых устройств и их внедрение в практику здравоохранения — один из основных трендов мировой медицины [19].

Анализ потенциала российских участников перспективного рынка товаров и услуг, связанных с технологиями искусственного интеллекта, достаточно высок. Конкурентным преимуществом России является наличие большого количества высококвалифицированных специалистов в области машинного обучения в целом и в области технологий глубокого машинного обучения в частности, которые, по мнению экспертов, могут внести значительный вклад в развитие не только российской, но и мировой цифровой экономики [20].

Создание массивных хранилищ медицинских данных больших объемов (BigData) и их быстрая обработка специальными аналитическими инструментами сегодня представляет собой наиболее динамично развивающийся сектор цифровой медицины. По данным ряда американских исследователей, в США на развитие этой сферы приходится 12–17% национальных расходов на здравоохранение [21].

В рамках принятых в России программ и нормативных актов участие частного бизнеса в формировании информационных массивов в формате BigData более чем оправдано.

***Клеточная терапия, терапевтические антитела, «молекулярные ножницы»***. Для клеточной терапии используются мезенхимальные стромальные стволовые клетки человека, высокодифференцированные фибробласты, кардиомиоциты, гепатоциты и другой клеточный материал. Терапевтические антитела представляют собой биокомплекс моноклональных антител, а также специально выращенных и иммунизированных Т-лимфоцитов. В «молекулярных ножницах» используются технологии геномного редактирования, являющегося отправной точкой для формирования современной генной терапии. Образно говоря, «молекулярные ножницы» представляют собой синтетическую последовательность аминокислот, которая распознает нужную последовательность аминокислот в цепи дезоксирибонуклеиновой кислоты и разрезает ее [22].

***«Умные таблетки»***. Представляют собой формат инновационных препаратов со встроенными электронными чипами, позволяющими ориентировать базовую терапию на конкретные целевые задачи. Такие препараты влияют на строго определенные биологические структуры как на органном, так и на клеточном уровне. Уже в наше время создаются целевые лекарственные формы, обеспечивающие попадание биологически активных веществ непосредственно в клетки, например нанодиамазы с молекулярными лекарственными насадками. Целевая (таргетная) терапия позволит качественно изменить подходы к лечению онкологических и других социально значимых заболеваний [23].

***Создание новых диагностических тестовых систем***. Качественная лабораторная диагностика является камнем преткновения в клинической медицинской практике. Терапевтические подходы и решения, принимаемые врачом в отношении пациента, зависят от его точности и адекватности. Медицина будущего предусматривает создание скрининговых экспресс-систем на основе твердофазных носителей, обеспечивающих обнаружение конкретных антигенов, что позволит в режиме реального времени в капле любой биологической жидкости диагностировать практически любое заболевания как инфекционного, так и неинфекционного характера. В тенденциях современного здравоохранения выражен уклон на создание интеллектуальных диагностических систем, как правило, неинвазивных, основанных на новых физических принципах, обеспечивающих постоянный мониторинг здоровья и принятие самостоятельных решений в вопросах его коррекции [24].

***Робототехника в медицине***. Широкое развитие робототехнических комплексов в мире не обошло стороной и такое важное направление человеческой деятельности, как здравоохранение. Внедрение малоинвазивных хирургических технологий, основанных на эндоскопических методах, внедрение хирургических роботов, разработка и создание роботов-помощников, способных поднимать и переворачивать лежачего пациента, предоставление ему полноценной сестринской помощи, не является иллюзией научной фантастики. Подобные системы активно развиваются и не менее активно внедряются. Робот-помощник врача, имеющий конструктивные особенности для каждой медицинской специальности, функционирующий по принципу динамической нейронной сети, — это самая реальная цифровая перспектива в медицине недалекого будущего.

Говоря о цифровой медицине в целом как важнейшем направлении в мировом здравоохранении, следует отметить, что именно в последнее десятилетие в ряде стран (включая США, Германию и Великобританию) приняты законы и специальные программы, обеспечивающие необходимую институциональную и техническую инфраструктуры для информатизации здравоохранения в национальном масштабе [25].

В России текущим аспектам цифровой медицины также уделяется пристальное внимание со стороны государства. Принятые нормативно-правовые акты по данной проблеме призваны обеспечить гражданам доступ к высокотехнологичной и превентивной медицине на основе концепции 4П.

К 2025 г. планируется на 30% повысить производительность и эффективность использования материальных, информационных и иных ресурсов при оказании медицинских услуг, также будет созда-

на цифровая «экосистема здравоохранения», предусматривающая поддержку отечественных стартапов и передачу инновационных решений в медицинскую сферу [26].

Цифровая медицина — это в первую очередь высокотехнологичные управленческие подходы при создании новой модели здравоохранения, позволяющие собирать и обрабатывать, в том числе удаленно, большие объемы данных для принятия обоснованных оптимальных и стратегических решений, разработки новых направлений развития.

В ходе полной цифровой трансформации отечественной медицины к 2025 г. планируется перевести все медицинские организации на электронный документооборот.

Одной из динамично развивающихся областей цифрового здравоохранения является телемедицина, обеспечивающая пациенту высокий уровень консультационных услуг в дистанционном формате. Развитие телемедицинских технологий предоставляет частному медицинскому бизнесу неограниченные возможности по созданию инновационных диагностических систем, способных передавать данные по телекоммуникационным сетям. Не вызывает сомнения то, что такие технологии будут пользоваться спросом в условиях Далекого Севера, на территориях с нехваткой медперсонала.

Закон о телемедицине, вступивший в силу в январе 2018 г., предусматривает создание Единой государственной системы медицинской информации (EMIAS), которая будет содержать большой объем данных по персонализированным отчетам и федеральным реестрам в секторе здравоохранения, информацию о медицинских организациях и медицинской документации. С помощью системы EMIAS станет возможным расширить спектр медико-диагностических услуг, предоставляемых населению в электронном формате.

В целом быстро развивающиеся медицинские технологии требуют расширения кадрового потенциала, подготовки соответствующих квалифицированных специалистов и управленческих кадров. В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос и принять необходимые решения в части организации новых медицинских специальностей: сетевой врач, IT-врач, специалист по тканевой инженерии, молекулярный диетолог.

**Заключение.** Представленные в данном обзоре технологические инновации открывают широкие перспективы для развития современной медицины будущего как неотъемлемой части всеобщего прогресса человечества. Формируемые сегодня направления и подходы на основе создаваемой теоретической базы позволяют по-новому взглянуть на современные медицинские и диагностические технологии, призванные максимально автоматизировать рутинные медико-диагностические процедуры, обеспечить высокое качество медицинских и диагностических услуг, существенно снизить потенциальные риски для пациентов и в конечном итоге — увеличить продолжительность активной жизни людей. Научные публикации в мировых и отечественных медико-биологических базах данных позволили нам систематизировать тренды развития перспективных направлений и новейших технологических подходов для обеспечения поступательного развития «медицины будущего».

**Конфликт интересов** отсутствует.

## References (Литература)


1. Khabriev Ru, Yagudina RI, Pravdyuk NG. Evaluation of healthcare technologies. Monograph. Moscow: Moscow News Agency, 2013; 416 p. Russian (Хабриев Р.У., Ягудина Р.И., Правдюк Н.Г. Оценка технологий здравоохранения: монография. М.: Московское информационное агентство, 2013; 416 с.).
2. Gerasimenko NF 4-P medicine — a new direction of health care development. Federal Reference Book: Healthcare of Russia, Vol. 13. Moscow: President, 2013; 96 p. Russian (Герасименко Н.Ф. 4-П медицина — новое направление развития здравоохранения. Федеральный справочник: Здравоохранение России. Т. 13. М.: Президент, 2013; 96 с.).
3. Mironov V, Visconti RP, Kasyanov V, et al. Organ printing: tissue spheroids as building blocks. Biomaterials 2009; 30 (12): 2164–74.
4. Murphy SV, Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs. Nat Biotechnol 2014; 32 (8): 773–85.
5. Stepanichev MYu. Modern approaches and prospects for the use of gene therapy in Alzheimer's disease Neurochemistry 2011; 28 (3): 181–91. Russian (Степаничев М.Ю. Современные подходы и перспективы применения генной терапии при болезни Альцгеймера Нейрохимия 2011; 28 (3): 181–91).
6. Oschepkova OM, Seminsky IJ Modern aspects of medical and genetic counseling. Siberian Medical Journal 2009; (4): 5–8. Russian (Ощепкова О.М., Семинский И.Ж. Современные аспекты медико-генетического консультирования. Сибирский медицинский журнал 2009; (4): 5–8).
7. Kuzhekina YuS, Vorobyeva AS, Vasilenko SA, Kupsha EI. Achievements of genetic engineering in the treatment of diabetes mellitus. In: International Student Scientific Bulletin 2017; (6). URL: http://eduherald.ru/ru/article/view?id=17882 (2 Oct 2020). Russian (Кужекина Ю.С., Воробьева А.С., Василенко С.А., Купша Е.И. Достижения генной инженерии в лечении сахарного диабета. В кн.: Международный студенческий научный вестник 2017; (6). URL: http://eduherald.ru/ru/article/view?id=17882 (дата обращения: 02.10.2020)).
8. Valetdinova KR. Application of the CRISPR system/Cas9 for the creation and research of cellular models of hereditary human diseases. Genes&Cells 2016; (2): 10–20. Russian (Валетдинова К.Р. Применение системы CRISPR/Cas9 для создания и исследования клеточных моделей наследственных заболеваний человека. Гены & Клетки 2016; (2): 10–20).
9. Veremeenko D. Gene therapy of aging vs pharmacology. URL:https://www.nanonewsnet.ru/articles/2017/gennaya-terapiya-stareniya-vs-farmakologiya (2 Oct 2020). Russian (Веремеенко Д. Генная терапия старения vs фармакология. URL: https://www.nanonewsnet.ru/articles/2017/gennaya-terapiya-stareniya-vs-farmakologiya (дата обращения: 02.10.2020)).
10. Minenko IA, Serdyukov DG. On the question of the history of cloning. Bulletin of New Medical Technologies 2014; (1). DOI: 10.12737/2907. Russian (Миненко И.А., Сердюков Д.Г. К вопросу об истории клонирования. Вестник новых медицинских технологий 2014; (1). DOI: 10.12737/2907).
11. Berseneva OA, Kulemina OA. Polymers of the new generation. Modern chemistry: Successes and achievements: Materialy II mezhdunar. nauch. Conf. Chita, April 2016. Chita: publishing house of the Young scientist, 2016; p. 27–9. Russian (Берсенева О.А., Кулемина О.А. Полимеры нового поколения. Современная химия: Успехи и достижения: материалы II Междунар. науч. конференции. Чита, апрель 2016 г. Чита: Молодой ученый, 2016; с. 27–9).
12. Solodimova GA, Spirkin AN. Information and measurement system of the bionic prosthesis of the lower limb. Measurement. Monitoring. Management. Control 2018; 23 (1): 57–65. Russian (Солодимова Г.А., Спиркин А.Н. Информационно-измерительная система бионического протеза нижней конечности. Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль 2018; 23 (1): 57–65).
13. Kötteritzsch J, Hager MD, Schubert US. Tuning the self-healing behavior of one-component intrinsic polymers. Polymer 2015; (69): 321–9.
14. Sitnikov NN, Khabibullin IA, Mashchenko VI, Rizakhanov RN. Assessment of the prospects for application of self-healing materials and technologies. Advanced materials 2018; (2): 5–16. Russian (Ситников Н.Н., Хабибуллина И.А., Мащенко В.И., Ризаханов Р.Н. Оценка перспектив применения самовосстанавливающихся материалов и технологий на их основе. Перспективные материалы 2018; (2): 5–16).

15. Starovoitova VA, Taranik MA, Kopanitsa GD. Research of modern medical portable devices. Doctor and information technologies 2016; (2): 54–60. Russian (Старовойтова В.А., Тараник М.А., Копаница Г.Д. Исследование современных медицинских портативных устройств. Врач и информационные технологии 2016; (2): 54–60).

16. Baulina O.V., Snopkova E.V., Vasilevsky N.V. The use of modern mobile technologies in healthcare. Student Scientific Forum: materials of the VI International Student Scientific Conference. URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014004961 (25 June 2021). Russian (Баулина О.В., Снопкова Е.В., Василевский Н.В. Использование современных мобильных технологий в здравоохранении. Студенческий научный форум: материалы VI Междунар. студ. науч. конференции. URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014004961 (дата обращения: 25.06.2021)).

17. mHealth in China and the United States: how mobile technology is transforming healthcare in the world's two largest economies. Washington DC, 2014; 36 p.

18. Zharikov OG, Kovalev VA, Litvin AA. Modern possibilities of using some expert systems in medicine. Doctor and Information Technologies 2008; (5): 24–30. Russian (Жариков О.Г., Ковалев В.А., Литвин А.А. Современные возможности использования некоторых экспертных систем в медицине. Врач и информационные технологии 2008; (5): 24–30).

19. Shelmanov AO, Smirnov IV, Vishneva EA. Information extraction from clinical texts in Russian. Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Papers from the Annual International Conference Dialogue 2015; 14 (21): 560–72.

20. Toney L, Vesselle H. Neural networks for nodal staging of non-small cell lung cancer with FDG PET and CT: importance of combining uptake values and sizes of nodes and primary tumor. Radiology 2014; 270 (1): 91–8.

21. Sandler A. What do corporations and startups need to do in time? Digital Health: an innovative event in digital medicine: Materials of the scientific and practical conference. URL: https://blog.mednote.life/articles/digital-health-innovacionnoe-meropriyatie-po-cifrovoy-medicine (25 June 2021). Russian (Сандлер А. Что нужно успеть корпорациям и стартапам? Digital Health: инновационное мероприятие по цифровой медицине: материалы науч.-практ. конференции. URL: https://blog.mednote.life/articles/digital-health-innovacionnoe-meropriyatie-po-cifrovoy-medicine (дата обращения: 25.06.2021)).

22. Tsvetkova L. Artificial intelligence technologies as a factor of digitalization of the economy of Russia and the world. Economics of Science 2017; 3 (2): 126–44. Russian (Цветкова Л. Технологии искусственного интеллекта как фактор цифровизации экономики России и мира. Экономика науки 2017; 3 (2): 126–44).

23. Kryuchin OV. Artificial neural networks and cluster systems. Implementation of a neural network simulator. Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences 2010; 15 (1): 306–11. Russian (Крючин О.В. Искусственные нейронные сети и кластерные системы. Реализация нейросетевого симулятора. Вестник Тамбовского университета. Сер.: Естественные и технические науки 2010; 15 (1): 306–11).

24. Volchek YuA, Shishko ON, Spiridonova OS, Mohort TV. The position of the artificial neural network model in medical expert systems. Juvenis Scientia 2017; (9): 4–9. Russian (Волчек Ю.А. Шишко О.Н. Спиридонова О.С. Мохорт Т.В. Положение модели искусственной нейронной сети в медицинских экспертных системах. Juvenis Scientia 2017; (9): 4–9.

25. Groves P, Kayyli B, Knott D, Van Kuiken S. The 'big-data' revolution in US health care: accelerating value and innovation. New York: McKinsey & Company, 2013; 22 p.

26. Kozlov IG. Monoclonal antibodies — a new era in pharmacology and therapy. Curative Business 2006; (1): 26–31. Russian (Козлов И.Г. Моноклональные антитела — новая эра в фармакологии и терапии. Лечебное дело 2006; (1): 26–31).