



ВРАЧ

И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

№1 2024

MEDICAL DOCTOR AND IT



ISSN 1811-0193
9 1771811019000 >



№1 2024

MEDICAL DOCTOR AND IT

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК по специальностям:

- 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки);
- 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки);
- 3.3.9. Медицинская информатика (биологические науки);
- 3.3.9. Медицинская информатика (медицинские науки).

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications of the Higher Attestation Commission on specialties:

- 2.3.1. System analysis, management and information processing (technical sciences);
- 2.3.5. Mathematical and software support of computer systems, complexes and computer networks (technical sciences);
- 3.3.9. Medical Informatics (biological sciences);
- 3.3.9. Medical Informatics (medical sciences).

Журнал индексируется в базе данных Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science.

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database on the Web of Science platform.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Карпов О.Э., академик РАН, д.м.н., проф., генеральный директор ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

ПОЧЕТНЫЙ ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Стародубов В.И., академик РАН, д.м.н., проф., научный руководитель ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, представитель России в Исполнительном Комитете ВОЗ, Москва, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Зарубина Т.В., д.м.н., член-корреспондент РАН, проф., заведующая кафедрой медицинской кибернетики и информатики, ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Гусев А.В., к.т.н., член экспертного совета Минздрава по вопросам использования ИКТ, старший научный сотрудник ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, директор по развитию компании «К-Скай», Петрозаводск, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Андриков Д.А., к.т.н., доцент Инженерной Академии ФГАОУ ВО РУДН, директор компании «Иммерсмед», Москва, Россия

Владимирский А.В., д.м.н., заместитель директора по научной работе ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», Москва, Россия

Грибова В.В., член-корреспондент РАН, д.т.н., заместитель директора по научной работе ФГБУ «Институт автоматизации и процессов управления» Дальневосточного отделения РАН, Владивосток, Россия

Гулиев Я.И., к.т.н., директор Исследовательского центра медицинской информатики ИПС РАН им. А.К. Айламазяна, Ярославль, Россия

Зингерман Б.В., руководитель направления цифровой медицины ИНВИТРО, Москва, Россия

Карась С.И., д.м.н., специалист отдела координации научной и образовательной деятельности НИИ кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Лебедев Г.С., д.т.н., директор института цифровой медицины, заведующий кафедрой информационных и интернет технологий ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

Неусыпин К.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой системы автоматического управления МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Пролетарский А.В., д.т.н., профессор, декан факультета «Информатика и системы управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Реброва О.Ю., д.м.н., профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики, ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Столбов А.П., д.т.н., профессор кафедры организации здравоохранения, медицинской статистики и информатики ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, Россия

Храмов А.Е., д.ф.м.н., профессор, руководитель Балтийского центра нейротехнологий и искусственного интеллекта Балтийского федерального университета им. И. Канта, Калининград, Россия

Швырев С.Л., к.м.н. заместитель руководителя Регламентной службы федерального реестра НСИ ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава России, Москва, Россия

Шахгельдян К.И., д.т.н., директор Научно-образовательного центра «Искусственный интеллект» ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Владивосток, Россия

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Писарчик А., к.б.н., проф., заведующий кафедрой вычислительной биологии, центр биомедицинских технологий, Мадридский технический университет, Мадрид, Испания

CHIEF EDITOR

Karpov O.E., Academician of the RAS, DSc, Prof., General Director of the Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia

HONORARY CHIEF EDITOR

Starodubov V.I., Academician of the RAS, DSc, Prof., Scientific Director of the FRIHOI of MoH of Russia, Representative of Russia in the WHO Executive Committee, Moscow, Russia

DEPUTY CHIEF EDITORS

Zarubina T.V., DSc, Corresponding Member of the RAS, Ptof., Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Gusev A.V., PhD, member of the expert council of the Ministry of Health on the use of ICT, Senior Researcher of the FRIHOI of MoH of Russia, development director of the K-Sky company, Petrozavodsk, Russia

EDITORIAL BOARD

Andrikov D.A., PhD, Associate Prof. of the Engineering Academy of the RUDN University, Director of Immersmed, Moscow, Russia

Vladimirsky A.V., DSc, Deputy Director for Research, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies Department of Health of the City of Moscow, Moscow, Russia

Gribova V.V., Corresponding Member of the RAS, DSc, Deputy Director for Research of the Federal State Budgetary Institution "Institute of Automation and Control Processes" of the Far Eastern Institute of the RAS Branch, Vladivostok, Russia

Guliev Ya.I., PhD, Director of the Research Center for Medical Informatics of the Institute of Applied Problems of the Russian Academy of Sciences named after A.K. Ailamazyan, Yaroslavl, Russia

Zingerman B.V., Head of Digital Medicine, INVITRO, Moscow, Russia

Karas S.I., Dr. Sci. (Med), Specialist at the Department for Research and Training Coordination, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Centre of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Lebedev G.S. DSc, Director of The Digital Health Institute, Head of The Department of information and Internet technologies, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Neusypin K.A., DSc, Prof., Head of the Automatic Control Systems Dept., Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Proletarsky A.V., DSc, Prof., Dean of the Informatics, and Control Systems Department, Bauman University, Moscow, Russia

Rebrova O.Yu., DSc, Prof. of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Stolbov A.P., DSc, Prof. of the Department of Public Health Organization, Medical Statistics and Informatics of the Faculty of Professional Development of Doctors of the I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Khramov A.E., DSc, Prof., Head of Baltic Center for Neurotechnology and Artificial Intelligence, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Shakhgeldyan K.I., DSc, Director of the Scientific and Educational Center «Artificial Intelligence» Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

Shvyrev S.L., PhD, Deputy Head of the Regulatory Service of the Federal Register of the FRIHOI of MoH of Russia, Moscow, Russia

FOREIGN MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Pisarchik A., PhD, Prof., Head of Department of Computational Biology, Center of Biomedical Technologies, Technical University of Madrid, Spain

Издается с 2004 года.

Включен в перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Читатели могут принять участие в обсуждении статей, опубликованных в журнале «Врач и информационные технологии», и направить актуальные вопросы в редакцию (vit-j@pirogov-center.ru).

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Товарный знак и название «Врач и информационные технологии» являются исключительной собственностью ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений, а также за то, что в материалах не содержится данных, не подлежащих открытой публикации.

Материалы рецензируются редакционной коллегией. Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Перепечатка текстов без разрешения журнала «Врач и информационные технологии» запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламы ответственность несет рекламодатель.

Учредитель — ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.
Издатель — ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

Адрес редакции:

105203, г. Москва,
ул. Нижняя Первомайская, д. 70,
e-mail: vit-j@pirogov-center.ru.
Тел. +7 (499) 464-03-03.

Главный редактор:

Карпов О.Э., академик РАН,
д.м.н., проф.

Почетный главный редактор:

Стародубов В.И.,
академик РАН, д.м.н., проф.

Зам. главного редактора:

Зарубина Т.В., член-корреспондент РАН,
д.м.н., проф.

Гусев А.В., к.т.н.

Компьютерная верстка и дизайн:

Издательство Пироговского Центра.

Подписные индексы:

Каталог агентства «Роспечать» — 82615.

Отпечатано в типографии ООО «Вива-Стар»
г. Москва, ул. Электрозаводская, д. 20
www.vivastar.ru

Подписано в печать 27 марта 2024 г.

Общий тираж 1000 экз.

Распространяется бесплатно.

© Издательство Пироговского Центра

ОБЗОРЫ

Орлов Г.М.

**ЦИФРОВОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ В РОССИИ:
ИСТОРИЯ ТРЕХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ РАЗВИТИЯ И ТRENДЫ
ПЕРЕХОДА К ОРИЕНТАЦИИ НА ПАЦИЕНТА.....6**

Ермакова Н.А., Гусев А.В., Реброва О.Ю.

**ОШИБКИ В ДАННЫХ РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ
ПРАКТИКИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....28**

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кобякова О.С., Ерёмченко О.А., Куракова Н.Г.

**ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В ЗДРАВООХРАНЕНИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ПАТЕНТНОЙ
ЭКОСИСТЕМЕ: 2000–2023 ГГ.....44**

Мохова Е.С., Колсанов А.В.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИКИ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА
ПОЗВОНОЧНИКА60**

*Васильев Ю.А., Зинченко В.В., Кудрявцев Н.Д., Михайлова А.А.,
Кляшторный В.Г., Владимирский А.В.*

**ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ И ВОВЛЕЧЕННОСТИ
ВРАЧЕЙ-РЕНТГЕНОЛОГОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСКУССТВЕННЫМ
ИНТЕЛЛЕКТОМ70**

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Колсанов А.В., Гаранин А.А.

**ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРА ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ
В УНИВЕРСИТЕТСКИХ КЛИНИКАХ.....82**

CONTENTS

REVIEWS

Orlov G.M.

DIGITAL HEALTHCARE IN RUSSIA: THE HISTORY OF THREE DECADES OF DEVELOPMENT AND TRENDS OF TRANSITION TO PATIENT ORIENTED 6

Ermakova N.A., Gusev A.V., Rebrova O.Yu.

ERRORS IN REAL-WORLD DATA: A REVIEW 28

ORIGINAL RESEARCH

Kobyakova O.S., Yeremchenko O.A., Kurakova N.G.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN HEALTHCARE IN THE GLOBAL PATENT ECOSYSTEM: 2000–2023 44

Mohova E.S., Kolsanov A.V.

COMPUTER SIMULATION OF BIOMECHANICS OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF THE CERVICAL SPINE..... 60

Vasilev Yu.A., Zinchenko V.V., Kudryavtsev N.D., Mikhailova A.A., Klyashtorny V.G., Vladzimirksyy A.V.

RADIOLOGISTS' SATISFACTION AND ENGAGEMENT WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOFTWARE 70

PRACTICE EXPERIENCE

Kolsanov A.V. Garanin A.A.

EXPERIENCE IN ORGANIZING A TELEMEDICINE CENTER IN UNIVERSITY CLINICS..... 82

MEDICAL DOCTOR AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Registration certificate
PI No. FS77-80906 dated April 09, 2021

Published since 2004.

This journal is included in the list of the Higher Attestation Commission, detailing leading peer-reviewed scientific journals and publications recommended for publishing the foremost scientific results of dissertations for the degree of candidate and doctor of sciences.

Readers may take part in the discussion of articles published in the journal «Medical Doctor and Information Technologies», and send topical questions to the editorial office (vit-j@pirogov-center.ru).

The journal is registered by the Ministry of the Russian Federation for Press, TV and Radio Broadcasting, and Mass Media. The trademark and name «Medical Doctor and Information Technologies» are the exclusive property of the Pirogov National Medical and Surgical Center.

The authors of the published materials are responsible for the selection and accuracy of the facts, quotes, statistical data and other information, as well as ensuring that the materials do not contain data that is not subject to open publication.

The materials are reviewed by the editorial board. Editorial opinion may not reflect the views of the author.

Reprinting of texts without the permission of the journal «Medical Doctor and Information Technologies» is prohibited. When citing materials, a reference to the journal is required.

The advertiser is responsible for the content of the advertisement.

Founder — Pirogov National Medical and Surgical Center.

Publisher — Pirogov National Medical and Surgical Center.

Editorial office address:

105203, Moscow, st. Nizhnyaya Pervomayskaya, 70, e-mail: vit-j@pirogov-center.ru. +7(499) 464-03-03.

Chief Editor:

Karpov O.E., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Prof.

Honorary chief editor:

Starodubov V.I., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Prof.

Deputy chief editors:

Zarubina T.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, prof.

Gusev A.V., Ph.D.

DTP and design:

Pirogov Center Publishing House.

Subscription indexes:

Catalogue of the agency «Rospechat» — 82615.

Printed in the «Viva-Star»
Moscow, st. Elektrozavodskaya, 20
www.vivastar.ru

Signed for printing on March 27, 2024.

Circulation 1000 copies.

Free distribution.

© Pirogov Center Publishing House

ОРЛОВ Г.М.,

к.ф.-м.н., Северо-Западный окружной научно-клинический центр им. Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства; Социологический институт РАН - филиал Федерального научно-исследовательского социологического центра Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: genorlov@yandex.ru

ЦИФРОВОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ В РОССИИ: ИСТОРИЯ ТРЕХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ РАЗВИТИЯ И ТRENДЫ ПЕРЕХОДА К ОРИЕНТАЦИИ НА ПАЦИЕНТА

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_6

Аннотация. *Актуальность.* В статье представлены результаты обзорного исследования по истокам системной информатизации здравоохранения и становлению, как сейчас уже принято называть, цифрового здравоохранения в России, начиная с 60-х годов прошлого века, анализ развития процесса внедрения методов и технологий цифрового здравоохранения и обязательного медицинского страхования (ОМС). Комплексного анализа становления и развития цифрового здравоохранения в общероссийских масштабах ранее не производилось, и соответствующая периодизация этапов не разрабатывалась. Некоторые факты цифровизации федерального значения, особенно в истории развития системы ОМС в России, или не публиковались совсем, или публиковались изолированно от цифровизации здравоохранения в целом и не анализировались в общем контексте.

Цель. Систематизированный обзор основных событий развития цифрового здравоохранения в России и выработка обоснованной периодизации данного процесса, а также прогноз перспективных направлений развития, главное из которых – ориентация на пациента.

Материал и методы. Был проведен поиск публикаций в библиографической базе данных eLibrary за все годы, поисковой системе Google Scholar по полным текстам научных публикаций, анализ нормативных правовых актов, действующих на территории Российской Федерации, анализ информации из открытых интернет-источников с применением поисковой системы Яндекс. Поиск выполнялся по следующим ключевым словам: электронное здравоохранение; цифровое здравоохранение; цифровая трансформация; цифровизация; стадии развития; ЕГИСЗ; единый цифровой контур.

Результаты. В результате исследования выделено более 40 важнейших событий становления и развития цифрового здравоохранения в России, предложена и обоснована периодизация процесса цифровизации здравоохранения, начиная с создания системных предпосылок в конце 1993 года, и от старта цифровизации в масштабах России в 2006 году до третьей стадии, завершающейся в 2024 году. Сформулированы основные тенденции и прогнозы в сфере развития методов и технологий цифрового здравоохранения на перспективной четвертой стадии цифровизации здравоохранения с 2025 года.

Выводы. Цифровое здравоохранение России для единой системы охраны здоровья граждан стартовало только после создания необходимых объективных условий – массового распространения средств информационных технологий, введения системы ОМС и начала цифровой трансформации системы государственного управления в стране. В статье предложена и обоснована периодизация процесса становления и развития цифрового здравоохранения в Российской Федерации, включая перспективные направления и ключевые тенденции до 2030 года.

Ключевые слова: электронное здравоохранение; цифровое здравоохранение; цифровая трансформация; цифровизация; стадии развития; ЕГИСЗ; единый цифровой контур.

Для цитирования: Орлов Г.М. Цифровое здравоохранение в России: история трех десятилетий развития и тренды перехода к ориентации на пациента. Врач и информационные технологии. 2024; 1: 6-27. doi: 10.25881/18110193_2024_1_6.

ORLOV G.M.,

PhD, North-Western District Scientific and Clinical Center named after L.G. Sokolov of the FMBA of Russia; Sociological Institute of the Federal Center of Theoretical and Applied Sociology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia, e-mail: genorlov@gmail.com

DIGITAL HEALTHCARE IN RUSSIA: THE HISTORY OF THREE DECADES OF DEVELOPMENT AND TRENDS OF TRANSITION TO PATIENT ORIENTED

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_6

Abstract. *Background.* The article presents the results of a review study on the origins of systematic healthcare informatization and the formation of digital healthcare in Russia, as it is now commonly called, since the 60s of the last century, and an analysis of how introduction of digital healthcare methods and technologies, and compulsory medical insurance (CMI) progressed over the years. A comprehensive analysis of the formation and development of digital healthcare on a nationwide scale has not been carried out before, and the corresponding periodization of stages has not been developed. Some facts of digitalization of federal significance, specifically in the history of the development of the CMI system in Russia, were either not published at all, or were published in isolation from the digitalization of healthcare in general and were not analyzed in the general context.

Aim. A systematic review of the main developments in the progress of digital healthcare in Russia and the development of a reasonable periodization of this process, as well as a forecast of promising areas of development, the main of which is patient orientation.

Methods. We performed a search for publications in bibliographic database eLibrary over the years, the search engine for the full text of scientific publications, Google Scholar, the analysis of normative legal acts in force in the territory of the Russian Federation, information analysis of open Internet sources with the use of the Yandex search engine. The search was performed using the following keywords: E-health; digital healthcare; digital transformation; digitalization; stages of development; EGISZ; unified digital circuit.

Results. As a result of the study, more than 40 of the most important events of the formation and development of digital healthcare in Russia have been identified, the periodization of the process of digitalization of healthcare has been proposed and justified, starting with the creation of systemic prerequisites at the end of 1993 and from the start of digitalization on the scale of Russia in 2006 to the third stage, ending in 2024. The main trends and forecasts in the field of development of digital healthcare methods and technologies at the promising, fourth stage of digitalization of healthcare from 2025 have been formulated.

Conclusion. Digital healthcare in Russia for a unified system of public health protection started only after the creation of the necessary objective conditions – the mass distribution of IT tools, the introduction of a CHI system and the beginning of the digital transformation of the public administration system in Russia. The article proposes and substantiates the periodization of the process of formation and development of digital healthcare in the Russian Federation, including promising areas and key trends until 2030.

Keywords: E-health; digital healthcare; digital transformation; digitalization; stages of development; EGISZ; unified digital circuit.

For citation: Orlov G.M. Digital healthcare in Russia: the history of three decades of development and trends of transition to patient oriented. Medical doctor and information technology. 2024; 1: 6-27. doi: 10.25881/18110193_2024_1_6.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Для однозначности понимания рассматриваемых вопросов, введем некоторые определения, сформированные на основе информации из Большой российской энциклопедии, публикаций отдельных авторов, сайта Сеченовского университета и других источников, доступных в интернет.

Информатизация здравоохранения – применение информационных технологий для формирования и использования информационных ресурсов, электронного документооборота в здравоохранении. Больше рассматривает процессы развития телекоммуникационной инфраструктуры, интеграцию компьютерных средств информационных и коммуникационных технологий, то есть внедрение информационных технологий в существующие административно-производственные процессы.

Электронное здравоохранение (ЭЗ, eHealth) – информационная поддержка задач охраны здоровья населения с использованием информационно-коммуникационных технологий, реализуемая на основе всеобъемлющего электронного документооборота, обеспечивающего оперативный доступ ко всей информации о пациенте, с возможностью ее совместного анализа медицинскими работниками. Является результатом процессов *информатизации здравоохранения*.

Цифровизация здравоохранения – чаще воспринимается как замена существующих административно-производственных процессов на новые, существенно использующие цифровые или информационные технологии. Однако переход от *информатизации здравоохранения* к такому термину скорее имеет исторические причины, чем объективно связан с новым качеством процессов применения информационных технологий в здравоохранении. Термин стал больше применяться с момента утверждения федерального проекта о создании единого цифрового контура в здравоохранении и заменил фактически термин *информатизация здравоохранения*. Из дополнительных причин перехода к новому термину важно отметить, что с цифровизацией связывают *цифровую трансформацию здравоохранения* и вопросы преобразования информации в цифровую форму в различных медицинских устройствах, которые стали повсеместно выпускаться с цифровыми интерфейсами.

Цифровая трансформация (здравоохранения и медицины) – всеобъемлющие глобальные преобразования, которые предполагают интеграцию цифровых технологий во все бизнес-процессы, операции и деятельность, кардинальным образом их меняя, кратно повышая эффективность всего бизнес-процесса именно в связи с применением цифровых технологий (например, «уберизация» такси).

Цифровая медицина (цифровое здравоохранение, dHealth) – способ планирования и управления здравоохранением, организации и оказания медицинской помощи, обеспечения профилактики и формирования здорового образа жизни, информационного сопровождения граждан и медицинских работников на основе результатов непрерывной обработки данных в цифровом виде, при которой существенно повышается их эффективность за счет использования современных методов обработки и анализа данных, включая методы искусственного интеллекта (ИИ). Является результатом *цифровой трансформации медицины*.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс цифровой трансформации неуклонно охватывает все сферы человеческой жизнедеятельности и система здравоохранения постепенно вслед за другими отраслями переводит все больше процедур в электронный формат. Здравоохранение традиционно более критично относится к вопросам цифровизации по причине высокого уровня рисков для пациента при переводе услуг в электронный вид, что подразумевает сбор и хранение персональной информации и сведений о состоянии здоровья пациентов.

Цель настоящего исследования – дать систематизированный обзор основных событий развития цифрового здравоохранения в России со ссылками на нормативные правовые акты и выработать обоснованную периодизацию данного процесса, которая видна за прошедшие 30 лет (с конца 1993 по 2023 годы), а также дать прогноз перспективных направлений развития. Главное из направлений – ориентация на пациента, которое объективно связано как с возросшими ожиданиями пациентов, так и с массовым распространением возможностей современных технологий.

Представляемое в статье обзорное исследование является частью социологического проекта, ориентированного в одном из своих компонентов на проверку гипотез о связи состояния здоровья и ориентации пожилых людей на активное долголетие или пассивное отношение к своему будущему в результате превалирования социально-психологической установки на процесс «доживания».

Концепция исследовательского проекта исходит из того, что актуальными характеристиками современного общества одновременно являются процессы стремительной цифровизации и старения населения, то есть роста той части общества, которую принято считать «отстающей» от осваивания современных технологий. В то же время на эти процессы накладывалась пандемия COVID-19, которая, с одной стороны, ускорила рост цифровизации, что привело к существенному развитию технологий цифрового здравоохранения, но, с другой стороны, значительно снизила возможности для мобильности и сохранения привычной занятости.

Наиболее известные результаты из проведенных ранее исследований по истории развития информатизации опубликованы в работах [1–4]. Системное развитие и применение телемедицинских технологий началось в 1950-е годы [4]. История развития телемедицины и ее периодизация впервые представлена в монографии [5]. Становление системы обязательного медицинского страхования (ОМС) в России подробно изложено в [6]. Вопрос зарубежного опыта выходит за пределы рассмотрения настоящей статьи.

Несмотря на наличие указанных публикаций, комплексного взгляда на становление и развитие цифрового здравоохранения и ОМС, именно в общероссийских масштабах охватывающего весь период с 60-х годов прошлого столетия и до настоящего времени, не было сделано в работах, попавших в поле зрения настоящего исследования. Более того, некоторые факты цифровизации федерального значения, особенно в истории развития системы ОМС в России, или не публиковались совсем, или публиковались изолированно от цифровизации здравоохранения в целом и не анализировались в общем контексте.

В ходе исследования проведен поиск и анализ открытых источников, нормативных правовых

актов и научно-исследовательской литературы по истории развития цифрового здравоохранения в России, а также использован опыт работы в сфере цифровизации здравоохранения и ОМС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью изучения научно-исследовательской литературы по истории развития цифрового здравоохранения в России был проведен поиск публикаций в библиографической базе данных eLibrary за все годы, поисковой системе по полным текстам научных публикаций Google Scholar, анализ нормативных правовых актов, действующих на территории Российской Федерации (РФ) (Портал официального опубликования правовых актов <http://publication.pravo.gov.ru>, сайты Президента России, Правительства России, Минздрава России, ФОМС, Минцифры России, Юридическая информационная система «Легалакт»), анализ информации из открытых интернет-источников с применением поисковой системы Яндекс.

Поиск выполнялся по следующим ключевым словам: электронное здравоохранение; цифровое здравоохранение; цифровая трансформация; цифровизация; стадии развития; ЕГИСЗ; единый цифровой контур.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Предпосылки системной цифровизации здравоохранения в России до 1993 года

Современные достижения информационных технологий быстро находят применение в здравоохранении. Так, телекоммуникации применялись в медицинских целях с первых лет своего появления, а компьютеры нашли свое место в здравоохранении примерно с 60-х годов прошлого века [3].

Внедрение первых автоматизированных информационных систем в сфере здравоохранения в России некоторые авторы относят ко второй половине XX века [1, 2]. Однако потребовалось еще много лет для введения государственного регулирования этой сферы. Несомненно, на это существенно влияло недостаточное развитие средств информационно-коммуникационных технологий и ограниченное выделение финансовых ресурсов.

В нашей стране был сформирован рынок самых разнообразных программных продуктов,

предназначенных для применения в медицине и здравоохранении. Развитие информационных технологий осуществлялось в наиболее продвинутых медицинских организациях, а энтузиастами электронного здравоохранения разрабатывались и исполнялись различные программы информатизации здравоохранения России, подробный обзор выполнения которых с 1979 по 2002 годы дан в работах [4, 7].

В конце 1960 – начале 1970 годов были созданы Главный вычислительный центр (ГВЦ) для разработки отраслевой автоматизированной системы управления здравоохранением страны, республиканские вычислительные центры Украинской, Грузинской, Латвийской ССР [1].

В основном создание и применение первых программных продуктов проводилось в пределах ведущих научных школ клинических научно-исследовательских институтов и медицинских вузов бывшего СССР. В начале это были программы для формирования статистических отчетов, частичной автоматизации бухгалтерии. Постепенно они приближались к лечебно-диагностическому процессу: от автоматизации регистратур и учета поступающих больных и их паспортных данных к врачебным записям, автоматизации отдельных лечебно-диагностических процедур. На территориальном уровне, где руководство здравоохранением поддерживало информатизацию, начали развиваться региональные системы управления здравоохранением. Появилось множество программ по формализованным историям болезни и медицинским картам, медико-технологических систем, связанных с диагностикой, прогнозированием, мониторингом состояния пациента, в том числе прообразов современных систем поддержки принятия врачебных решений, развивались телемедицинские технологии. Однако процесс информатизации здравоохранения для всех уровней отрасли тормозился вследствие неготовности руководителей и медиков, а также недостаточного уровня развития электронной вычислительной техники [4].

Главные предпосылки системной информатизации здравоохранения были созданы только в момент подготовки к глобальным изменениям в модели финансирования – переходу к оплате фактически оказанных объемов медицинской помощи, в отличие от финансирования

здравоохранения по плановым затратам на основе сметы [8]. Новая модель финансирования, получившая название при пилотировании «новый хозяйственный механизм», была отработана в 1986–1989 годах в ходе эксперимента в Ленинграде, Куйбышевской и Кемеровской областях [6, 9].

2. Персонифицированный учет оказываемой медицинской помощи в системе ОМС в 1993–2005 годах

Реальная потребность цифровизации здравоохранения на уровне страны в целом возникла при переходе на новую систему финансирования здравоохранения в связи с введением ОМС в России [10]. Объемы оказанной медицинской организацией медицинской помощи застрахованным в конкретной страховой медицинской организации (СМО) лицам потребовалось подтверждать списком пролеченных пациентов, и поэтому впервые возникла необходимость персонифицированного учета для выставления счета в СМО. Федеральный закон о медицинском страховании, который впервые ввел понятия добровольного и обязательного медицинского страхования в России, был принят в июне 1991 года (в настоящее время действует федеральный закон об ОМС, принятый в ноябре 2010 года [11]). Однако необходимые организационные и финансовые условия для практической реализации закона были сформированы только после создания ФОМС (24 февраля 1993 года по постановлению Верховного Совета РФ № 4543-1 [12]) и ТФОМС в субъектах Российской Федерации в течение 1993 года. С момента введения новой системы ОМС в субъектах России постепенно стали вводиться протоколы информационного обмена между медицинскими организациями и СМО для оперативной передачи и оплаты счетов по реестрам оказанной медицинской помощи застрахованным и персонифицированный учет застрахованных лиц и оказываемой им медицинской помощи.

Именно этот момент стал решающим в субъектах России для последующего массового создания медицинских информационных систем медицинских организаций (МИС) и специализированных региональных систем расчетов за оказанную медицинскую помощь по ОМС. Сначала данные процессы развивались без

необходимого правового регулирования путем реализации требований системы ОМС на практике, причем в каждом регионе самостоятельно.

Федеральный закон от 22 августа 2004 года № 122-ФЗ [13] реформировал систему льгот в России, а в августе 2005 года приказом № 83 ФОМС [14] впервые был принят регламент и единые протоколы информационного обмена во всех субъектах Российской Федерации для использования в создаваемой информационной системе дополнительного лекарственного обеспечения в рамках реформы системы льгот. Первые единые протоколы обмена в системе ОМС для информационных систем ОМС субъектов Российской Федерации были приняты позже в апреле 2011 года приказом № 79 ФОМС [15], когда многие субъекты России уже пользовались своими открытыми или проприетарными протоколами обмена внедренных у них информационных систем для взаиморасчетов в ОМС.

3. Старт цифрового здравоохранения в России в 2006–2009 годах

В июне 2006 года состоялось **первое признание «цифры» в медицинском документе:** приказом Минздравсоцразвития России [16] по инициативе ФОМС (в то время отвечал за реализацию программы дополнительного лекарственного обеспечения в субъектах России) был установлен единый стандарт рецептурного бланка на льготные лекарственные средства в машиночитаемой форме на основе матричного штрих-кода. Размещение такого цифрового кода на утвержденной Минздравсоцразвития России форме льготного рецепта, разработанного в ходе пилотирования в Белгородской области в 2005 году, было продемонстрировано Д.А. Медведеву (в тот момент – первому заместителю председателя Правительства Российской Федерации, куратору приоритетных национальных проектов) и поддержано им во время его официального визита в Самару в декабре 2005 года [17]. В штрих-коде содержалась в цифровой форме вся информация рецепта, что позволяло передавать электронную информацию от врача поликлиники фармацевту аптеки одновременно с рецептом. Этот шаг подтолкнул в дальнейшем постепенный переход от бумажных рецептов к полностью электронным уже в целом для всей системы лекарственного обеспечения.

В декабре 2006 года был принят первый ГОСТ цифрового здравоохранения для электронной истории болезни (ГОСТ Р 52636—2006. Национальный стандарт РФ. Электронная история болезни. Общие положения), установивший с 1 января 2008 года общие положения для разработки требований к организации создания, сопровождения и использования информационных систем типа «электронная история болезни» при оказании медицинской помощи.

В 2008 году в Минздравсоцразвития РФ был создан Департамент информационных технологий и связи [18]. В 2008–2010 годах при активном участии департамента и Минсвязи России начался процесс выстраивания государственной политики в сфере информатизации здравоохранения.

В 2008 был проведен открытый конкурс на создание типовой МИС, в котором приняли участие 10 компаний-разработчиков тиражируемого программного обеспечения МИС [19]. Победитель конкурса предложил решение «Федеральная типовая МИС» на основе одной из распространённых МИС на свободном программном обеспечении, а также представил типовые требования к МИС и к включению любых других МИС в государственный фонд алгоритмов и программ с программой и методикой испытаний по оценке соответствия требованиям [20], из которого субъекты России могли их выбирать и бесплатно использовать, оплачивая при необходимости только услуги по сопровождению. В 2009 году состоялось внедрение «Федеральной типовой МИС» в трех пилотных регионах. Данная идея использования типовых свободно распространяемых систем не получила широкой поддержки из-за объективных трудностей централизованного развития функций «Федеральной типовой МИС» в условиях отсутствия единообразных региональных требований и отсутствия заинтересованности разработчиков МИС в отказе от собственных решений и в переходе на новую единую платформу.

Важнейшей задачей департамента Минздравсоцразвития России стала деятельность по разработке Концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения и дальнейшей ее реализации (далее – Концепция, ЕГИСЗ соответственно).

4. Создание ЕГИСЗ в 2010–2012 годах

В октябре 2010 года Правительством Российской Федерации была принята государственная программа «Информационное общество (2011–2020 годы)», которая была призвана придать новый импульс процессу внедрения информационно-коммуникационных технологий в России. Одной из ключевых задач этой программы стало создание ЕГИСЗ.

В ноябре 2010 года был принят новый федеральный закон об ОМС [11], в том числе установивший переход на единую форму полиса ОМС и единый регистр застрахованных лиц по ОМС с 1 мая 2011 года.

Упомянутая выше Концепция была утверждена Министерством здравоохранения и социального развития РФ 28 апреля 2011 года [21] и определила цель, принципы, общую архитектуру, основные этапы создания информационной системы в сфере здравоохранения, механизм управления и ресурсного обеспечения ее создания и сопровождения, а также ожидаемый социально-экономический эффект.

В 2011–2012 годах началось федеральное финансирование программ модернизации здравоохранения 2011–2014 годов (см. Таблицу 1). В это время начала реализовываться

Концепция и создаваться ЕГИСЗ в составе федерального фрагмента и региональных фрагментов в субъектах России. В дальнейшем такая архитектура единой системы была изменена федеральным законом [22] – «региональные фрагменты ЕГИСЗ» получили статус самостоятельных систем и название «государственные информационные системы в сфере здравоохранения субъектов РФ» (ГИСЗ субъектов РФ).

К тому же периоду информатизации относится развитие ЕГИСЗ в 2013–2018 годах, когда в рамках региональных программ модернизации здравоохранения, а в 2015–2018 годах – соглашения между Минздравом России и высшими исполнительными органами государственной власти субъектов РФ по реализации «Дорожных карт развития региональной информатизации здравоохранения», за счет средств субъектов Российской Федерации начали массово создаваться региональные информационные системы в сфере здравоохранения, взаимодействующие с ЕГИСЗ, хотя первые подобные системы были созданы еще в 90-х годах прошлого века. В этот период на информатизацию здравоохранения России было выделено 26 млрд рублей региональных средств и 2 млрд – федеральных (Таблица 1).

Таблица 1 — Финансирование информатизации государственного здравоохранения в РФ в 2011–2024 годах по этапам [4]

№ п.п.	Этап (программа)	Финансирование	
		год	млрд руб.
1	«Базовая информатизация». Федеральное финансирование	2011	5,0
		2012	25,0
	Всего по этапу		
2	«Развитие ЕГИСЗ» (2013–2018). Преимущественно региональное финансирование и субсидия 2018 года по Постановлению Правительства РФ 659-р в сумме 2 млрд руб.	2013	4,3
		2014	5,4
		2015	3,6
		2016	3,9
		2017	4,0
		2018	6,8
Всего по этапу			28,0
3	«Создание единого цифрового контура на основе ЕГИСЗ» (2019–2024). Консолидированное финансирование	2019	14,6
		2020	47,1
		2021	17,7
		2022	13,4
		2023	9,4
		2024	10,5
Всего по этапу			112,7

В марте 2016 года в Минсвязи России были рассмотрены результаты реализации пилотного проекта по использованию электронного полиса ОМС в Санкт-Петербурге. Была реализована выдача электронных полисов ОМС через региональный портал госуслуг. В государственных бюджетных медицинских учреждениях была обеспечена возможность получить медицинские услуги без необходимости предъявлять полис ОМС [23]. На основе этого пилотного проекта в дальнейшем, согласно федеральному закону от 6 декабря 2021 года № 405-ФЗ, норма о цифровом полисе вступила в силу во всей России с 1 декабря 2022 года.

Важнейшим событием в развитии электронного здравоохранения в России стало утверждение 25 октября 2016 года приоритетного проекта «Совершенствование процессов организации медицинской помощи на основе внедрения информационных технологий» («Электронное здравоохранение») на 2016–2025 годы [24], который предусматривал финансирование только федеральных мероприятий в объеме 5,62 млрд рублей в 2017–2025 годах [4] (см. Таблицу 1). Проект был утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам.

Федеральным законом от 1 мая 2017 года № 86-ФЗ введен электронный листок нетрудоспособности. Фондом социального страхования затем стал реализовываться переход на безбумажные электронные документы.

Несмотря на фактически ведущиеся с 2011 года проекты по созданию государственных информационных систем в сфере здравоохранения (ГИСЗ) на федеральном и региональных уровнях, старт государственного регулирования информационных систем в здравоохранении России состоялся только в 2017–2018 годах.

Для реализации электронного здравоохранения было важно создание информационной инфраструктуры, предусмотренное национальной программой «Цифровая экономика», утвержденной в июле 2017 года. В соответствии с этой программой все объекты здравоохранения подключались к сети интернет.

Федеральный закон от 29 июля 2017 года № 242-ФЗ [22] определил новые составляющие цифрового ландшафта современной системы российского здравоохранения, закрепил

возможность ведения медицинской документации в электронном виде без дублирования на бумажных носителях и применения телемедицинских технологий в процессах оказания медицинской помощи. Настоящий федеральный закон внес изменения в Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Так, новая статья 91.1 впервые в РФ вводила в правовой оборот ЕГИСЗ. Целью системы, которая должна была создаваться, развиваться и эксплуатироваться Минздравом России, было установлено обеспечение доступа граждан к услугам в сфере здравоохранения в электронной форме, а также взаимодействие информационных систем в сфере здравоохранения. Данным федеральным законом впервые установлен перечень персональных данных лиц, которым оказывается медицинская помощь, а также лиц, в отношении которых проводятся медицинские экспертизы, медицинские осмотры и медицинские освидетельствования. Также установлено, что информационное обеспечение в сфере здравоохранения осуществляется посредством создания, развития и эксплуатации ЕГИСЗ и других федеральных ГИСЗ; информационных систем в сфере здравоохранения ФОМС; ГИСЗ субъектов Российской Федерации; МИС медицинских организаций и информационных систем фармацевтических организаций.

Иные информационные системы, предназначенные для сбора, хранения, обработки и предоставления информации, касающейся деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг, могли взаимодействовать с информационными системами в сфере здравоохранения и медицинскими организациями.

Основными поставщиками информации в единую систему и пользователями содержащейся в единой системе информации были определены медицинские организации и фармацевтические организации всех форм собственности, которые подключаются к ЕГИСЗ через ГИСЗ субъектов РФ, ведомственные ГИСЗ или через иные информационные системы.

Телемедицинские технологии было разрешено применять в статье о доступности и качестве медицинской помощи федерального закона впервые. Они были определены как «информационные технологии, обеспечивающие дистанционное взаимодействие медицинских

работников между собой, с пациентами и (или) их законными представителями, идентификацию и аутентификацию указанных лиц, документирование совершаемых ими действий при проведении консилиумов, консультаций, дистанционного медицинского наблюдения за состоянием здоровья пациента». Отметим, что подготовка закона длилась более двух лет, на старте имела целью определить правовой статус именно этих вопросов, и первоначально закон назывался «О телемедицине», но в дальнейшем он осветил гораздо более широкий круг вопросов. Порядок организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий был установлен приказом Минздрава России в ноябре 2017 года [25], однако, в силу достаточно жестких требований, его активное применение началось только после эпидемии COVID-19.

При формировании медицинскими работниками электронных медицинских документов в законе впервые была установлена возможность использования ими усиленной квалифицированной электронной подписи. Порядок организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов с использованием электронной подписи был утвержден приказом Минздрава России в сентябре 2020 года [26].

Постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2018 № 447 [27] определило правила взаимодействия иных информационных систем (то есть систем, операторами которых являются коммерческие организации) с информационными системами в сфере здравоохранения, что позволило коммерческим организациям подключаться к информационным системам в сфере здравоохранения и создавать на основе их данных сервисы для граждан, врачей и медицинских организаций: запись на прием к врачу, телемедицинские консультации, информирование граждан об оказанной медицинской помощи, о состоянии здоровья и ведении здорового образа жизни.

Статус ЕГИСЗ был определен только в мае 2018 года постановлением Правительства Российской Федерации [28], которое установило правовые основы функционирования ЕГИСЗ, в том числе задачи системы, основные функции, порядок доступа к информации, порядок и сроки

представления и обмена информации, состав операторов и участников системы.

5. Создание ЕЦК в сфере здравоохранения в 2019–2024 годах

Новый этап финансирования цифровизации здравоохранения начался в 2019 году в связи со стартом национального проекта «Здравоохранение». Паспорт проекта был утвержден по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 года, предусмотрена реализация федерального проекта «Создание единого цифрового контура здравоохранения на основе ЕГИСЗ» (ЕЦК). Срок реализации был установлен на 2019–2024 годы. Проект предусматривал софинансирование из федерального бюджета региональных мероприятий. Целью проекта было установлено повышение эффективности функционирования системы здравоохранения путем создания механизмов взаимодействия медицинских организаций на основе ЕГИСЗ и внедрения цифровых технологий и платформенных решений до 2024 года, формирующих ЕЦК.

Одновременно с новым федеральным проектом был издан важнейший приказ Минздрава России от 24 декабря 2018 года № 911н «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций» [29].

Актуальный вопрос организации обмена данными лабораторных исследований на региональном и федеральном уровнях в цифровой форме тормозился из-за методологических разногласий между специалистами о единой федеральной системе кодирования исследований и тестов. Хотя в некоторых субъектах России использовались собственные региональные справочники, но, по мнению специалистов, они не могли претендовать на применение на федеральном уровне. Впервые с единой методологической позиции проблема была решена в Санкт-Петербурге в 2015 году, где усилиями главного специалиста по лабораторной диагностике,

руководителей и специалистов лабораторий и ИТ-специалистов МИАЦ был создан первый региональный единый справочник лабораторных тестов и услуг ЛАТЕУС [30]. В результате анализа различных справочников и номенклатур клинических лабораторных исследований было решено взять за основу международный кодификатор Logical Observation Identifiers Names and Codes (LOINC), представляющий собой универсальный стандарт для идентификации медицинских врачебных и лабораторных наблюдений. Разработка справочника велась более года. В дальнейшем ЛАТЕУС был использован наряду с другими региональными справочниками, как основа для разработки в течение 2016 года Федерального справочника лабораторных исследований (далее – ФСЛИ).

С помощью ЛАТЕУС в Санкт-Петербурге был организован обмен данными лабораторных исследований с начала 2016 года [31], а также быстрый запуск в мае 2016 года пилотного проекта Минздрава России по межрегиональному обмену данными лабораторных исследований [32] на основе справочника ЛАТЕУС. В 2019 году обмен данными лабораторных исследований с предоставлением результатов пациентам стартовал в Москве [33] на основе собственного Единого справочника лабораторных исследований (ЕСЛИ) и в некоторых других субъектах РФ на основе своих региональных справочников, что также позволило предоставлять результаты исследований и развивать электронные сервисы для пациентов. В 2015 году для ведения федеральных справочников была создана Регламентная служба Федерального реестра нормативно-справочной информации Минздрава России (далее – ФРНСИ). Одним из первых важнейших результатов работы этой службы и специально созданной рабочей группы стал справочник ФСЛИ. 18 декабря 2016 года в ЦНИИОИЗ Минздрава России состоялось расширенное заседание, на котором была утверждена его официальная версия. В сентябре 2020 года был зарегистрирован Минюстом России приказ Минздрава России №906н «Об утверждении перечня, порядка ведения и использования классификаторов, справочников и иной нормативно-справочной информации в сфере здравоохранения», после чего начался процесс перехода всех информационных систем в

сфере здравоохранения на федеральные справочники.

Для обеспечения возможности взаимодействия МИС всех уровней кроме ФРНСИ требовалась разработка единых стандартов обмена информацией в соответствии с утвержденными медицинскими документами. С 2016 года Регламентная служба ФРНСИ начала разработку структурированных электронных медицинских документов (далее – СЭМД) на базе международного стандарта ISO/HL7 27932:2009 Data Exchange Standards — HL7 Clinical Document Architecture, Release 2 (HL7 CDA R2). Разработанные СЭМД наряду с ФРНСИ обеспечили возможность семантической интероперабельности систем в здравоохранении России, то есть способность информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена (ГОСТ Р 55062-2012/2021). В 2018 году для реализации возможности проверки, регистрации и обмена СЭМД была создана подсистема ЕГИСЗ «Федеральный реестр электронных медицинских документов» (далее – РЭМД).

В итоге объемной работы по расширению ФРНСИ, разработке различных СЭМД и созданию РЭМД, в 2020 году впервые был разработан и утвержден Минздравом России порядок организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов и установлено требование использования усиленной квалифицированной электронной подписи медицинского работника [26]. В соответствии с утвержденным порядком, медицинская организация может принять решение о переходе на электронный медицинский документооборот (ЭМДО) и отказаться от ведения документации в бумажном виде, если выполняются ряд условий, среди которых одним из основных стала обязательная проверка и регистрация в РЭМД в течение 1 рабочего дня формируемых в МИС СЭМД. С 1 января 2024 года РЭМД окончательно перешел на полностью структурированный CDA-формат при передаче СЭМД, отказавшись от загрузки СЭМД в формате образа медицинского документа в PDF/A.

В июле 2019 года была опубликована Концепция создания Федеральной системы «Онкология» (вертикально-интегрированной медицинской

информационной системы по профилю «Онкология» или ВИМИС «Онкология»). Пилотирование системы началось в 2020 году. В дальнейшем были созданы ВИМИС в части организации оказания медицинской помощи по профилям «акушерство и гинекология» и «неонатология», больным сердечно-сосудистыми заболеваниями и профилактической медицинской помощи (диспансеризация, диспансерное наблюдение, профилактические осмотры) и профилактики инфекционных болезней, которые впервые позволили осуществлять мониторинг соответствующих процессов оказания помощи в профильных Национальных медицинских исследовательских центрах и контролировать качество организации и оказания медицинской помощи. СЭМД для ВИМИС носят сигнальный характер, их принято называть beta-версией СЭМД, и они используются в пилотировании проектов. По результатам пилотирования beta-версий СЭМД они могут переводиться в постоянные решения.

С 2019 года начался постепенный запуск различных видов межведомственного электронного взаимодействия на базе ЕГИСЗ: в целях проведения медико-социальной экспертизы (между медицинскими организациями и бюро медико-социальной экспертизы, официальный старт с апреля 2020 года); по медицинским свидетельствам о смерти и о рождении (с ЗАГС, с сентября 2021 года); по медицинским освидетельствованиям на владение оружием (с Росгвардией, с 2022 года); по электронным медкнижкам (с Роспотребнадзором, с сентября 2023 года); по профосмотрам спортсменов (с Минспортом, с 2023 года).

Федеральным законом от 30 апреля 2021 № 126-ФЗ закреплено, что с 1 января 2022 года назначение и выплата ряда пособий производится на основании электронного листа нетрудоспособности.

В результате реализации данной стадии цифровизации здравоохранения России доля государственных и муниципальных медицинских организаций, внедривших различные МИС, увеличилась с 3,9% в 2007 году до 91% – в 2021 [34].

В течение 2024 года по проекту создания ЕЦК в сфере здравоохранения целевые показатели должны приблизиться к значениям, подтверждающим развёртывание ЕЦК с завершением

подключения всех организаций и реализации требуемых функций.

ОБСУЖДЕНИЕ

Общая периодизация развития цифрового здравоохранения

В результате проведенного исследования источников был сделан вывод о том, что с учетом ведущейся с 60-х годов прошлого века информатизации здравоохранения в локальных масштабах отдельных учреждений, внедрения нового хозяйственного механизма в 1986-1989 годах, представляется возможным отсчитывать историю подготовки к старту цифрового здравоохранения в масштабах страны с начала подготовки и введения ОМС в России с 1993 года, а фактический старт цифрового здравоохранения – с 2006 года, и предложить периодизацию его становления и развития, приведенную в Таблице 2.

Важнейшие события указанных выше стадий развития цифрового здравоохранения приведены в Таблице 3.

На 2023 год функционально ЕГИСЗ была сформирована в объеме, необходимом для обеспечения доступа граждан к услугам в сфере здравоохранения в электронной форме и для взаимодействия информационных систем в сфере здравоохранения, как было установлено целью создания системы.

Экспертная оценка развития цифрового здравоохранения в России в 2025–2030 годах (четвертая стадия)

На основе проведенного исследования сделана экспертная оценка перспективных направлений развития цифрового здравоохранения в России на 2025–2030 годы.

Такой временной промежуток прогноза основан на сентябрьском поручении Президента России правительству до 1 июля 2024 года утвердить национальный проект формирования экономики данных на период до 2030 года. В него войдут задачи по укреплению технологического суверенитета, переводу экономики, социальной сферы, органов власти на качественно новые принципы работы, внедрению управления на основе больших данных, что позволит запускать удобные и эффективные сервисы для граждан и бизнеса [40].

Таблица 2 — Периодизация развития цифрового здравоохранения в России

Стадия	Описание	Период
Подготовительная стадия к системному старту цифрового здравоохранения в масштабах России в целом	Подготовка и активное системное развертывание во всех субъектах РФ персонализированного учета застрахованных лиц и оказываемой им медицинской помощи в системе ОМС и в системе дополнительного лекарственного обеспечения в рамках реформы системы льгот	1993–2005 (12 лет)
Первая, стартовая стадия цифрового здравоохранения в России	Начало централизованного регулирования цифровизации здравоохранения. Стартовая ключевая точка – установлен единый стандарт рецептурного бланка на льготные лекарственные средства в машиночитаемой форме для Российской Федерации (издан приказ Минздрава России)	июнь 2006–2009 (4 года)
Вторая стадия развития цифрового здравоохранения: «Создание ЕГИСЗ»	Начало подготовки и реализация региональных программ модернизации здравоохранения (в 2011–2012 годах – с федеральным финансированием, в 2013–2018 годах – преимущественно с региональным финансированием), первый и второй этап создания ЕГИСЗ. Важнейшая ключевая точка в 2017 году – введена ЕГИСЗ с принятием ФЗ-242 [22]	2010–2018 (9 лет)
Третья стадия развития цифрового здравоохранения: «Создание ЕЦК в сфере здравоохранения»	Начало системного государственного управления цифровизацией здравоохранения России на основе ЕГИСЗ – реализация федерального проекта «Создание единого цифрового контура здравоохранения на основе ЕГИСЗ» и третий этап развития ЕГИСЗ	2019–2024 (6 лет)
Перспективная четвертая стадия развития цифрового здравоохранения: применение ИИ, управление на основе данных	Расширение применения систем поддержки принятия врачебных решений и технологий ИИ, завершение перехода на принципы управления на основе данных на всех уровнях, развитие цифровых сервисов для граждан, и специализация сервисов для различных целевых аудиторий населения	2025–2030 (6 лет)

Таблица 3 — Важнейшие события цифрового здравоохранения в России

№	Стадии цифровизации и важнейшие события	Даты
-	<i>Предпосылки старта цифрового здравоохранения:</i>	
-	Новая модель финансирования, получившая название при пилотировании «новый хозяйственный механизм», была отработана в ходе эксперимента в Ленинграде, Куйбышевской и Кемеровской областях с применением персонализированного учета оказываемой медицинской помощи [6, 9]	1986–1989
-	Принят Федеральный закон о медицинском страховании от 28 июня 1991 года № 1499-1 [10]	1991, июнь
-	Создан ФОМС (февраль 1993) [12] и в течение 1993 года – ФОМС в субъектах РФ, первыми СМО получены лицензии на ОМС [9]	1993
0	Подготовительная стадия к системному старту цифрового здравоохранения в масштабах России в целом	1993–2005
0.1	Началась реализация Федерального закона о медицинском страховании [6, 10] и развитие необходимого информационного обеспечения ОМС и здравоохранения в субъектах РФ	1993, декабрь
0.2	Принят регламент и рекомендованы единые протоколы информационного обмена во всех субъектах РФ для использования в создаваемой информационной системе дополнительного лекарственного обеспечения (Приказ ФОМС № 83 [14])	2005, август
0.3	Стартовала программа дополнительного лекарственного обеспечения в России (Федеральный закон от 22 августа 2004 года № 122-ФЗ [13])	2005, январь

Таблица 3 — Важнейшие события цифрового здравоохранения в России (продолжение)

№	Стадии цифровизации и важнейшие события	Даты
0.4	Проведена первая демонстрация льготного рецепта с матричным штрих-кодом, разработанного ФОМС [17] (лег в основу будущего приказа Минздравсоцразвития России [16])	2005, декабрь
1	Первая, стартовая стадия развития цифрового здравоохранения	2006–2009
1.1	<i>Важнейшая ключевая точка:</i> Первое признание «цифры» в медицинском документе: установлен единый стандарт рецептурного бланка на льготные лекарственные средства в машиночитаемой форме (Приказ Минздравсоцразвития России [16])	2006, июнь
1.2	Принят первый ГОСТ цифрового здравоохранения «Электронная история болезни. Общие положения» (дата введения 01 января 2008 года)	2006, декабрь
1.3	Создан Департамент информационных технологий и связи в Минздравсоцразвития России [18]	2008
1.4	Создана «Федеральная типовая МИС» на принципах свободного программного обеспечения, разработаны типовые требования к МИС и к включению любых МИС в государственный фонд алгоритмов и программ [19]	2008, декабрь
2	Вторая стадия развития цифрового здравоохранения «Создание ЕГИСЗ»	2010–2018
2.1	Правительством РФ принята государственная программа «Информационное общество (2011–2020 годы)», одной из задач которой стало создание ЕГИСЗ	2010, октябрь
2.2	Принят новый федеральный закон от 29 ноября 2010 года № 326-ФЗ «Об обязательном медицинском страховании граждан в Российской Федерации» [11]	2010, ноябрь
2.3	Приняты единые протоколы обмена в системе ОМС для информационных систем ОМС субъектов Российской Федерации (Приказ ФОМС № 79 [15])	2011, апрель
2.4	Утверждена Концепция создания ЕГИСЗ (Приказ Минздравсоцразвития России [21])	2011, апрель
2.5	Началась выдача полиса ОМС единого образца на всей территории РФ, введенного Федеральным законом от 29 ноября 2010 года № 326-ФЗ «Об обязательном медицинском страховании граждан в Российской Федерации» [11]	2011, 1 мая
2.6	Началось финансирование региональных программ модернизации здравоохранения 2011–2014 годов, с федеральным финансированием в 30 млрд рублей на 2011–2012 годы	2011, ноябрь
2.7	Принят Федеральный закон от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»	2011, ноябрь
2.8	Начался второй этап развития ЕГИСЗ. Создание ГИСЗ субъектов РФ проводилось преимущественно за счет регионального финансирования (только в 2018 году по постановлению правительства №659-р была выделена субсидия в 2 млрд рублей)	с конца 2013
2.9	Создан Федеральный реестр нормативно-справочной информации Минздрава России для распространения федеральных справочников и обеспечения семантической интероперабельности МИС всех уровней	2014
2.10	Создана Регламентная служба Федерального реестра нормативно-справочной информации Минздрава России для обеспечения разработки и ведения федеральных справочников	2015
2.11	В Санкт-Петербурге впервые создан единый справочник лабораторных тестов и услуг ЛАТЕУС, в основу был положен международный кодификатор LOINC [30]	2015
2.12	В Санкт-Петербурге стартовал обмен данными лабораторных исследований между различными лабораторными информационными системами и МИС [31] на основе ЛАТЕУС	2016, январь
2.13	В Минсвязи России рассмотрели успешные результаты реализации пилотного проекта по использованию электронного полиса ОМС в Санкт-Петербурге [23]	2016, март
2.14	Реализован пилотный проект Минздрава России по межрегиональному обмену данными лабораторных исследований [32] на основе справочника ЛАТЕУС	2016, май

Таблица 3 — Важнейшие события цифрового здравоохранения в России (продолжение)

№	Стадии цифровизации и важнейшие события	Даты
2.15	Президиум Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам утвердил приоритетный проект «Совершенствование процессов организации медицинской помощи на основе внедрения информационных технологий» («Электронное здравоохранение») [24]	2016, октябрь
2.16	Утверждена официальная версия Федерального справочника лабораторных исследований (ФСЛИ). Основной ФСЛИ стали наработки справочника «ЕСЛИ», созданного в департаменте здравоохранения Москвы, справочник «ЛАТЕУС», созданный в МИАЦ Санкт-Петербурга, и номенклатура и лабораторные справочники LOINC и SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms).*	2016, декабрь
2.17	Введен электронный листок нетрудоспособности (Федеральный закон № 86-ФЗ), и Фондом социального страхования стал реализовываться переход на безбумажные электронные документы	2017, май
2.18	Утверждена национальная программа «Цифровая экономика», предусматривающая создание информационной инфраструктуры (все объекты здравоохранения подключались к сети интернет)	2017, июль
2.19	<i>Важнейшая ключевая точка:</i> Старт государственного регулирования на уровне федерального законодательства – введена ЕГИСЗ. <i>Принят Федеральный закон от 29 июля 2017 года №242-ФЗ [22] (вступил в силу с 01.01.2018)</i>	2017, июль
2.20	Приняты правила взаимодействия иных информационных систем, предназначенных для сбора, хранения, обработки и предоставления информации, касающейся деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг (Постановление Правительства РФ №447 «О порядке взаимодействия государственных и негосударственных информационных систем в сфере здравоохранения») [27]	2018, апрель
2.21	Впервые установлены правовые основы функционирования ЕГИСЗ - издано Постановление Правительства РФ от 5 мая 2018 года № 555 «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения» [28]	2018, май
3	Третья стадия развития цифрового здравоохранения: «Создание ЕЦК в сфере здравоохранения»	2019–2024
3.1	Утвержден федеральный проект «Создание единого цифрового контура здравоохранения на основе ЕГИСЗ», предусмотренный в рамках национального проекта «Здравоохранение», принятого на основании Указа Президента РФ № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»	2018, 24 декабря
3.2	Издан Приказ Минздрава России от 24 декабря 2018 года № 911н «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций» [29]	2018, 24 декабря
3.3	Начался регулярный мониторинг показателей реализации проекта создания ЕЦК в сфере здравоохранения [35]	2019, март
3.4	Создан Центр компетенций цифровой трансформации сферы здравоохранения в рамках федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)» (Минздрав России объявил о создании Центра на базе ЦНИИОИЗ в апреле 2019 года, в июле 2019 года был назначен его руководитель)	2019, апрель-июль
3.5	Опубликована Концепция создания ВИМИС «Онкология»	2019, июль

Таблица 3 — Важнейшие события цифрового здравоохранения в России (продолжение)

№	Стадии цифровизации и важнейшие события	Даты
3.6	Издан Приказ Минздрава России «Об утверждении перечня, порядка ведения и использования классификаторов, справочников и иной нормативно-справочной информации в сфере здравоохранения», после чего начался процесс перехода всех информационных систем в сфере здравоохранения на федеральные справочники (Приказ Минздрава России № 906н от 27.08.2020, зарегистрирован Минюстом России в сентябре 2020 года)	2020, август
3.7	Впервые определен порядок организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов, установлено требование использования усиленной квалифицированной электронной подписи медицинского работника (Приказ Минздрава России № 947н [26])	2020, сентябрь
3.8	Начался постепенный запуск различных видов межведомственного электронного взаимодействия на базе ЕГИСЗ (по медико-социальной экспертизе с 2021, по медицинским свидетельствам о смерти и о рождении с 2021, по медицинским освидетельствованиям на владение оружием с 2022, по электронным медкнижкам и по профосмотрам спортсменов с 2023)	2020–2022
3.9	Начался регулярный мониторинг «цифровой зрелости» сферы здравоохранения субъектов РФ – принято постановление Правительства РФ № 542 [36]	2021, апрель
3.10	Начался полный переход на электронный листок нетрудоспособности: Федеральным законом от 30 апреля 2021 года № 126-ФЗ закреплен срок – 1 января 2022 года как полный переход	2021, апрель
3.11	Началось фактическое функционирование Координационного центра Минздрава России на базе ФГБУ ЦНИИОИЗ (после создания Координационного центра Правительства России по Постановлению Правительства РФ от 12.02.2021 № 171) с целью организации инцидент-менеджмента, внутреннего регулярного мониторинга функционирования здравоохранения, формирования рейтингов на основе коэффициентов эффективности [37]	2021, октябрь
3.12	Вступила в силу норма о цифровом полисе ОМС с 1 июля 2022 года (Федеральный закон от 6 декабря 2021 года № 405-ФЗ)	2022, июль
3.13	Началось проектирование домена «Здравоохранение» [38]	2022, июнь
3.14	Введено обязательное применение в субъектах РФ ИИ в здравоохранении (в рамках проекта создания ЕЦК в 2023–2024 годах) [39]	2023
3.15	Завершение реализации проекта создания ЕЦК в сфере здравоохранения (планируется в конце текущего года)	конец 2024
	<i>Итого 44 важнейших события цифрового здравоохранения в России</i>	1993 (декабрь)–2024

Примечание: * – А. Гусев, Блог об ИТ в здравоохранении глазами Российского разработчика: <https://avgusev.livejournal.com/55269.html>

Перспективная четвертая стадия развития цифрового здравоохранения с 2025 года функционально будет связана в первую очередь с расширением применения систем поддержки принятия врачебных решений и технологий ИИ для врача и пациента, завершением перехода на принципы управления на основе данных на всех уровнях. Будет происходить повсеместное развитие цифровых сервисов для граждан и специализация сервисов для различных целевых

аудиторий населения, особенно хронических больных и старших возрастных групп, расширение задач персонализированного мониторинга здоровья граждан, дальнейшее развитие функций для мониторинга и поддержания здоровья самим человеком. Будут расширяться сервисы иных информационных систем, которые могут взаимодействовать с ЕГИСЗ напрямую или через ГИСЗ субъектов Российской Федерации, и межведомственное взаимодействие в связи с

различными «жизненными ситуациями» у людей.

Дистанционное взаимодействие врача и пациента с использованием информационных технологий впервые введено в правовое поле с 2018 года [22]. Если раньше основной приоритет отдавался информатизации учета и расчетов за оказанную медицинскую помощь, клинических рабочих процессов, управления потоками пациентов и ресурсами, профессиональным коммуникациям между медицинскими работниками внутри закрытого защищенного контура сетей медицинских организаций, то в настоящее время, и особенно на четвертой стадии развития, на первый план, как представляется, все шире будут выходить интернет-технологии взаимодействия с пациентами, их применение в профилактике и укреплении здоровья, использование ИИ в этих вопросах, расширение применения телемедицины и развитие других новых сервисов взаимодействия с пациентами, которые начались с простейшей интернет-записи на прием к врачу.

Получат применение перспективные технологии, использующие такие цифровые продукты (сервисы), как цифровой ассистент в виде мобильного приложения, носимые диагностические устройства, покупка лекарств и устройств медицинского назначения со смартфона, роботизированные устройства для оказания медицинской помощи и ухода в домашних условиях [41].

Будут расширяться и специализироваться для различных категорий населения персонализированные цифровые сервисы сферы здравоохранения, оказываемые не только на федеральном уровне на портале Госуслуг, но и на региональных порталах сферы здравоохранения, и через web-сервисы на сайтах медицинских организаций или на порталах соответствующих сервис-провайдеров и операторов иных информационных систем в здравоохранении. Сервисы на уровне медицинских организаций будут развиваться в первую очередь при предоставлении платных услуг и связаны с повышением их привлекательности для пациентов. Вырастет значимость учета различающихся потребностей и возможностей для различных возрастных групп населения, включая особенности для серебряного возраста (от 60 лет) с более высокими возрастными рисками заболеваний и людей с хроническими заболеваниями,

требующими более интенсивного и глубокого мониторинга показателей здоровья [42].

Кроме этого, для людей серебряного возраста необходимо обеспечить альтернативные способы доступа к каналам предоставления цифровых услуг при внедрении цифровизации. Для минимизации социальных рисков ощущения людьми старшего возраста своей отчужденности, исключения цифрового неравенства при внедрении медицинских дистанционных электронных сервисов необходимо учитывать, что значительная часть пациентов старшего возраста предпочитают пользоваться телефоном [43], и некоторые желают воспользоваться правом человека полностью или частично отказаться от вовлечения в цифровое взаимодействие [44]. При масштабном внедрении цифровых сервисов здравоохранения необходимо сохранить возможность воспользоваться модернизированными нецифровыми или имитационными технологиями (голосовые помощники и сервисы с использованием технологий ИИ).

Из нефункциональных направлений на четвертой стадии развития цифрового здравоохранения предположительно будут получать большее распространение системы оценок уровня цифровой зрелости медицинских организаций и систем здравоохранения субъектов РФ. Для оценки выполнения субъектами РФ установленных Правительством РФ и Минздравом России требований к информационным системам в сфере здравоохранения [29], планирования развития, сравнения **уровня цифровой зрелости субъектов РФ и отдельных медицинских организаций**, на федеральном уровне уже на третьей стадии начал осуществляться мониторинг показателей реализации проекта создания единого цифрового контура в сфере здравоохранения, «цифровой зрелости» сферы здравоохранения [36], однако интегральные оценки цифровой зрелости не получили широкого распространения. В настоящее время более комплексные методики оценки, базирующиеся не на отдельных целевых показателях, а на расчете **интегральных индексов или присвоении некоторых интегральных классов зрелости** [45, 46], пока применяются в России только отдельными регионами и медицинскими организациями. Например, ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России впервые в нашей стране получил

сертификат соответствия специализированной международной методике Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS) Electronic Medical Record Adoption Model (EMRAM) [47] в сфере медицинских информационных технологий в январе 2018 года на 6 уровень HIMSS EMRAM и в июле 2021 года на высший 7 уровень. Также сертификат на 6 уровень HIMSS EMRAM в 2022 году получила Республиканская клиническая больница Татарстана. Однако для массового применения в России международных методик HIMSS EMRAM требуется их адаптация и встраивание в нормативное поле сферы здравоохранения России с учетом ее специфики и при активном участии экспертного сообщества.

Также представляется важной тенденцией **рост значимости консолидированного экспертного мнения профессиональных сообществ разработчиков информационных технологий в сфере здравоохранения**, без которого трудно сформировать объективные и широко применяемые оценки цифровой зрелости, а также управлять развитием усложняющегося ландшафта информационных систем в сфере здравоохранения и развитием экосистемы цифровых сервисов здравоохранения. Профессиональные сообщества разработчиков информационных технологий в сотрудничестве с Минздравом России и при участии профессиональных врачебных ассоциаций и пациентских сообществ будут заинтересованы в формировании такого консолидированного мнения, в долговременном развитии информационных систем в здравоохранении, ускорении процессов разработки в РФ новых высокотехнологичных решений для цифровой медицины, расширению и выводу решений российских разработчиков на международный уровень.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровизация здравоохранения в России опиралась на потенциал результатов информатизации здравоохранения, накопленную экспертизу в СССР и сформированный рынок разнообразных программных продуктов.

Однако цифровое здравоохранение в России, как единая система, стартовало только после создания необходимых объективных условий:

- массового распространения доступных персональных компьютеров и средств коммуникаций;

- необходимости реализации требований персонифицированного учета оказываемой медицинской помощи в системе ОМС с 1993 года и системе дополнительного лекарственного обеспечения в 2005 году;

- начала цифровой трансформации системы государственного управления и создания «электронного правительства» в России.

В статье предложена и обоснована периодизация процесса становления и развития цифрового здравоохранения в Российской Федерации, начиная с создания предпосылок в 60-х годах прошлого столетия и старта цифрового здравоохранения в масштабах России в 2006 году, до третьей стадии, завершающейся в 2024 году.

Сформулированы с экспертной точки зрения автора перспективные направления и ключевые тенденции будущей четвертой стадии развития цифрового здравоохранения России с 2025 до 2030 года:

- начало массового применения технологий ИИ и систем поддержки принятия врачебных решений;
- полный переход на управление на основе данных на всех уровнях здравоохранения, начиная с медицинских организаций;
- повсеместный переход на персонифицированное цифровое взаимодействие медицинских организаций с гражданами (через портал госуслуг, региональные порталы и собственные цифровые сервисы), обеспечивающего удовлетворение потребностей различных возрастных групп населения, включая серебряный возраст с более высокими возрастными рисками заболеваний и людей с хроническими заболеваниями;
- расширение межведомственного взаимодействия в связи с различными «жизненными ситуациями» – наиболее распространенными событиями, с которыми могут столкнуться люди;
- повышение значимости и расширение применения интегральных оценок цифровой зрелости медицинских организаций, региональных систем здравоохранения субъектов РФ;
- рост влияния и повышение роли в развитии цифрового здравоохранения России консолидированной экспертной позиции профессионального сообщества разработчиков МИС и информационных технологий в сфере здравоохранения с Минздравом России при

участии профессиональных врачебных ассоциаций и пациентских сообществ.

Выявление тенденций развития цифрового здравоохранения России будет способствовать совершенствованию организации оказания медицинской помощи, повышению ее качества, созданию современной системы управления здравоохранением и внесет важный

вклад в развитие системы здравоохранения России.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-18-00461 «Отложенное старение или поздняя зрелость в России: как цифровое развитие меняет статус пожилых в эпоху COVID-19 и неопределенности» (<https://rscf.ru/project/22-18-00461/>).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Гаспарян С.А., Пашкина Е.С. Страницы истории информатизации здравоохранения России. — М., 2002. — 304 с. [Gasparyan SA, Pashkina ES. Stranitsy istorii informatizatsii zdravookhraneniya Rossii. — М., 2002. (In Russ.)]
2. Зарубина Т.В. Единая государственная информационная система здравоохранения: вчера, сегодня, завтра // Сибирский вестник медицинской информатики и информатизации здравоохранения. — 2016. — №1. — С.6-11. [Zarubina TV. Unique state information system in the health care: yesterday, today and tomorrow. Sibirskii vestnik meditsinskoi informatiki i informatizatsii zdravookhraneniya. 2016; 1: 6-11. (In Russ.)]
3. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Фомина И.В. и др. Эволюция интернет технологий в системе здравоохранения // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. — 2017. — №2(4). — С.63-78. [Lebedev GS, Shaderkin IA, Fomina IV, et al. Evolution of internet technologies in healthcare. Zhurnal telemeditsiny i ehlektronnogo zdravookhraneniya. 2017; 2(4): 63-78 (In Russ.)]
4. Гусев А.В., Владимирский А.В., Голубев Н.А., Зарубина Т.В. Информатизация здравоохранения Российской Федерации: история и результаты развития // Национальное здравоохранение. — 2021. — №2(3). — С.5-17. [Gusev AV, Vladimirskii AV, Golubev NA, et al. Informatizatsiya zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii: istoriya i rezul'taty razvitiya. Natsional'noe zdravookhranenie. 2021; 2(3): 5-17. (In Russ.)] doi: 10.47093/2713-069X.2021.2.3.5-17.
5. Владимирский А.В. История телемедицины: стоя на плечах гигантов (1850–1979). М.: Де`Либри, 2019. — 410 с. [Vladimirskii AV. Istoriya telemeditsiny: stoya na plechakh gigantov (1850–1979). М.: De`Libri, 2019. (In Russ.)]
6. Шишкин С. Реформа финансирования российского здравоохранения. — М., 2000. — 444 с. [Shishkin S. Reforma finansirovaniya rossiiskogo zdravookhraneniya. М., 2000. 444 p. (In Russ.)]
7. Пашкина Е.С., Зарубина Т.В. О программах информатизации здравоохранения России (обзор) // Врач и информационные технологии. — 2009. — №6. [Pashkina ES, Zarubina TV. O programmakh informatizatsii zdravookhraneniya Rossii (obzor). Vrach i informatsionnye tekhnologii. 2009; 6. (In Russ.)]
8. Коноплева И.А., Хохлова О.А. Формирование системы обязательного медицинского страхования населения России // Экология человека. — 2004. — №4. — С.49-53. [Konopleva IA, Khokhlova OA. Formirovanie sistemy obyazatel'nogo meditsinskogo strakhovaniya naseleniya Rossii. Ehkologiya cheloveka. 2004; 4: 49-53 (In Russ.)]
9. Корюкин В.Г. Мы рубим ступени. 2000. [Koryukin VG. My rubim stupeni. 2000. (In Russ.)]
10. Закон Российской Федерации от 28 июня 1991 года №1499-1 «О медицинском страховании граждан в Российской Федерации». (Утратил силу с 1 января 2011 года в связи с принятием Федерального закона от 29.10.2010 №323-ФЗ). Доступно по: <https://minzdrav.gov.ru/documents/8014-federalnyy-zakon-1499-1-ot-28-iyunya-1991-g>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Zakon Rossiiskoi Federatsii ot 28 iyunya 1991 goda №1499-1 «O meditsinskom strakhovanii grazhdan v Rossiiskoi Federatsii». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://minzdrav.gov.ru/documents/8014-federalnyy-zakon-1499-1-ot-28-iyunya-1991-g>. (In Russ.)]
11. Федеральный закон №326-ФЗ от 29 ноября 2010 года «Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации». Доступно по: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/32206>. [Federal'nyi zakon № 326-FZ ot 29 noyabrya 2010 goda «Ob obyazatel'nom meditsinskom strakhovanii v Rossiiskoi Federatsii». Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/32206>. (In Russ.)]
12. Постановление Верховного Совета РФ от 24.02.1993 №4543-1 «О порядке финансирования обязательного медицинского страхования граждан на 1993 год» (вместе с «Положением о Федеральном фонде обязательного медицинского страхования», «Положением о Территориальном фонде обязательного медицинского страхования», «Положением о порядке уплаты страховых взносов в Федеральный и территориальные фонды обязательного медицинского страхования»). Доступно по: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-vs-rf-ot-24021993-n-4543-1/?ysclid=lp9t2w69ca674216798>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Postanovlenie Verkhovnogo Soveta RF ot 24.02.1993 № 4543-1 «O

- poryadke finansirovaniya obyazatel'nogo meditsinskogo strakhovaniya grazhdan na 1993 god». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-vs-rf-ot-24021993-n-4543-1/?ysclid=lp9t2w69ca674216798>. (In Russ.)]
13. Федеральный закон от 22 августа 2004 года №122-ФЗ «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федеральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). Доступно по: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/21383>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Federal'nyi zakon ot 22 avgusta 2004 goda №122-FZ «O vnesenii izmenenii v zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii i priznanii utrativshimi silu nekotorykh zakonodatel'nykh aktov Rossiiskoi Federatsii v svyazi s prinyatiem federal'nykh zakonov «O vnesenii izmenenii i dopolnenii v Federal'nyi zakon «Ob obshchikh printsipakh organizatsii zakonodatel'nykh (predstavitel'nykh) i ispolnitel'nykh organov gosudarstvennoi vlasti sub»ektov Rossiiskoi Federatsii» i «Ob obshchikh printsipakh organizatsii mestnogo samoupravleniya v Rossiiskoi Federatsii» (s izmeneniyami i dopolneniyami)». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/21383>. (In Russ.)]
 14. Приказ ФОМС от 24 августа 2005 года №83 об утверждении «Регламента централизованной обработки данных и информационного взаимодействия участников дополнительного лекарственного обеспечения отдельных категорий граждан в Российской Федерации». Доступно по: <https://www.ffoms.gov.ru/documents/the-orders-oms/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz FOMS ot 24 avgusta 2005 goda №83 ob utverzhdenii «Reglamenta tsentralizovannoi obrabotki dannykh i informatsionnogo vzaimodeistviya uchastnikov dopolnitel'nogo lekarstvennogo obespecheniya ot del'nykh kategorii grazhdan v Rossiiskoi Federatsii». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://www.ffoms.gov.ru/documents/the-orders-oms/>. (In Russ.)]
 15. Приказ ФОМС от 7 апреля 2011 года № 79 «Об утверждении Общих принципов построения и функционирования информационных систем и порядка информационного взаимодействия в сфере обязательного медицинского страхования». Доступно по: <https://www.ffoms.gov.ru/upload/iblock/56d/56d1f4edbc3a5d37d20328a012d4e17.pdf>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz FOMS ot 7 aprelya 2011 goda №79 «Ob utverzhdenii Obshchikh printsipov postroeniya i funktsionirovaniya informatsionnykh sistem i poryadka informatsionnogo vzaimodeistviya v sfere obyazatel'nogo meditsinskogo strakhovaniya». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://www.ffoms.gov.ru/upload/iblock/56d/56d1f4edbc3a5d37d20328a012d4e17.pdf>. (In Russ.)]
 16. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 13 июня 2006 года №476 «О внесении изменений в Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 23 августа 1999 года №328 «О рациональном назначении лекарственных средств, правилах выписывания рецептов на них и порядке отпуска аптечными учреждениями (организациями)». Доступно по: <https://minzdrav.gov.ru/documents/7906-prikaz-minzdravsotsrazvitiya-rossii-476-ot-13-iyunya-2006-g>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz Minzdravsotsrazvitiya RF ot 13 iyunya 2006 goda № 476 «O vnesenii izmenenii v Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii ot 23 avgusta 1999 g. № 328 «O ratsional'nom naznachenii lekarstvennykh sredstv, pravilakh vypisyvaniya retseptov na nikh i poryadke otpuska aptechnymi uchrezhdeniyami (organizatsiyami)». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://minzdrav.gov.ru/documents/7906-prikaz-minzdravsotsrazvitiya-rossii-476-ot-13-iyunya-2006-g>. (In Russ.)]
 17. Льготный рецепт – пока не электронный, но со штрих-кодом. Введение штрих-кодирования рецепта в льготном лекарственном обеспечении (ЛЛО) и единых протоколов взаимодействия между участниками системы ЛЛО в регионах России. 2005. Доступно по: <http://genorlov.tilda.ws/products>. Ссылка активна на 22.11.2023. [L'gotnyj recept – пока ne ehlektronnyj, no so shtrikh-kodom. Vvedenie shtrikh-kodirovaniya recepta v l'gotnom lekarstvennom obespechenii (LLO) i edinykh protokolov vzaimodeistviya mezhdru uchastnikami sistemy LLO v regionakh Rossii. 2005. [cited 22.11.2023.] Available from: <http://genorlov.tilda.ws/products>. (In Russ.)]
 18. Андриянова Е.А., Гришечкина Н. В. Проблемы формирования системы электронного здравоохранения в России // Здравоохранение Российской Федерации. — 2012. — №6. — С.27-30. [Andriyanova EA, Grishechkina NV. The issues of development of electronic public health system in Russia. 2012; 6: 27-29. (In Russ.)]
 19. Орлов Г.М. Типовая медицинская информационная система персонифицированного учета оказания медицинской помощи на базе свободного программного обеспечения создана в интересах Минздравсоцразвития России и Минкомсвязи России // Врач и информационные технологии. – 2009. – №2. – С.38-43. [Orlov GM. Tipovaya meditsinskaya informatsionnaya sistema personifitsirovannogo ucheta okazaniya meditsinskoi pomoshchi na baze svobodnogo programmnoho

- obespecheniya sozdana v interesakh Minzdravsotrazvitiya Rossii i Minkomsvyazi Rossii. Vrach i informatsionnye tekhnologii. 2009; 2: 38-43. (In Russ.)
20. Требования к медицинским информационным системам (МИС), передаваемым в фонд алгоритмов и программ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, применяемым в Государственной информационной системе персонализированного учета в здравоохранении Российской Федерации. 25 ноября 2010 года. Доступно по: <https://minzdrav.gov.ru/documents/7439-metodicheskie-ukazaniya>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Trebovaniya k meditsinskim informatsionnym sistemam (MIS), peredavaemym v fond algoritmov i programm Ministerstva zdravookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii, primenyaemym v Gosudarstvennoi informatsionnoi sisteme personifitsirovannogo ucheta v zdravookhraneni Rossiiiskoi Federatsii. [cited 22.11.2023.] Available from: <https://minzdrav.gov.ru/documents/7439-metodicheskie-ukazaniya>. (In Russ.)]
 21. Приказ Минздравсоцразвития России от 28 апреля 2011 года № 364 «Об утверждении Концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения». Доступно по: <https://minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/018/684/original/Концепция.docx?1390841529>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz Minzdravsotrazvitiya Rossii ot 28 aprelya 2011 goda № 364 «Ob utverzhdenii Kontseptsii sozdaniya edinoi gosudarstvennoi informatsionnoi sistemy v sfere zdravookhraneniYA». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/018/684/original/Концепция.docx?1390841529>. (In Russ.)]
 22. Федеральный закон от 29 июля 2017 года №242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья». Доступно по: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/42200>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Federal'nyi zakon ot 29 iyulya 2017 goda № 242-FZ «O vnesenii izmenenii v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii po voprosam primeneniya informatsionnykh tekhnologii v sfere okhrany zdorov'ya». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/42200>. (In Russ.)]
 23. Электронный полис ОМС в Санкт-Петербурге заменил бумажный. Совет главных конструкторов по использованию информационно-коммуникационных технологий в деятельности федеральных органов исполнительной власти. Доступно по: <https://digital.gov.ru/ru/events/34864/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Ehlektronnyj polis OMS v Sankt-Peterburge zamenil bumazhnyj. Sovet glavnykh konstruktorov po ispol'zovaniyu informacionno-kommunikacionnykh tekhnologij v deyatelnosti federal'nykh organov ispolnitel'noj vlasti. [cited 22.11.2023.] Available from: <https://digital.gov.ru/ru/events/34864/>. (In Russ.)]
 24. Федеральный Приоритетный проект «Совершенствование процессов организации медицинской помощи на основе внедрения информационных технологий» «Электронное здравоохранение». Доступно по: <http://government.ru/projects/selection/634/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Federal'nyi Prioritetnyi proekt «Sovershenstvovanie protsessov organizatsii meditsinskoj pomoshchi na osnove vnedreniya informatsionnykh tekhnologii» «Ehlektronnoe zdravookhranenie». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://government.ru/projects/selection/634/>. (In Russ.)]
 25. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 30 ноября 2017 года №965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий». Доступно по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201801100021?ysclid=lp9vxxr9x89232852125>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF ot 30 noyabrya 2017 goda №965n «Ob utverzhdenii poryadka organizatsii i okazaniya meditsinskoj pomoshchi s primeneniem telemeditsinskikh tekhnologii». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201801100021?ysclid=lp9vxxr9x89232852125>. (In Russ.)]
 26. Приказ Минздрава России от 7 сентября 2020 года №947н «Об утверждении Порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов». Доступно по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202101120007?ysclid=lp9w0cesuy915750791>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz Minzdrava Rossii ot 7 sentyabrya 2020 goda №947n «Ob utverzhdenii Poryadka organizatsii sistemy dokumentooborota v sfere okhrany zdorov'ya v chasti vedeniya meditsinskoj dokumentatsii v forme ehlektronnykh dokumentov». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202101120007?ysclid=lp9w0cesuy915750791>. (In Russ.)]
 27. Постановление Правительства РФ от 12 апреля 2018 года №447 «Об утверждении Правил взаимодействия иных информационных систем, предназначенных для сбора, хранения, обработки и предоставления информации, касающейся деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг, с информационными системами в сфере здравоохранения и медицинскими организациями». Доступно по: <http://government.ru/docs/all/116114/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12 aprelya 2018 goda №447 «Ob utverzhdenii Pravil vzaimodeistviya inykh informatsionnykh sistem, prednaznachennykh dlya sbera, khraneniya, obrabotki i predostavleniya informatsii, kasaoyushchey deyatelnosti meditsinskih organizatsii i predostavlyаемых ими uslug, s informatsionnymi sistemami v sfere zdravookhraneniya i meditsinskimi organizatsiyami». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://government.ru/docs/all/116114/>. (In Russ.)]

- обработки и предоставления информации, касаясь деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг, с информационными системами в сфере здравоохранения и медицинскими организациями». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://government.ru/docs/all/116114/>. (In Russ.)]
28. Постановление Правительства РФ от 5 мая 2018 года №555 “О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения” (в дальнейшем внесены изменения – Постановление правительства РФ от 9 февраля 2022 года №140 «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения»). Доступно по: <http://government.ru/docs/32570/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 5 maya 2018 g. №555 “O edinoi gosudarstvennoi informatsionnoi sisteme v sfere zdravookhraneniya”. [cited 22.11.2023.] Available from: <http://government.ru/docs/32570/>. (In Russ.)]
 29. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 24 декабря 2018 года №911н «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций». Доступно по: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201906190017?ysclid=lpd80ttwbc522242570>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya Rossiiskoi Federatsii ot 24 dekabrya 2018 goda №911n «Ob utverzhdenii Trebovaniy k gosudarstvennym informatsionnym sistemam v sfere zdravookhraneniya sub»ektov Rossiiskoi Federatsii, meditsinskim informatsionnym sistemam meditsinskikh organizatsii i informatsionnym sistemam farmatsevticheskikh organizatsii». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201906190017?ysclid=lpd80ttwbc522242570>. (In Russ.)]
 30. Карпищенко А.И., Коган Е.И., Орлов Г.М., Черемисина П.Н. Разработка единого справочника лабораторных тестов и услуг для двустороннего обмена в Санкт-Петербурге // Лабораторный консилиум. — 2016. — Т.52. — №1. — С.29-32. [Karpishchenko AI, Kogan EI, Orlov GM, et al. Razrabotka edinogo spravochnika laboratornykh testov i uslug dlya dvustoronnego obmena v Sankt-Peterburge. Laboratornyi konsilium. 2016; 52(1): 29-32. (In Russ.)]
 31. Создание единой системы обмена данными лабораторных исследований Санкт-Петербурга на основе Справочника ЛАТЕУС. Доступно по: <https://spbmiac.ru/sozдание-edinojj-sistemy-obmena-dannymi-laboratornykh-issledovaniij-sankt-peterburga-na-osnove-spravochnika-lateus/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Sozдание edinoj sistemy obmena dannymi laboratornykh issledovaniij Sankt-Peterburga na osnove Spravochnika LATEUS. [cited 22.11.2023.] Available from: <https://spbmiac.ru/sozдание-edinojj-sistemy-obmena-dannymi-laboratornykh-issledovaniij-sankt-peterburga-na-osnove-spravochnika-lateus/>. (In Russ.)]
 32. Пилотный проект Минздрава России по межрегиональному обмену данными лабораторных исследований. Доступно по: <https://spbmiac.ru/pilotnyjj-proekt-minzdrava-rossii-po-mezhregionalnomu-obmenu-dannymi-laboratornykh-issledovaniij/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Pilotnyj projekt Minzdrava Rossii po mezhregional'nomu obmenu dannymi laboratornykh issledovaniij. [cited 22.11.2023.] Available from: <https://spbmiac.ru/pilotnyjj-proekt-minzdrava-rossii-po-mezhregionalnomu-obmenu-dannymi-laboratornykh-issledovaniij/>. (In Russ.)]
 33. Результаты медицинских анализов теперь можно получить по электронной почте, 4 июня 2019 года. Доступно по: <https://www.mos.ru/mayor/themes/18299/5698050/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Rezultaty medicinskikh analizov teper' mozhno poluchit' po ehlektronnoj pochte, 4 iyunya 2019 goda. [cited 22.11.2023.] Available from: <https://www.mos.ru/mayor/themes/18299/5698050/>. (In Russ.)]
 34. Гусев А.В., Зингерман Б.В., Тюфилин Д.С., Зинченко В.В. Электронные медицинские карты как источник данных реальной клинической практики // Реальная клиническая практика: данные и доказательства. — 2022. — Т.2. — №2. — С.8-20. [Gusev AV, Zingerman BV, Tyufilin DS, et al. Ehlektronnye meditsinskie karty kak istochnik dannykh real'noi klinicheskoi praktiki. Real'naya klinicheskaya praktika: dannye i dokazatel'stva. 2022; 2(2): 8-20. (In Russ.)] doi: 10.37489/2782-3784-myrd-13.
 35. Приказ Минздрава России от 29 марта 2019 года №176 «Об утверждении методик расчета показателей федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)», входящего в национальный проект «Здравоохранение». Доступно по: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/MET_040024.pdf. Ссылка активна на 22.11.2023. [Prikaz Minzdrava Rossii ot 29 marta 2019 goda №176 «Ob utverzhdenii metodik rascheta pokazatelei federal'nogo proekta «Sozдание edinogo tsifrovogo kontura v zdravookhraneni na osnove edinoi gosudarstvennoi informatsionnoi sistemy v sfere zdravookhraneniya (EGISZ)», vkhodyashchego v natsional'nyi projekt «Zdravookhranenie». [cited 22.11.2023.] Available from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/MET_040024.pdf. (In Russ.)]

36. Постановление Правительства РФ от 03 апреля 2021 года №542 «Об утверждении методик расчета показателей для оценки эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, а также о признании утратившими силу отдельных положений постановления Правительства Российской Федерации от 17 июля 2019 года №915». Доступно по: <http://government.ru/docs/all/133843/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 03 aprelya 2021 goda №542. [cited 22.11.2023.] Available from: <http://government.ru/docs/all/133843/>. (In Russ.)]
37. Доклад о создании Координационного центра Минздрава России Советника директора ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России А.В. Селютина на онлайн-конференции «Электронный медицинский документооборот – управление на основе данных». ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, 4 октября 2021 года. Доступно по: https://www.youtube.com/watch?v=Hku7h1M_DsY. Ссылка активна на 22.11.2023. [Doklad o sozdanii Koordinacionnogo centra Minzdrava Rossii Sovetnika direktora FGBU «CNIIOIZ» Minzdrava Rossii A.V. Selyutina na onlajn-konferencii «Ehlektronnyj medicinskij dokumentooborot – upravlenie na osnove dannyykh». FGBU «CNIIOIZ» Minzdrava Rossii, 4 oktyabrya 2021 goda. [cited 22.11.2023.] Available from: https://www.youtube.com/watch?v=Hku7h1M_DsY. (In Russ.)]
38. Минздрав РФ создает на «Гостехе» домен «Здравоохранение». Доступно по: <https://platform.gov.ru/news/minzdrav-rf-sozdaet-na-gostehe-domen-zdravookhranenie/?ysclid=loqas1bydc449582920>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Minzdrav RF sozdaet na «Gostekhe» domen «Zdravookhranenie». [cited 22.11.2023.] Available from: <https://platform.gov.ru/news/minzdrav-rf-sozdaet-na-gostehe-domen-zdravookhranenie/?ysclid=loqas1bydc449582920>. (In Russ.)]
39. Перечень поручений по итогам конференции «Путешествие в мир искусственного интеллекта». 23–24 ноября 2022 года. Доступно по: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/70418>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Perechen' poruchenij po itogam konferencii «Puteshestvie v mir iskusstvennogo intellekta». 23–24 noyabrya 2022 goda. [cited 22.11.2023.] Available from: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/70418>. (In Russ.)]
40. Национальный проект «Экономика данных». Доступно по: <http://government.ru/rugovclassifier/909/events/>. Ссылка активна на 22.11.2023. [Nacional'nyj proekt «Ehkonomika dannyykh». [cited 22.11.2023.] Available from: <http://government.ru/rugovclassifier/909/events/>. (In Russ.)]
41. Пугачев П.С., Гусев А.В., Кобякова О.С. и др. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения // Национальное здравоохранение. — 2021. — Т.2. — №2. — С.5-12. [Pugachev PS, Gusev AV, Kobyakova OS, et al. Mirovye trendy tsifrovoi transformatsii otrasli zdravookhraneniya. Natsional'noe zdravookhranenie. 2021; 2(2): 5-12. (In Russ.)] doi: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12.
42. Орлов Г.М., Чугунов А.В. Эволюция цифровых сервисов здравоохранения для пациентов: направления развития для старшего поколения // Успехи геронтологии. — 2022. — Т.35. — №4. — С.623-624. [Orlov GM, Chugunov AV. Ehvoljutsiya tsifrovyykh servisov zdravookhraneniya dlya patsientov: napravleniya razvitiya dlya starshego pokoleniya. Uspekhi gerontologii. 2022; 35(4): 623-624. (In Russ.)]
43. Орлов Г.М., Чугунов А.В. Цифровое здравоохранение: использование электронных сервисов пожилыми // Успехи геронтологии. — 2023. — Т.36. — №3. — С.375-382. [Orlov GM, Chugunov AV. Digital health: elderly use of electronic services. Uspekhi gerontologii. 2023; 36(3): 375-382. (In Russ.)] doi: 10.34922/AE.2023.36.3.012.
44. Денисов Д.С. Цифровые экосистемы и право на отказ от технологий // International Journal of Open Information Technologies. 2023. [Denisov DS. Digital Ecosystems and the Right to Refuse Technology. International Journal of Open Information Technologies. 2023. (In Russ.)]
45. Орлов Г.М., Левин М.Б. Методологические подходы к разработке эталонных моделей подсистем государственных информационных систем в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации // Информационные ресурсы России. — 2021. — №2. — С.20-27. [Orlov GM, Levin MB. Metodologicheskie podkhody k razrabotke ehталонnykh modelei podsystem gosudarstvennykh informatsionnykh sistem v sfere zdravookhraneniya sub'ektov Rossiiskoi Federatsii. Informatsionnye resursy Rossii. 2021; 2: 20-27. (In Russ.)] doi: 10.46920/0204-3653_2021_02180_20.
46. Шадеркин И.А. Уровни зрелости телемедицины // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. — 2021. — Т.7. — №4. — С.63-68. [Shaderkin IA. Urovni zrelosti telemeditsiny i ehlektronnogo zdravookhraneniya. 2021; 7(4): 63-68. (In Russ.)] doi: 10.29188/2712-9217-2021-7-4-63-68.
47. Electronic Medical Record Adoption Model (EMRAM). HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society). [cited 22.11.2023.] Available from: <https://www.himss.org/what-we-do-solutions/digital-health-transformation/maturity-models/electronic-medical-record-adoption-model-emram>.

ЕРМАКОВА Н.А.,

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия, e-mail: ermakova_na@rsmu.ru

ГУСЕВ А.В.,

к.т.н., ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, Москва, Россия, e-mail: agusev@webiomed.ru

РЕБРОВА О.Ю.,

д.м.н., ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия; ГНЦ РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, Москва, Россия, e-mail: rebrova_oyu@rsmu.ru

ОШИБКИ В ДАННЫХ РЕАЛЬНОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_28

Аннотация. В последнее время возрастает интерес к использованию больших данных реальной клинической практики для разработки систем искусственного интеллекта в интересах врачебной практики – моделей диагностики заболеваний и состояний и прогноза их течения. При этом качество этих данных обычно невысоко из-за допускаемых ошибок при вводе, неоптимальной архитектуры информационных систем, отсутствия стандартизации и др. В обзоре рассмотрены критерии надежности данных реальной практики, наиболее часто встречающиеся проблемы и способы их устранения: оценка соответствия набора данных дизайну разрабатываемой модели, выявление и удаление дублирующих записей в наборах данных, обработка пропущенных значений, обнаружение и обработка выпадающих значений, выявление и обработка несогласованности в данных. Делается вывод о том, что требуется дальнейшее развитие методик создания наборов данных на основе реальной клинической практики в части повышения их качества, так как наличие ошибок в них может приводить к снижению качества создаваемых моделей машинного обучения для диагностики и прогнозирования.

Ключевые слова: реальная клиническая практика; качество данных; пропущенные значения; противоречия; выпадающие значения; дублирующие записи; электронные медицинские карты; искусственный интеллект.

Для цитирования: Ермакова Н.А., Гусев А.В., Реброва О.Ю. Ошибки в данных реальной клинической практики: обзор литературы. Врач и информационные технологии. 2024; 1: 28-43. doi: 10.25881/18110193_2024_1_28.

ERMAKOVA N.A.,

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia, e-mail: ermakova_na@rsmu.ru

GUSEV A.V.,

PhD, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics, Moscow, Russia,
e-mail: agusev@webiomed.ai

REBROVA O.YU.,

DSc, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia,
e-mail: rebrova_oyu@rsmu.ru

ERRORS IN REAL-WORLD DATA: A REVIEW

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_28

Abstract. *There is increasing interest in using big data of real clinical practice to develop artificial intelligence systems for diagnostic and predictive models of diseases and conditions. At the same time, the quality of this data is usually low due to errors during input, suboptimal architecture of information systems, lack of standardization, etc. The review examines criteria for the reliability of real-world data, the most common problems, and ways to eliminate them: assessing the compliance of the data set with the design of the model being developed, identifying, and removing duplicate records in data sets, handling missing values, detecting, and handling outliers, identifying and handling inconsistencies in data. We conclude that further development of methods for creating data sets based on real-world data is required in terms of improving their quality, can lead to lower quality of the created machine learning models for diagnosis and prognosis.*

Keywords: *Real-world data; data quality; missing values; contradictions; outliers; duplicate entries; electronic health record; artificial intelligence.*

For citation: *Ermakova N.A., Gusev A.V., Rebrova O.Yu. Errors in real-world data: a review. Medical doctor and information technology. 2024; 1: 28-43. doi: 10.25881/18110193_2024_1_28.*

ВЕДЕНИЕ

В последнее время возрастает интерес к системам поддержки принятия врачебных решений (СППВР), разработанным на данных реальной клинической практики (ДРКП, англ. real-world data, RWD). ДРКП определяют как данные о состоянии здоровья пациентов и/или об оказании медицинской помощи, полученные из различных источников вне рамок клинических исследований [1]. Различные источники ДРКП лежат в основе всех процессов и этапов получения доказательств – real-world evidence (RWE), которые трактуются Британской медицинской академией наук как доказательства, полученные на основе клинически значимых данных, собранных вне контекста рандомизированных контролируемых испытаний [2, 3].

Одним из основных источников ДРКП является электронная медицинская карта (ЭМК) [4]. ЭМК пациента хранит информацию обо всех случаях обращения пациента за медицинской помощью в пределах одной медицинской организации (МО). По классификации источников ДРКП ЭМК относится к вторичным источникам данных (первичным, в свою очередь, является проспективный сбор данных в условиях рутинного лечебно-диагностического процесса), то есть это данные, изначально собранные для других целей, без исходного фокуса на исследовательские аспекты [2, 5]. ГОСТ Р ИСО/ТС 18308-2008 «Информатизация здоровья. Требования к архитектуре электронного учета здоровья» предусматривает использование обезличенных записей из ЭМК в качестве источника данных для проведения научных и клинических исследований [6].

По объему ЭМК превосходят многие существующие источники данных, а повторное их использование может позволить снизить затраты, которые необходимы при проведении клинических исследований. Исследования, в которых используются ДРКП, не требуют набора пациентов, что является трудоемким дорогостоящим процессом, но позволяют получить представления о состоянии здоровья, результатах обследования и лечения различных групп населения, репрезентативных по отношению к общей популяции пациентов. Вторичное использование данных ЭМК является многообещающим шагом на пути к снижению затрат на исследования и

ускорению темпов развития отрасли здравоохранения [7].

Несмотря на некоторые преимущества исследований, основанных на ДРКП, такие как длительные периоды наблюдения, выявление отсроченных эффектов лечения, высокая внешняя валидность, использование ЭМК подвергается критике по ряду причин: наличие большого объема неструктурированной информации, пропуски в данных и некачественное заполнение ЭМК, повторное использование ранее введенной информации, включая подстановку уже введенной информации из других документов или разделов медицинской информационной системы (МИС) в новый документ/раздел, отсутствие стандартизации при сборе ряда данных, низкая методологическая строгость таких исследований и другие [3, 4, 8].

Сведения, поступающие из ЭМК, образуют т.н. озера данных, которые впоследствии используют для формирования наборов данных для конкретного исследования. После сбора медицинских документов из различных МО для формирования базы данных из неструктурированной медицинской информации используются методы машинного обучения, в т.ч. Natural language processing (NLP).

Каждый этап процесса получения необходимого набора данных может сопровождаться появлением ошибок в данных [4]. Для того чтобы снизить риски появления ошибок, вызываемых указанными выше проблемами, и повысить доверие к ЭМК как к источнику данных для использования технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, необходимо обеспечить не только централизованный сбор данных и их хранение, но и автоматизированный контроль качества данных, поступающих в базу данных и отбираемых для построения моделей.

1. Проблема качества данных реальной клинической практики

Во всем мире отмечают, что из-за различий в приоритетах между клиническими и исследовательскими задачами, ДРКП не регистрируются с той же тщательностью, что и данные клинических исследований. Именно поэтому некоторые исследователи являются противниками вторичного использования данных ЭМК в качестве ДРКП. Такие опасения существуют с тех пор, как

впервые были разработаны ЭМК, и до настоящего времени нет единого мнения о том, что же такое «качество данных» в их контексте [7, 9].

Проблемы с качеством ДРКП являются следствием многих факторов: высокая рабочая нагрузка на медицинских работников, не прямой сбор данных, дезинформация от пациентов, небрежность документирования [10, 11]. Помимо социальных факторов в литературе отмечаются также технические (связанные с конструкцией информационной системы и с автоматизированным извлечением данных из структурированной и неструктурированной медицинской информации) и организационные (связанные со сбоями в рабочем процессе, недостаточной компьютерной грамотностью персонала, ротацией персонала), что также непреднамеренно способствует сбору некачественных данных о состоянии здоровья пациентов, особенно с точки зрения их полноты, непротиворечивости и правдоподобия [12, 13]. Несмотря на то, что с развитием МИС записи по большей части стали фиксироваться с использованием форм и шаблонов, тем не менее разработчики МИС обычно оставляют свободные поля для ввода дополнительной (непредусмотренной заранее и, соответственно, не формализованной) клинической информации, которые часто (в силу удобства ввода) используются для внесения основной информации вместо заполнения многих необязательных формализованных полей.

Было проведено несколько исследований, в которых подчеркивается ведущая роль оценки качества данных и повышения качества информации, особенно в медицинской области. Для оценки пригодности ЭМК в применении к исследованиям различные авторы предлагают свои критерии качества данных. Основными из них являются полнота, которая определяет

степень регистрации всех необходимых данных, точность, которая характеризует корректность собранных реальных данных, согласованность и своевременность данных [14, 15].

При рассмотрении общих вопросов работы с ДРКП Li Cai, Yangyong Zhu [16] предложили стандарт качества больших данных. Их концепция заключается в том, что стандарт качества данных состоит из 5 интегральных показателей: доступность, удобство использования, надежность, актуальность и качество представления. Основные критерии качества данных по мнению этих авторов представлены в таблице 1.

Зарубежные исследователи по-разному оценивают качество ДРКП в зависимости от клинической направленности или используемых МИС МО. Так, например, полнота колеблется от 1,1% до 100%, а точность данных от 44% до 100% [7].

В исследованиях вопросов качества ДРКП в литературе низкое качество связывают с появлением таких ошибок, как пропущенные значения, орфографические ошибки, использование синонимов и омонимов, некорректное значение и др. Перечень ошибок, описанных в различных источниках, представлен в таблице 2 [8, 16, 17].

В работе М.В. Ионова и соавт. [18] по внедрению СППВР для повышения качества медицинских данных пациентов с артериальной гипертензией авторы исследовали ошибки, возникающие при ведении ЭМК, связанные с неполнотой или несогласованностью информации в данных об осложнениях, обусловленных артериальной гипертензией за период 2010–2015 гг. Всего было идентифицировано девять видов ошибок, которые были связаны с отсутствием сведений о каких-либо назначениях, наличием опечаток, появлением заключений без лабораторного подтверждения, отсутствием диагноза при наличии лабораторного подтверждения и др.

Таблица 1 — Критерии надежности данных [16]

Критерий	Комментарий
Точность	Для определения точности значения оно сравнивается с известным эталоном
Согласованность	Определяется полнотой и корректностью логической связи между скоррелированными данными
Целостность	Данные имеют полную структуру, а значения данных стандартизованы в соответствии с моделью данных и типом данных
Полнота	Значения всех компонентов одного элемента данных являются действительными (нет отсутствующих значений в определенном компоненте)

Таблица 2 — Перечень ошибок, выявленных при обзоре литературы

Вид ошибки	Пример
Отсутствующие значения	Незаполненный атрибут (например, пол пациента)
Неверные значения	Атрибут содержит значение, которое не является правильным
Нарушение уникальности	Два (или более) кортежа имеют одинаковое значение в атрибуте, содержащем уникальные значения
Противоречивые значения	Несогласованность значений атрибута в одном или разных источниках (например, в разных документах врачи могли указать противоречивые характеры заболевания – острый и хронический)
Неоднородность единиц измерения	Использование различных единиц измерения в связанных атрибутах как внутри одного источника данных, так и в различных источниках данных (например, в разных источниках данных представление температуры в шкалах Цельсий/Фаренгейт)
Неоднородность представления	Использование разных наборов значений для кодирования одного и того же свойства реального мира внутри одного источника данных или в разных источниках данных (например, в одном источнике пол может быть представлен значениями 1 и 2, а в другом источнике – значениями М и F)
Наличие омонимов	Использование синтаксически одинаковых значений с разными лексическими значениями среди связанных атрибутов из нескольких источников данных (например, вентиляция имеет по крайней мере два разных лексических значения, одно относится к биологическому явлению дыхания, а другое относится к потоку воздуха в окружающей среде)

Накопление большого объема данных затрудняет ручную обработку, в том числе и в области очистки данных и формирования наборов для исследований. Наличие ошибок приводит к использованию некорректной информации или использованию меньшего количества признаков при построении моделей из-за неполноты данных или их недостаточной детализации, и вследствие отсутствия необходимой подготовки данных исследуемая выборка может сократиться в несколько раз. Противоречия в информации из разных источников вызывает недоверие к этим источникам, сомнения и трудности при их выборе [16, 17].

Ряд авторов указывают на необходимость проектирования автоматизированных платформ, интегрирующих в себе возможности реализации всех процессов управления данными. В функции системы управления данными должно входить: (1) автоматическое обнаружение отсутствующих значений, (2) обнаружение и удаление выбросов, (3) обнаружение сходства, т.е. идентификации повторяющихся полей и сильно коррелированных распределений, (4) идентификация атрибутов и группировка данных [19,

20]. Автоматизированное обнаружение ошибок поможет снизить время аналитиков данных на подготовку необходимых для исследования наборов данных и повысит качество доказательств, получаемых на основе этих данных.

2. Подходы к работе с ошибками в данных

Методы, применяемые для обнаружения и обработки ошибок, зависят от типов данных и типа ошибки. Наиболее часто встречающимися проблемами считаются несоответствие набора данных дизайну модели, дублирующие записи данных, пропущенные значения, нереалистичные значения параметров, несогласованность данных [7, 8, 15, 19].

2.1. Соответствие набора данных дизайну модели

При разработке моделей машинного обучения важно исключить возможность предвзятой интерпретации результатов и добиться максимальной их объективности. С точки зрения подготовки набора данных ключевой момент состоит в проспективном планировании сбора данных, идентификации соответствующей базы

данных, минимизации систематических ошибок. Видами систематических ошибок (ограничениями обсервационных исследований) являются:

(1) систематическая ошибка отбора (связанная с наличием различий в исходных характеристиках групп сравнения),

(2) систематическая ошибка информации (связанная с погрешностью определения исхода или воздействия, приводящая к неправильному разбиению на группы),

(3) систематическая ошибка времени (связанная с установлением неверной последовательности событий),

(4) систематическая ошибка наблюдателя (когда интересующее событие с меньшей или большей вероятностью будет зафиксировано в одной группе, чем в другой) [21].

Чтобы снизить риск систематических ошибок, необходимо выявить и надлежащим образом учесть возможные искажающие факторы с помощью стратегий сопоставления или корректировки. Основным шагом в таком случае является подготовка подробного плана извлечения данных из базы данных, точное определение исследуемой популяции и подгрупп, которые представляют интерес [20, 22].

Разработку моделей машинного обучения на ДРКП относят к наблюдательным исследованиям [20]. При проведении высококачественных наблюдательных исследований цели и план анализа должны быть заранее определены. И хотя наблюдательные исследования часто используют ретроспективно собранные данные, они также должны планироваться. Это помогает обеспечить включение всех потенциально значимых переменных, которые необходимы для характеристики пациентов [20–22].

Наблюдательные исследования, в свою очередь, могут быть поперечными (одномоментными) и продольными (динамическими – про- и ретроспективными). Для наблюдательных исследований важным фактором является время, в которое оцениваются результаты, и период сбора данных. Указанный период сбора данных должен быть ограничен определенным интервалом времени в зависимости от решаемой задачи. В первом случае, который обычно применим в отношении разработки моделей для диагностики, происходит однократное измерение показателей и определение связи между ними.

В случае продольных исследований проводится сравнение показателей, полученных за определенный период времени до наступления целевого события [23, 24].

2.2. Выявление и удаление дублирующих записей в наборах данных

При сборе данных из разных источников в одно хранилище объем данных растет, но при этом возрастает вероятность дублирования информации. Дублирование снижает качество результата интеллектуального анализа данных и делает его менее достоверным [25, 26].

Причиной большого количества дубликатов в ДРКП является тот факт, что для каждого случая обращения за медицинской помощью вносится своя запись, например, пациенту с диабетом при каждом посещении будет вноситься запись о его диабете. При этом, если в рамках одного медицинского учреждения при формировании набора данных можно сопоставить уникальные идентификаторы пациентов, то при работе с хранилищем данных, собранных из разных учреждений, идентификаторы одного и того же пациента могут отличаться или отсутствовать вовсе [26, 27].

В таком случае аналитики прибегают к обнаружению дубликатов на основе правил, например, предлагая для различных наборов данных сопоставление всех наблюдений по набору признаков, которые в своей совокупности являются наиболее уникальными для объекта [26, 28]. В одном из исследований авторы считали процент повторяющихся записей для разных учреждений по совпадению ФИО и даты рождения пациентов. При этом совпадение имени и фамилии колебалось от 16,49% до 40,66% записей, а при включении даты рождения показатели снизились до диапазона от 0,16% до 15,47% [28].

В вопросе обнаружения повторяющихся записей, как и практически в любом вопросе подготовки и анализа данных, есть две проблемы, которые следует учитывать: точность и скорость. При этом исследователи делают важный акцент не только на обнаружении дубликатов, но и на их устранении в том понимании, что для грамотной предварительной обработки данных необходим осмысленный выбор повторяющегося наблюдения, который будет сохранен при исключении оставшихся. Критериями в пользу

выбора наблюдения выступают полнота данных в одном наблюдении и качество этих данных [26].

2.3. Обработка пропущенных значений

Наличие пропусков в наборе данных приводит к ограничению доступных методов интеллектуального анализа. Несмотря на существование небольшого количества алгоритмов машинного обучения, таких как деревья решений, нейронные сети, которые могут принимать на вход данные с пропусками, создавать полные наборы данных нужно, чтобы расширять количество возможных для применения алгоритмов машинного обучения и сравнивать их точность.

Проблема отсутствующих значений при предварительной подготовке данных обычно решается с помощью двух подходов: удаление объектов при наличии пропуска хотя бы в одном признаке; заполнение пропусков с помощью значений, полученных на основе исходного набора данных [29–31]. Сами методы обработки отсутствующих данных должны удовлетворять трем правилам: они не должны изменять распределений признаков; при применении методов связь между признаками должна быть сохранена; методы не должны быть слишком сложными в вычислительном отношении [29, 30].

Еще в 1976 году Дональд Рубин формализовал классификацию отсутствующих данных, выделив три категории [29]:

1. Отсутствующие полностью случайно (missing completely at random; MCAR);
2. Отсутствующие частично случайно (missing at random; MAR);
3. Отсутствующие неслучайно (not missing at random; NMAR).

С тех пор считается, что в процессе обработки первых двух категорий вероятность пропуска в данных определяется на основе информации, содержащейся в наборе данных, поэтому удаление пропусков не приводит к значительному искажению. Третья категория предполагает, что пропуски появляются в зависимости от других факторов, не представленных в наборе данных, поэтому их удаление может вызвать значительное искажение [29, 30].

В применении к анализу ДРКП, подход, связанный с удалением наблюдений с пропусками

(методы «complete case analysis» и «pairwise deletion»), хоть и является наиболее распространенным, однако приводит к потере статистической мощности и возникновению систематической ошибки, связанной с тем, что пациенты, у которых отсутствует какая-либо информация, могут значительно и систематически отличаться от пациентов, имеющих более полную информацию о состоянии их здоровья (например, пациенты с более тяжелыми заболеваниями чаще обследуются у врачей и, соответственно, имеют меньше отсутствующих данных) [32–35]. Другой подход обработки пропусков (заполнение на основе имеющихся данных) включает в себя алгоритмы одиночной импутации (single imputation) и множественной импутации (multiple imputation). Такие методы позволяют исследователям избежать потери информации, но и они также могут не давать необходимой точности [31, 36–38].

Одиночная замена пропущенных значений представляет собой замену, основанную на оценке истинного значения наблюдаемой переменной. Основным недостатком методов одиночной импутации является то, что значение, которым заменяется пропуск, рассматривается как известное и не всегда отражает изменчивость выборки в рамках модели данных. В зависимости от задачи применяются следующие методы: замена средним, замена модой, замена медианой, замена последним наблюдением (last observation carried forward, LOCF), метод горячей колоды [29, 30, 40].

Методы заполнения средним, модой или медианой заключаются в заполнении любых пропущенных значений соответствующей мерой центральной тенденции для непропущенных значений по признаку. Предполагается, что меры центральной тенденции переменной являются наилучшей оценкой для наблюдения с пропуском, но, несмотря на простоту, при наличии большого количества пропусков эта стратегия может сильно исказить распределение переменной [39–41]. Есть две основных вариации данного метода: заполнение общей по выборке мерой центральной тенденции или заполнение значениями, рассчитанными для каждого из прогнозируемых классов. Первый является более консервативным и предпочтительным [42].

Другим методом одиночной импутации является метод LOCF в динамических исследованиях с многократным наблюдением, в основе которого лежит подстановка последнего наблюдаемого значения вместо пропуска. Чаще всего метод применяется при анализе данных рандомизированных контролируемых испытаний, например, при разработке лекарственных препаратов, или при анализе временных рядов. Основной недостатком метода заключается в предположении о неизменности наблюдения, что зачастую является нереалистичным [41, 43, 44].

Еще один подход, используемый для замены пропусков, – это метод горячей колоды (Hot-Deck). Метод был разработан в бюро переписи населения США и применялся для восстановления пропусков в данных, собранных путем анкетирования [41]. Основная идея метода – заполнение отсутствующих значений признака в наблюдении значением другого признака полного наблюдения, при условии минимального расстояния между наблюдениями, мера которого выбирается исходя из задачи [41, 45].

Методы множественной импутации (MI) основаны на обработке данных путем последовательных итераций и направлены на учет неопределенности в отношении отсутствующих данных. В основе этой группы методов лежит создание нескольких различных наборов данных с заполненными пропусками и последующее объединение результатов [36, 46, 47]. Одним из примеров, который часто применяется при анализе наборов ДРКП, является метод множественной импутации с использованием цепных уравнений (multiple imputation by chained equations, MICE) [46, 48, 49]. В процедуре MICE последовательно запускаются регрессионные модели, где каждая переменная с пропусками моделируется в зависимости от других переменных. Таким образом, переменные могут быть смоделированы в соответствии с их распределением (бинарные переменные смоделированы с использованием логистической регрессии, а непрерывные переменные смоделированы с использованием линейной регрессии) [50, 51].

При выборе стратегии заполнения пропусков важно определиться с методом, учитывая количество пропусков в данных. В работе [42] авторы рекомендуют опираться на следующее правило: если доля наблюдений, в которых

отсутствует какая-либо переменная, меньше 0,03, то допустимо использование анализа полных наблюдений или для непрерывных переменных – заполнение пропусков медианой, а для категориальных переменных – модой, если же доля наблюдений с пропусками больше 0,03, то рекомендуется применять методы множественной импутации.

Отсутствие данных является проблемой практически в любых исследованиях медицинской сферы, однако этот вопрос изучается лишь в небольшом количестве публикаций. Burton A. и Altman D.G. в своей работе показывают, что лишь в 10 из 100 исследований сравнивают характеристики или исходы между случаями с полными или неполными данными. Авторы также демонстрируют, что наиболее популярным методом в медицине является анализ полных случаев, что связано с простотой его применения и доступностью в любых программах для статистического анализа данных, при этом большинство статей не содержит упоминаний о методах обработки отсутствующих данных [52]. Это подтверждают и другие более поздние исследования, в которых хоть и фиксируется рост количества статей, где при анализе данных применяются методы заполнения (чаще всего – заполнение средним, очень редко – методы множественной импутации), анализ полных случаев все равно используется чаще [53]. При этом методы заполнения пропусков применяются вне зависимости от количества пропусков или от механизмов их возникновения, что с позиции современной статистики считается ошибочным.

2.4. Обнаружение и обработка выпадающих значений

В настоящее время принято различать две категории выпадающих количественных данных [54]:

1. Выбросы, которые с точки зрения биологии имеют место в исключительных условиях;
2. Экстремальные (нереалистичные) значения, которые являются точно ошибочными и не могут существовать с точки зрения биологии.

В случае категориальных признаков в наборах ДРКП нереалистичными обычно являются значения, которые не предусмотрены в соответствующем справочнике, поэтому для обнаружения несоответствий достаточно организовать

проверку на наличие значения в справочнике. Вместе с этим возможно применение более сложных методов, способных воспроизводить данные и вычислять оценку аномальности категориального значения, например, метод k -ближайших соседей, моделей на основе машинного обучения и др. [55–57].

а. Метод обнаружения выбросов и нереалистичных значений на основе пороговых значений

Из существующих методов наиболее широко используемый подход в оценке качества для непрерывных данных заключается в обнаружении выбросов и нереалистичных чисел с использованием заранее определенных пороговых значений. Знания, относящиеся к конкретной предметной области, могут быть использованы для обнаружения ошибок в данных, которые невозможно идентифицировать с помощью статистического анализа [45].

Для построения правил производится экспертная оценка интервалов и составляются таблицы знаний. В таблицах знаний хранятся минимальные и максимальные значения признаков, допустимых с точки зрения решаемой задачи. Это позволяет при использовании метода разделить задачу обнаружения нереалистичных значений и задачу обнаружения выбросов. В комбинации с одномерными или многомерными статистическими методами метод пороговых значений применяется в компьютерных системах безопасности, для обнаружения повреждений в крупных строительных объектах, а также в медицине при анализе лабораторных параметров и электрофизиологических сигналов [45, 58–60].

б. Одномерные статистические методы обнаружения выпадающих значений

Помимо экспертной оценки пороговых значений для определения неправдоподобных значений и выбросов используются методы одномерной статистики. К группе методов одномерной статистики относят Z -оценку, Метод Тьюки, определение пороговых значений с помощью процентилей, фильтр Хампеля, а также статистические тесты Граббса, Диксона (Q -критерий), Рознера и др. [61–64].

Одномерные статистические методы позволяют обнаружить ошибки в отдельных

признаках. Стандартная или z -оценка применяется в случае, если исследуемый признак имеет нормальное распределение. Смысл стандартной оценки состоит в том, что она показывает, на сколько стандартных отклонений определенное значение выборки больше или меньше среднего. Выбросами считаются значения, выходящие за установленный порог (обычно 3 стандартных отклонения) [64, 65]. Поскольку большинство данных реального мира, и в частности медицинских данных, не характеризуются нормальным распределением, то рекомендуют применять другие одномерные методы, например, фильтр Хампеля, который описывает выпадающие значения, как значения, выходящие за интервал плюс-минус 3 медианы абсолютных отклонений (median absolute deviation, MAD), или метод, предложенный американским математиком Джоном Тьюки, основанный на расчете межквартильного размаха (межквартильного диапазона) [54, 65–67].

Критерии Граббса и Диксона применимы для проверки крайних элементов упорядоченной по возрастанию выборки, распределение которой соответствует нормальному. Статистика теста Граббса определяется как наибольшая абсолютная величина отклонения от среднего значения выборки в единицах стандартного отклонения выборки. Q -критерий предложен Уилфридом Диксоном и оценивает отнесение значения к выпадающему путем расчета абсолютной разницы между предполагаемым выпадающим значением (крайним значением) и ближайшим к нему значением. Если рассчитанное значение статистики Граббса или Диксона превышает табличное, то значение считается выпадающим [64, 68]. Несмотря на ограничение в применимости метод Диксона используется в медицинских исследованиях в настоящее время и некоторыми исследователями считается предпочтительным по отношению к другим стандартным одномерным методам для решения ряда задач в области лабораторных и генетических исследований [69–71].

в. Многомерные статистические методы для обнаружения выпадающих значений

В последнее время развиваются и применяются для выявления выпадающих значений в наборах ДРКП многомерные статистические

методы и методы машинного обучения [72–74]. В машинном обучении существует два основных подхода: обучение с учителем (контролируемое обучение) и обучение без учителя (неконтролируемое обучение). И хотя неконтролируемое обучение характеризуется меньшей точностью, в применении к обнаружению выпадающих значений обычно придерживаются второго подхода, в связи с отсутствием размеченных для обучения с учителем данных.

Из существующих многомерных алгоритмов для выявления ошибок используют:

1. Методы на основе близости и плотности (метод k -ближайших соседей, локальный коэффициент выбросов);
2. Линейные методы (метод главных компонент, метод опорных векторов одного класса);
3. Вероятностные модели (обнаружение выбросов на основе копулы, обнаружение выбросов на основе угла);
4. Изолирующий лес;
5. Нейронные сети.

В 1998 г. Knorr E.M. и Ng R.T. предложили метод определения выбросов на основе расстояния [75], который был позднее расширен за счет использования расстояния к k -ближайшим соседям, чтобы ранжировать выбросы [76]. В моделях, основанных на расстоянии, основная гипотеза состоит в том, что неправдоподобные наблюдения достаточно редко встречаются, что при выполнении кластерного анализа на большом наборе данных делает их разреженными, а значит и детектируемыми. Так, например, в исследовании [73] применение алгоритма к данным, извлеченным из ЭМК, показывает высокую чувствительность и специфичность и меньшее число ложноположительных результатов.

Еще один метод кластеризации для обнаружения выбросов в многомерных данных, в основе которого лежит мера плотности, был предложен в 2000 г. Breunig M.M с соавторами. Локальный коэффициент выбросов (local outlier factor, LOF) – это подход, при котором вычисляется отклонение локальной плотности данной точки данных по отношению к ее соседям. Авторы утверждают, что LOF является первой концепцией, которая количественно определяет, насколько удален объект [77]. Чем выше значение, тем более вероятно, что точка является выпадающей.

В медицинской литературе данный подход применяли для автоматического обнаружения артефактов ЭЭГ сигналов [78], аномалий на ЭКГ сигналах [79], а также при анализе генетических полиморфизмов [80].

Некоторые авторы [80–82] в своих задачах используют робастный метод главных компонент, который предложили в 2005 г. Hubert et al. [83, 84]. Метод предполагает, что при вложении исходных данных в подпространство более низкой размерности, выбросами будут являться точки, которые естественным образом не соответствуют модели, то есть ведут себя иначе, чем другие [85, 86].

Опираясь на размышления о том, что существующие методы детекции выбросов оптимизированы для профилирования нормальных экземпляров данных и, как следствие, вызывают много ложных срабатываний, в 2008 г. Zhi-Hua Zhou и коллеги описали новый алгоритм – изолирующий лес [87]. Изолирующий лес является частью семейства алгоритмов деревьев решений. Алгоритм заключается в построении ансамблей деревьев для заданного набора данных на основе случайно выбранных функций для разделения данных. Модель изолирует ошибочные экземпляры исходя из двух их количественных свойств: ошибочных экземпляров мало, ошибочные экземпляры сильно отличаются от нормальных. На первом этапе построения каждого дерева формируется однородная выборка из данных. Затем случайным образом выбирается точка разделения, и выборка делится. Эти шаги повторяются до тех пор, пока не достигается заданное ограничение на высоту деревьев (количество разбиений), либо пока не останется одна точка (или несколько точек с одинаковым значением). После построения ансамбля деревьев для каждой точки данных вычисляется оценка ошибки на основании этого ансамбля.

Характерной особенностью представленных выше алгоритмов является их ограниченная интерпретируемость, а увеличение размерности данных ведет к увеличению вычислительной сложности. Описанные проблемы попытались решить Z. Li, Y. Zhao, N. Botta, C. Ionescu and X. Hu, предложив в 2020 г. новый подход – алгоритм обнаружения выбросов на основе копулы (copula based outlier detector, COPOD) [88], и таким образом впервые применив теорию

копул, которая ранее использовалась в задачах финансовой аналитики и эконометрики для детекции ошибок. В основе расчета лежит непараметрический подход подбора эмпирических кумулятивных функций распределения (empirical cumulative distribution function, ECDF) – эмпирических копул. В медицинской литературе применение метода описано в качестве алгоритма сравнения для задачи выявления ухудшения состояния здоровья пациентов при дистанционном мониторинге [89].

Глубокое обучение также применимо к решению задачи на поиск выпадающих значений [53, 90, 91]. При рассмотрении методов глубокого обучения в контексте задачи обнаружения выпадающих значений предлагается следующая классификация подходов [91]:

1. Deep learning for feature extraction (глубокое обучение для извлечения признаков) – сокращает признаковое пространство с последующим решением задачи классификации на новых данных с помощью классических методов обнаружения ошибок;
2. Learning feature representation of normality (обучение особенностям представления нормальности) – не разделяет два процесса, а сочетает обучение с оценкой ошибочности экземпляра данных;
3. End-to-end anomaly score learning (сквозное обучение оценке аномальности) – напрямую изучает показатели аномальности.

На данный момент обнаружение выбросов с помощью нейронных сетей в медицине нашло применение в задаче классификации медицинских изображений, где определяются аномальные паттерны изображения, характеризующих патологию [60, 92].

д. Сравнение методов обнаружения выпадающих значений

Каждый из рассмотренных методов имеет свои особенности и ограничения. Для статистических методов, основанных на близости и плотности, определяющим фактором является размерность и количество данных, которые напрямую влияют на скорость вычислений. Общим ограничением для этих методов является также возможность использования в основном количественных или категориальных порядковых данных. Многие одномерные статистические

методы имеют ограничения, связанные с характером распределения анализируемых данных [54, 64, 73].

В линейных моделях критическим является предположение о линейных корреляциях, что может быть неверным для конкретных наборов данных и может сказаться на эффективности моделирования [85]. Нейронные сети применимы при наличии большого набора обучающих данных, однако их основным недостатком в большинстве случаев является невозможность объяснить полученные результаты (неинтерпретируемость), в отличие от использования пороговых значений. С другой стороны, формирование набора пороговых значений для всех признаков ЭМК требует больших временных затрат.

Применение методов машинного обучения к ДРКП позволяет учесть демографические и антропометрические характеристики (возраст, пол, расу, этническую принадлежность, рост и вес), но точность конкретной модели машинного обучения сильно зависит от исследуемых данных. Ряд методов показывает высокую точность на одних выборках и плохо работает в применении к другим [85].

Самым важным ограничением в применимости статистических методов является невозможность объяснять полученные выводы, а также разделять задачу обнаружения выбросов и задачу обнаружения нереалистичных значений, что вызывает трудности при дальнейшей обработке.

е. Обработка выпадающих значений

В литературе описано около 20 методов работы с выбросами и нереалистичными значениями. Широко распространенной является позиция, что выбросы представляют собой наблюдения, которые должны быть удалены путем исключения всего наблюдения либо исправлены. В таком случае обработка выбросов обычно сводится к проблеме заполнения пропусков. Но указанные подходы не всегда являются корректными, поэтому в настоящее время исключать выбросы из исследования не рекомендуется [93, 94].

В случае неправдоподобных значений наиболее предпочтительный в настоящее время подход к анализу данных описан в работе [93].

Предлагается анализировать данные дважды: вместе с выпадающими значениями и без них. Если полученные результаты устойчивы к выпадающим значениям (различаются незначительно), то взять первый результат. Если различаются – привести и прокомментировать и тот, и другой. Такой подход называется анализом чувствительности.

2.5. Выявление и обработка несогласованности в данных

В вопросах выявления несогласованности данных внутри одного документа и между разными документами, из которых извлекаются ДРКП, исследователи сходятся на способе, основанном на правилах [31, 95, 96], который заключается в формировании базы знаний на основе различных подходов инженерии знаний (интервьюирование экспертов, приобретение знаний с помощью вычислительных методов) и

использовании этой базы знаний при подготовке наборов данных для отбрасывания нарушающих логику значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, вопросы выявления и обработки ошибок в ДРКП широко рассматриваются в литературе, а предложенные методы применяются в различных задачах в области медицины. Несмотря на наличие методологических разработок в части создания и использования наборов данных, основанных на ДРКП, для исследований и разработок, включая создания СППВР и систем искусственного интеллекта [97, 98, 99], требуется дальнейшее развитие этих методик в части повышения качества создаваемых наборов, так как наличие ошибок в них может приводить к снижению качества создаваемых моделей машинного обучения для диагностики и прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Гольдина Т.А., Колбин А.С., Белоусов Д.Ю., Боровская В.Г. Обзор исследований реальной клинической практики // Качественная Клиническая Практика. – 2021. – №1. – С.56-63. [Goldina TA, Kolbin AS, Belousov DYU, Borovskaya VG. Review of real-world data study. Kachestvennaya Klinicheskaya Praktika. 2021; 1: 56-63. (In Russ.)] doi: 10.37489/2588-0519-2021-1-56-63.
2. Солодовников А.Г., Сорокина Е.Ю., Гольдина Т.А. Данные рутинной практики (real-world data): от планирования к анализу // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2020. – Т.41 – №3. – С.9-16. [Solodovnikov AG, Sorokina EYu, Goldina TA. Real-world data: from planning to analysis. Medical Technologies. Assessment and Choice. 2020; 41(3): 9-16. (In Russ.)] doi: 10.17116/medtech2020410319.
3. Maissenhaelter BE, Woolmore AL, Schlag PM. Real-world evidence research based on big data: Motivation-challenges-success factors. Onkologe (Berl). 2018; 24(S2): 91-98. doi: 10.1007/s00761-018-0358-3.
4. Гусев А.В., Зингерман Б.В., Тюфилин Д.С., Зинченко В.В. Электронные медицинские карты как источник данных реальной клинической практики // Реальная клиническая практика: данные и доказательство. – 2022. – Т.2 – №2. – С.8-20. [Gusev AV, Zingerman BV, Tyufilin DS, Zinchenko VV. Electronic medical records as a source of real-world clinical data. Real-World Data & Evidence. 2022; 2(2): 8-20. (In Russ.)] doi: 10.37489/2782-3784-myrd-13.
5. Гольдина Т.А., Суворов Н.И. Исследования рутинной клинической практики: от получения данных к оценке медицинских технологий и принятию решений в здравоохранении // Медицинские технологии. Оценка и выбор. – 2018. – Т.31 – №1. – С.21-29. [Goldina TA, Suvorov NI. Real-World Data Studies: from Data to Health Technology Assessment and Decision-Making in Healthcare. Medical Technologies. Assessment and Choice. 2018; 1(31): 21-29. (In Russ.)] doi: 10.37489/2782-3784-myrd-13.
6. Григорьев С.Г., Лобзин Ю.В., Скрипченко Н.В. Роль и место логистической регрессии и ROC-анализа в решении медицинских диагностических задач // Журнал инфектологии. – 2016. – Т.8 – №4. – С.36-45. [Grigoryev SG, Lobzin YuV, Skripchenko NV. The role and place of logistic regression and ROC analysis in solving medical diagnostic task. Jurnal infektologii. 2016; 4(8): 36-45. (In Russ.)] doi: 10.22625/2072-6732-2016-8-4-36-45.
7. Weiskopf NG, Weng C. Methods and dimensions of electronic health record data quality assessment: enabling reuse for clinical research. J Am Med Inform Assoc. 2013; 20(1): 144-151. doi: 10.1136/amiajnl-2011-000681.
8. Cruz-Correia RJ, Rodrigues PP, Freitas A, et al. Data quality and integration issues in electronic health records. In book: Information Discovery on Electronic Health Records. Chapter: 4. Publisher: CRC PressEditors: Hristidis, Vagelis. 2009. P.55-95. doi: 10.1201/9781420090413-c4.

9. van der Lei J. Use and abuse of computer-stored medical records. *Methods Inf Med.* 1991; 30(2): 79-80.
10. Mikkelsen G, Aasly J. Consequences of impaired data quality on information retrieval in electronic patient records. *Int J Med Inform.* 2005; 74(5): 387-394. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2004.11.001.
11. Roukema J, Los RK, Bleeker SE, et al. Paper versus computer: feasibility of an electronic medical record in general pediatrics. *Pediatrics.* 2006; 117(1): 15-21. doi: 10.1542/peds.2004-2741.
12. Kaboli PJ, McClimon BJ, Hoth AB, Barnett MJ. Assessing the accuracy of computerized medication histories. *Am J Manag Care.* 2004; 10(11 Pt 2): 872-877.
13. Wallace CJ, Stansfield D, Gibb Ellis KA, Clemmer TP. Implementation of an electronic logbook for intensive care units. *Proc AMIA Symp.* 2002: 840-844.
14. Botsis T, Hartvigsen G, Chen F, Weng C. Secondary Use of EHR: Data Quality Issues and Informatics Opportunities. *Summit Transl Bioinform.* 2010; 2010: 1-5.
15. Wyatt JC, Liu JL. Basic concepts in medical informatics. *J Epidemiol Community Health.* 2002; 56(11): 808-812. doi: 10.1136/jech.56.11.808.
16. Cai L, Zhu Y. The Challenges of Data Quality and Data Quality. Assessment in the Big Data Era. *Data Science Journal.* 2015; 14(2): 1-10. doi: 10.5334/dsj-2015-002.
17. von Lucadou M, Ganslandt T, Prokosch HU, Toddenroth D. Feasibility analysis of conducting observational studies with the electronic health record. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2019; 19(1): 202. doi: 10.1186/s12911-019-0939-0.
18. Ионов М.В., Болгова Е.В., Звартау Н.Э. и др. Внедрение системы поддержки принятия решений для повышения качества медицинских данных пациентов с артериальной гипертензией // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2022. – Т.22 – №1. – С.217-222. [Ionov MV, Bolgova EV, Zvartau NE, et al. Implementation of a clinical decision support system to improve the medical data quality for hypertensive patients. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics.* 2022; 22(1): 217-222 (In Russ.)] doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-1-217-222.
19. Pezoulas VC, Kourou KD, Kalatzis F, et al. Medical data quality assessment: On the development of an automated framework for medical data curation. *Comput Biol Med.* 2019; 107: 270-283. doi: 10.1016/j.compbiomed.2019.03.001.
20. Roche N, Reddel H, Martin R, et al. Quality standards for real-world research. Focus on observational database studies of comparative effectiveness. *Ann Am Thorac Soc.* 2014; 11(S2): S99-S104. doi: 10.1513/AnnalsATS.201309-300RM.
21. Collins R, MacMahon S. Reliable assessment of the effects of treatment on mortality and major morbidity. I: clinical trials. *Lancet.* 2001; 357(9253): 373-380. doi: 10.1016/S0140-6736(00)03651-5.
22. Takahashi Y, Nishida Y, Asai S. Utilization of health care databases for pharmacoepidemiology. *Eur J Clin Pharmacol.* 2012; 68(2): 123-129. doi: 10.1007/s00228-011-1088-2.
23. Han K, Song K, Choi BW. How to Develop, Validate, and Compare Clinical Prediction Models Involving Radiological Parameters: Study Design and Statistical Methods. *Korean J Radiol.* 2016; 17(3): 339-350. doi: 10.3348/kjr.2016.17.3.339.
24. Lee YH, Bang H, Kim DJ. How to Establish Clinical Prediction Models. *Endocrinol Metab (Seoul).* 2016; 31(1): 38-44. doi: 10.3803/EnM.2016.31.1.38.
25. Rahm E, Do H. Data Cleaning: Problems and Current Approaches. *IEEE Data Eng. Bull.* 2000; 23: 3-13.
26. Tamilselvi J, Gifta C. Handling Duplicate Data in Data Warehouse for Data Mining. *International Journal of Computer Applications.* 2011; 15.
27. Kristianson KJ, Ljunggren H, Gustafsson LL. Data extraction from a semi-structured electronic medical record system for outpatients: a model to facilitate the access and use of data for quality control and research. *Health Informatics J.* 2009; 15(4): 305-319. doi: 10.1177/1460458209345889.
28. McCoy AB, Wright A, Kahn MG, et al. Matching identifiers in electronic health records: implications for duplicate records and patient safety. *BMJ Qual Saf.* 2013; 22(3): 219-224. doi: 10.1136/bmjqs-2012-001419.
29. Little RJA, Rubin DB. *Statistical analysis with missing data.* John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 2002: 41-93. doi: 10.1002/9781119013563.fmatter.
30. Liu P, El-Darzi E, Lei L, et al. An analysis of missing data treatment methods and their application to health care dataset. In *Advanced Data Mining and Applications: First International Conference, ADMA.* Wuhan, China, July 22-24, 2005. *Proceedings* 1: 583-590.
31. Wang Z, Talburt JR, Wu N, et al. A Rule-Based Data Quality Assessment System for Electronic Health Record Data. *Appl Clin Inform.* 2020; 11(4): 622-634. doi: 10.1055/s-0040-1715567.
32. van der Heijden GJ, Donders AR, Stijnen T, Moons KG. Imputation of missing values is superior to complete case analysis and the missing-indicator method in multivariable diagnostic research: a clinical example. *J Clin Epidemiol.* 2006; 59(10): 1102-1109. doi: 10.1016/j.jclinepi.2006.01.015.

33. Liu W, Ding J. A novel complete-case analysis to determine statistical significance between treatments in an intention-to-treat population of randomized clinical trials involving missing data. *Stat Methods Med Res.* 2018; 27(4): 1067-1075. doi: 10.1177/0962280216651307.
34. Okpara C, Edokwe C, Ioannidis G, et al. The reporting and handling of missing data in longitudinal studies of older adults is suboptimal: a methodological survey of geriatric journals. *BMC Med Res Methodol.* 2022; 22(1): 122. doi: 10.1186/s12874-022-01605-w.
35. Wells BJ, Chagin KM, Nowacki AS, Kattan MW. Strategies for handling missing data in electronic health record derived data. *EGEMS (Wash DC).* 2013; 1(3): 1035. doi: 10.13063/2327-9214.1035.
36. Graham JW. Missing data analysis: making it work in the real world. *Annu Rev Psychol.* 2009; 60: 549-576. doi: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085530.
37. Li J, Yan XS, Chaudhary D, et al. Imputation of missing values for electronic health record laboratory data. *NPJ Digit Med.* 2021; 4(1): 147. doi: 10.1038/s41746-021-00518-0.
38. Schafer JL, Graham JW. Missing data: our view of the state of the art. *Psychol Methods.* 2002; 7(2): 147-177.
39. Рыженкова К.В. Методы восстановления пропуска данных при проведении статистических исследований // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2012. – №3. – С.127-133 [Ryzhenkova K. Data omission recovery methods in statistical research. *Intellect. Innovatsii. Investitsii.* 2012; 3: 127-133. (In Russ.)]
40. Zhang Z. Missing data imputation: focusing on single imputation. *Ann Transl Med.* 2016; 4(1): 9. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.12.38.
41. Nakai M, Ke W. Review of the methods for handling missing data in longitudinal data analysis. *International Journal of Mathematical Analysis.* 2011; 5(1): 1-13.
42. Harrell FE. Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis. Cham: Springer international publishing, 2015. 600 p.
43. Fitzmaurice GM, Laird NM, Ware JH. Applied longitudinal analysis. Hoboken. N.J.: Wiley-Interscience, 2004. 506 p.
44. Powney M, Williamson P, Kirkham J, Kolamunnage-Dona R. A review of the handling of missing longitudinal outcome data in clinical trials. *Trials.* 2014; 15: 237. doi: 10.1186/1745-6215-15-237.
45. Wang H, Belitskaya-Levy I, Wu F, et al. A statistical quality assessment method for longitudinal observations in electronic health record data with an application to the VA million veteran program. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2021; 21(1): 289. doi: 10.1186/s12911-021-01643-2.
46. Hegde H, Shimpi N, Panny A, et al. MICE vs PPCA: Missing data imputation in healthcare. *Informatics in medicine unlocked.* 2019; 17: 100275. doi: 10.1016/j.imu.2019.100275.
47. Sterne JA, White IR, Carlin JB, et al. Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research: potential and pitfalls. *BMJ.* 2009; 338: b2393. doi: 10.1136/bmj.b2393.
48. Brinton DL, Ford DW, Martin RH, et al. Missing data methods for intensive care unit SOFA scores in electronic health records studies: results from a Monte Carlo simulation. *J Comp Eff Res.* 2022; 11(1): 47-56. doi: 10.2217/cer-2021-0079.
49. Jerez JM, Molina I, García-Laencina PJ, et al. Missing data imputation using statistical and machine learning methods in a real breast cancer problem. *Artif Intell Med.* 2010; 50(2): 105-115. doi: 10.1016/j.artmed.2010.05.002.
50. Azur MJ, Stuart EA, Frangakis C, Leaf PJ. Multiple imputation by chained equations: what is it and how does it work? *Int J Methods Psychiatr Res.* 2011; 20(1): 40-49. doi: 10.1002/mpr.329.
51. Baneshi MR, Talei AR. Does the missing data imputation method affect the composition and performance of prognostic models? *Iran Red Crescent Med J.* 2012; 14(1): 31-36.
52. Burton A, Altman DG. Missing covariate data within cancer prognostic studies: a review of current reporting and proposed guidelines. *Br J Cancer.* 2004; 91(1): 4-8. doi: 10.1038/sj.bjc.6601907.
53. Zhao F, Zhang C, Dong N, et al. A Uniform Framework for Anomaly Detection in Deep Neural Networks. *Neural Process Lett.* 2022; 54: 3467-3488. doi: 10.1007/s11063-022-10776-y.
54. Aggarwal CC. An introduction to outlier analysis. In: *Outlier Analysis.* Springer, Cham. 2017: 1-34. doi: 10.1007/978-3-319-47578-3_1.
55. Ienco D, Pensa RG, Meo R. A Semisupervised Approach to the Detection and Characterization of Outliers in Categorical Data. *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst.* 2017; 28(5): 1017-1029. doi: 10.1109/TNNLS.2016.2526063.
56. Koufakou A, Ortiz E, Georgiopoulos M, et al. A Scalable and Efficient Outlier Detection Strategy for Categorical Data. 2007; 2: 210-217. doi: 10.1109/ICTAI.2007.125.
57. Suri NNRR, Murty MN, Athithan G. Detecting outliers in categorical data through rough clustering. *Nat Comput.* 2016; 15: 385-394. doi: 10.1007/s11047-015-9489-2.
58. Akande T, Kaur B, Dadkhah S, Ghorbani A. Threshold based Technique to Detect Anomalies using Log Files. *ICMLT 2022: 2022 7th International Conference on Machine Learning Technologies.* 2022: 191-198. doi: 10.1145/3529399.3529430.

59. Chen H, Zhang H, Liu C, et al. *J Neural Eng.* 2022; 19(5): 10.1088/1741-2552/ac954d. doi: 10.1088/1741-2552/ac954d.
60. Li X, Bagher-Ebadian H, Gardner S, et al. An uncertainty-aware deep learning architecture with outlier mitigation for prostate gland segmentation in radiotherapy treatment planning. *Med Phys.* 2023; 50(1): 311-322. doi: 10.1002/mp.15982.
61. Золотова Т.В., Волкова Д.А. Методы интеллектуальной обработки данных для коррекции атипичных значений котировок акций // *Статистика и экономика.* – 2022. – Т.19 – №2. – С.4-13. [Zolotova TV, Volkova DA. Intelligent Data Processing Methods for the Atypical Values Correction of Stock Quotes. *Statistics and Economics.* 2022; 2(19): 4-13. (In Russ.)] doi: 10.21686/2500-3925-2022-2-4-13.
62. Chandola V, Banerjee A, Kumar V. Anomaly detection: A Survey. *ACM Comput. Surv.* 2009; 41: 1-72. doi: 10.1145/1541880.1541882.
63. Grubbs FE. Sample criteria for testing outlying observations. *Ann. Math. Statist.* 21(1): 27-58. doi: 10.1214/aoms/1177729885.
64. ГОСТ Р ИСО 16269-4-2017 Статистические методы. Статистическое представление данных: Часть 4. Выявление и обработка выбросов (Система стандартов по информации, библиотечно-му и издательскому делу) [Электронный ресурс] // *Электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ.* Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/1200146680>. Ссылка действительна на 18.02.2024. [GOST R ISO 16269-4-2017 Statisticheskie metody. Statisticheskoe predstavlenie dannykh: Chast' 4. Vyavlenie i obrabotka vybrosov (Sistema standartov po informatsii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu) [Elektronnyi resurs]. *Elektron. fond pravovoi i normativ.-tekhn. inform.* [cited 18.02.2024] Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200146680>. (In Russ.)]
65. Tukey JW. *Exploratory data analysis.* Addison-Wesley publishing company. 1977. 716 p.
66. Hampel FR. The influence curve and its role in robust estimation // *Journal of the American statistical association.* 1974; 69(346): 383-393. doi: 10.2307/2285666.
67. Rousseeuw P, Hubert M. Robust statistics for outlier detection. *Wiley Interdisc. Rev.: Data Mining and Knowledge Discovery.* 2011; 1: 73-79. 10.1002/widm.2.
68. Кузнецов В.В., Ларин С.Л., Романенко С.В. Алгоритм обнаружения серии выбросов по критерию Диксона в инверсионной вольтамперометрии // *Аналитика и контроль.* – 2014. – Т.18 – №3. – С.310-315. [Kuznetsov VV, Romanenko SV, Larin SL. Detection algorithm of a series of releases by Dixon criterion in inversion voltammetry. *Analitika i kontrol`.* 2014; 3(18): 310-315. (In Russ.)]
69. Bansal V, Dorn C, Grunert M, et al. Outlier-based identification of copy number variations using targeted resequencing in a small cohort of patients with Tetralogy of Fallot. *PLoS One.* 2014; 9(1): e85375. doi: 10.1371/journal.pone.0085375.
70. Barkley D, Hatsis P, Glick J, et al. Dixon's Q-test and Student's t-test to assess analog internal standard response in nonregulated LC-MS/MS bioanalysis. *Bioanalysis.* 2020; 12(21): 1535-1543. doi: 10.4155/bio-2020-0207.
71. Marcks KL, Zhao Y, Motro M, Will LA. Cephalometric Variability Among Siblings: A Pilot Study. *Turk J Orthod.* 2022; 35(4): 239-247. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2022.21237.
72. Estiri H, Murphy SN. Semi-supervised encoding for outlier detection in clinical observation data. *Comput Methods Programs Biomed.* 2019; 181: 104830. doi: 10.1016/j.cmpb.2019.01.002.
73. Estiri H, Klann JG, Murphy SN. A clustering approach for detecting implausible observation values in electronic health records data. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2019; 19(1): 142. doi: 10.1186/s12911-019-0852-6.
74. Phan HTT, Borca F, Cable D, et al. Automated data cleaning of paediatric anthropometric data from longitudinal electronic health records: protocol and application to a large patient cohort. *Sci Rep.* 2020; 10(1): 10164. doi: 10.1038/s41598-020-66925-7.
75. Knorr EM, Ng R. Algorithms for mining distance-based outliers in large datasets. *VLDB '98: Proceedings of the 24rd International conference on very large data bases.* 1998; 392-403.
76. Ramaswamy S, Rastogi R, Shim K. Efficient algorithms for mining outliers from large data sets. *ACM SIGMOD Record: proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on management of data.* Dallas Texas: ACM. 2000; 29(2): 427-438. doi: 10.1145/335191.335437.
77. Breunig M, Kröger P, Ng R, Sander J. LOF: identifying density-based local outliers // *ACM SIGMOD Record: proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on management of data.* Dallas Texas: ACM. 2000; 29(2): 93-104. doi: 10.1145/335191.335388.
78. Kumaravel VP, Buiatti M, Parise E, Farella E. Adaptable and Robust EEG Bad Channel Detection Using Local Outlier Factor (LOF). *Sensors (Basel).* 2022; 22(19): 7314. doi: 10.3390/s22197314.
79. Karasmanoglou A, Antonakakis M, Zervakis M. ECG-Based Semi-Supervised Anomaly Detection for Early Detection and Monitoring of Epileptic Seizures. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(6): 5000. doi: 10.3390/ijerph20065000.

80. Fowler JW, Alpert BK, Joe YI, et al. A Robust Principal Component Analysis for Outlier Identification in Messy Microcalorimeter Data. *J Low Temp Phys.* 2019; 199(3-4): 10.1007/s10909-019-02248-w. doi: 10.1007/s10909-019-02248-w.
81. Ebrahimi S, Fleuret J, Klein M, et al. Robust Principal Component Thermography for Defect Detection in Composites. *Sensors (Basel).* 2021; 21(8): 2682. doi: 10.3390/s21082682.
82. Chen X, Zhang B, Wang T, et al. Robust principal component analysis for accurate outlier sample detection in RNA-Seq data. *BMC Bioinformatics.* 2020; 21(1): 269. doi: 10.1186/s12859-020-03608-0.
83. Hubert M, Rousseeuw P, Branden K. ROBPCA: A new approach to robust principal component analysis. *Technometrics.* 2005; 47: 64-79. doi: 10.1198/004017004000000563.
84. Hubert M, Rousseeuw P, Verdonck T. Robust PCA for skewed data and its outlier map. *Computational Statistics & Data Analysis.* 2009; 53: 2264-2274. doi: 10.1016/j.csda.2008.05.027.
85. Aggarwal CC. Linear models for outlier detection. In: *Outlier analysis.* Springer, Cham: Springer international publishing. 2017: 65-110. doi: 10.1007/978-3-319-47578-3_3.
86. Wold S, Esbensen K, Geladi P. Principal component analysis. *Chemometrics and intelligent laboratory systems.* 1987; 2(1-3): 37-52. doi: 10.1016/0169-7439(87)80084-9.
87. Liu FT, Ting KM, Zhou Z. Isolation forest. 2008 Eighth IEEE international conference on data mining. 2009: 413-422. doi: 10.1109/ICDM.2008.17.
88. Li Z, Zhao Y, Botta N, et al. COPOD: Copula-Based Outlier Detection. *International conference on data mining: 2020 IEEE International conference on data mining (ICDM), 2020:* 1118-1123. doi: 10.1109/ICDM50108.2020.00135.
89. Bijlani N, Nilforooshan R, Kouchaki S. An Unsupervised Data-Driven Anomaly Detection Approach for Adverse Health Conditions in People Living With Dementia: Cohort Study. *JMIR Aging.* 2022; 5(3): e38211. doi: 10.2196/38211.
90. Pang G, Shen C, Hengel A. Deep anomaly detection with deviation networks // *KDD '19: Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining.* 2019: 353-362. doi: 10.1145/3292500.3330871.
91. Pang G, Shen C, Cao L, Hengel A. Deep learning for anomaly detection: a review. *ACM Computing surveys.* 2021; 54(2): 1-38. doi: 10.1145/3439950.
92. Garcia JB, Tanadini-Lang S, Andratschke N, et al. Suspicious Skin Lesion Detection in Wide-Field Body Images using Deep Learning Outlier Detection. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2022; 2022: 2928-2932. doi: 10.1109/EMBC48229.2022.9871655.
93. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. – М.: МедиаСфера; 2006. [Rebrova OYu. Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA. Moscow: Media Sfera; 2006. (In Russ.)]
94. Aguinis H, Gottfredson RK, Joo H. Best-practice recommendations for defining, identifying, and handling outliers. *Organizational Research Methods.* 2013; 16(2): 270-301. doi: 10.1177/1094428112470848.
95. Brown PJ, Warmington V. Data quality probes-exploiting and improving the quality of electronic patient record data and patient care. *Int J Med Inform.* 2002; 68(1-3): 91-98. doi: 10.1016/s1386-5056(02)00068-0.
96. Carlson D, Wallace CJ, East TD, Morris AH. Verification & validation algorithms for data used in critical care decision support systems. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care.* 1995; 188-192.
97. Бобровская Т.М., Васильев Ю.А., Никитин Н.Ю., Арзамасов К.М. Подходы к формированию наборов данных в лучевой диагностике // *Врач и информационные технологии.* – 2023. – №4. – С.14-23. [Bobrovskaya TM, Vasil'ev YUA, Nikitin NYU, Arzamasov KM. Podhody k formirovaniyu naborov dannyh v luchevoj diagnostike. Vrach i informacionnye tekhnologii. 2023; 4: 14-23. (In Russ.)]
98. Васильев Ю.А., Бобровская Т.М., Арзамасов К.М. и др. Основополагающие принципы стандартизации и систематизации информации о наборах данных для машинного обучения в медицинской диагностике // *Менеджер здравоохранения.* – 2023. – №4. – С.28-41. [Vasil'ev YUA, Bobrovskaya TM, Arzamasov KM, et al. Osnovopolagayushchie principy standartizatsii i sistematsizatsii informatsii o naborah dannyh dlya mashinnogo obucheniya v medicinskoj diagnostike. Menedzher zdravoohraneniya. 2023; 4: 28-41. (In Russ.)]
99. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59921.5-2022 «Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Часть 5. Требования к структуре и порядку применения набора данных для обучения и тестирования алгоритмов». [Nacional'nyj standart RF GOST R 59921.5-2022 «Sistemy iskusstvennogo intellekta v klinicheskoy medicine. CHast' 5. Trebovaniya k strukture i poryadku primeneniya nabora dannyh dlya obucheniya i testirovaniya algoritmov». (In Russ.)]

КОБЯКОВА О.С.,

д.м.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, Москва, Россия,
e-mail: kobyakovaos@mednet.ru

ЕРЁМЧЕНКО О.А.,

ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, Москва, Россия; РАНХиГС при Президенте РФ, Москва, Россия,
e-mail: tatrices@mail.ru

КУРАКОВА Н.Г.,

д.б.н., ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России, Москва, Россия,
e-mail: idmz@mednet.ru

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗДРАВООХРАНЕНИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ ПАТЕНТНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ: 2000–2023 ГГ.

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_44

Аннотация. Всемирная организация здравоохранения фиксирует беспрецедентное увеличение глобальных расходов на здравоохранение с тенденцией дальнейшего роста до 2050 г. В качестве важного инструмента повышения эффективности этих расходов рассматриваются технологии искусственного интеллекта. Одним из источников информации, дающим представление о масштабах и интенсивности развернутых исследований, найденных решениях, их концепциях и глобальных технологических лидерах, является мировой портфель патентных документов. В данном исследовании был выполнен патентный анализ технологической области «Искусственный интеллект в здравоохранении», результаты которого позволили охарактеризовать направление как один из самых динамично развивающихся научных и технологических трендов последнего десятилетия. Показано, что ключевыми тематическими кластерами направления являются использование алгоритмов машинного обучения для создания прогнозных и диагностических моделей, а также разработки в области больших языковых моделей (LLM). Россия входит в топ-15 стран мира по патентной активности в направлении «Технологии языковых моделей в медицине», но сохраняет некоторое отставание от стран-лидеров по числу патентных семейств.

Ключевые слова: искусственный интеллект; большие языковые модели; здравоохранение; патентная активность; информационные технологии в медицине; машинное обучение.

Для цитирования: Кобякова О.С., Ерёмченко О.А., Куракова Н.Г. Технологии искусственного интеллекта в здравоохранении в глобальной патентной экосистеме: 2000–2023 гг. Врач и информационные технологии. 2024; 1: 44–59. doi: 10.25881/18110193_2024_1_44.

KOBYAKOVA O.S.,

DSc, Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia, e-mail: kobyakovaos@mednet.ru

YEREMCHENKO O.A.,

Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia, RANEPА, Moscow, Russia, e-mail: tatrix@mail.ru

KURAKOVA N.G.,

DSc, Central Research Institute of Organization and Informatization of Healthcare of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia, e-mail: idmz@mednet.ru

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN HEALTHCARE IN THE GLOBAL PATENT ECOSYSTEM: 2000–2023

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_44

Abstract. *The World Health Organization records an unprecedented increase in global health care spending with a trend of further growth until 2050. Artificial intelligence (AI) technologies are considered one of the key tools for increasing the efficiency of these expenses. One of the information sources that gives an idea of the scale and intensity of extensive research, the solutions found, their concepts and global technology leaders is the world portfolio of patent documents. In this study, a patent analysis of the technological field “Artificial Intelligence in Healthcare” was performed. The results of this analysis proved the research direction to be one of the most dynamically developing scientific and technological trends of the last decade. It has been shown that two key thematic clusters of this direction are the use of machine learning algorithms to create predictive and diagnostic models, and developments in the field of large language models (LLM). Russia is among the top 15 countries in the world in terms of patent activity in the direction of “Technology of language models in medicine,” but remains somewhat behind the leading countries in the number of patent families.*

Keywords: *artificial intelligence; large language models; healthcare; patent activity; information technology in medicine; machine learning.*

For citation: *Kobyakova O.S., Yeremchenko O.A., Kurakova N.G. Artificial intelligence technologies in healthcare in the global patent ecosystem: 2000–2023. Medical doctor and information technology. 2024; 1: 44–59. doi: 10.25881/18110193_2024_1_44.*

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным отчета Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опубликованного в 2022 г., общемировые расходы на здравоохранение в 2020 г. составили 9,0 трлн долл., что на 6,3% больше, чем в 2019 г. (8,5 трлн долл.). Объем глобальных расходов на здравоохранение в виде доли мирового ВВП достиг 10,8% в 2020 г., тогда как в 2019 г. этот показатель находился на уровне 9,8% [1]. Новый глобальный доклад ВОЗ указывает на беспрецедентный рост расходов на здравоохранение: в 2021 г. этот показатель достиг пикового значения в 9,8 трлн долл. [2].

По оценкам аналитической компании Statista, объем глобального рынка технологий искусственного интеллекта (ИИ) для здравоохранения в 2021 г. составил около 11 млрд долл., и к 2030 г. эта цифра вырастет до 188 млрд долл. [3]. Применение в здравоохранении систем на основе ИИ рассматривается как один из самых перспективных подходов к повышению эффективности использования ограниченных ресурсов, включая, в первую очередь, финансовое и кадровое обеспечение. Системы искусственного интеллекта (СИИ) могут применяться для решения широкого круга задач, таких как проведение предварительных консультаций, диагностика, [4], формирование рекомендаций пациентам по профилактике [5], лечению заболеваний [6] и оказанию первой помощи [7]. Наряду с клиническими задачами, СИИ могут быть эффективны в области управления здравоохранением, например, для прогнозирования событий и процессов [8]. Одной из наиболее востребованных технологий в клинической практике являются системы принятия поддержки врачебных решений (СППВР). Развитие отдельных направлений ИИ, таких как машинное обучение, большие языковые модели и других, в совокупности с ростом вычислительных мощностей позволили вывести подобные разработки на новый уровень.

Как свидетельствуют данные отчета Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) «WIPO Trends 2019», 12% общемирового числа изобретений, связанных с технологиями ИИ и его функциональными приложениями, приходится на науки о жизни и медицинские науки [9]. При этом из 20 проанализированных в докладе ВОИС областей техники с науками о жизни и медицинскими науками

связано максимальное число направлений применения технологий ИИ (11), тогда как на другие области приходится от 1 до 6 направлений. Наибольшее число патентных документов, включающих применение алгоритмов ИИ в здравоохранении, приходилось на биоинформатику, биоинженерию, биомеханику, поиск новых лекарств, генетику, медицинскую визуализацию, медицинскую информатику, нейронауки и нейроробототехнику, питание, мониторинг физиологических параметров, общественное здравоохранение.

Решения, связанные с имплементацией технологий ИИ в национальные системы здравоохранения, обладают огромным коммерческим потенциалом, их разработчики, как правило, не торопятся, а чаще, не имеют прав отражать эти решения в сегменте общедоступных научных публикаций, поскольку права интеллектуальной собственности принадлежат инвесторам. Поэтому одним из наиболее информативных источников информации, дающим представление о масштабах и интенсивности развернутых исследований, найденных решениях, их концепциях и глобальных технологических лидерах, является мировой портфель патентных документов, включающий как уже выданные патенты, так и заявки на патенты на изобретения.

В 2020 г. авторами настоящей статьи был выполнен наукометрический и патентный анализ технологической области «Искусственный интеллект в здравоохранении», результаты которого позволили охарактеризовать направление как один из самых динамично развивающихся научных и технологических трендов последнего десятилетия [10]. По прошествии трех лет представлялось важным проследить ключевые векторы развития этого тренда, что и явилось целью настоящего исследования. Для ее достижения было необходимо решить следующие исследовательские задачи:

- 1) выявить страны и компании, являющиеся глобальными технологическими лидерами направления;
- 2) определить новые тренды области техники «ИИ в здравоохранении» в ходе сопоставления данных за два временных промежутка: 2000–2019 гг. и 2020–2023 гг.;
- 3) проанализировать эволюцию и динамику развития так называемого генеративного

ИИ, в частности – больших языковых моделей (Large Language Models, LLM);

- 4) выполнить патентный обзор развития технологий ИИ в здравоохранении в России за период с 2020 по 2023 г.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ИССЛЕДОВАНИЯ

Информационную базу исследования сформировали документы, опубликованные всеми национальными патентными ведомствами мира за период 2000–2023 гг., отраженные в БД Orbit Intelligence. Этот информационный ресурс, созданный компанией Questel, представляет собой платформу, аккумулирующую более 55 млн патентных документов. FamPat – основная база Orbit Intelligence, содержит данные 95 патентных ведомств всех регионов мира, которые дополнены информацией из около 100 других баз данных. Помимо зарегистрированных патентов, а также документов от стадии заявки до регистрации, платформа Orbit Intelligence включает программное обеспечение для сбора данных об интеллектуальной собственности, предназначенное для патентных исследований и анализа.

Для сопоставимости данных о патентной активности в рассматриваемой области техники использовался поисковый образ, разработанный и примененный в исследовании, выполненном в 2020 г. [10], коррекции подвергся лишь период формирования патентного портфеля (до конца 2023 г.): *((medic+ or health+ or diseas+ or illness+ or (patient+ 10d (diagnos+ or treat+)) or wellness+ or (well-being)) and ((deep+ w learn+) or (machin+*

w learn+) or (artificial+ w intelligen+) or ((intelligen+ or smart+) d (robot+ or system+)) or (artificial+ w neur+ w network+) or (machin+ w intelligen+) or (hybrid+ w intelligen+ w system+) or (natural+ w languag+ w process+) or (general+ w intelligen+) or (computer+ w vision+) or (speech w process+) or (distribut+ w AI)))/ TI/AB/CLMS AND PD = 2000-01-01:2023-22-12.

Дополнительно отметим, что в соответствии с поисковыми алгоритмами Orbit Intelligence в рамках настоящего исследования объектом изучения будут выступать патентные семейства (патентные семьи) – совокупность всех патентов и патентных заявок в различных странах в отношении одного изобретения. Такой подход видится полностью оправданным, поскольку является более информативным, чем анализ национальных или региональных регистраций.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Глобальный патентный ландшафт

С использованием разработанного поискового образа по состоянию на 22.12.2023 г. было найдено суммарно 44 496 патентных семейств. Экспоненциальный рост объема запатентованных технических решений в области технологий ИИ в здравоохранении отображен на рисунке 1 (распределение патентных семейств по году публикации).

Выделить страны, внесшие наибольший вклад в развитие области техники «ИИ в здравоохранении», позволяет рисунок 2. Согласно представленным данным, к числу стран-технологических лидеров направления на сегодняшний день следует отнести Китай, США, Индию и Южную Корею.

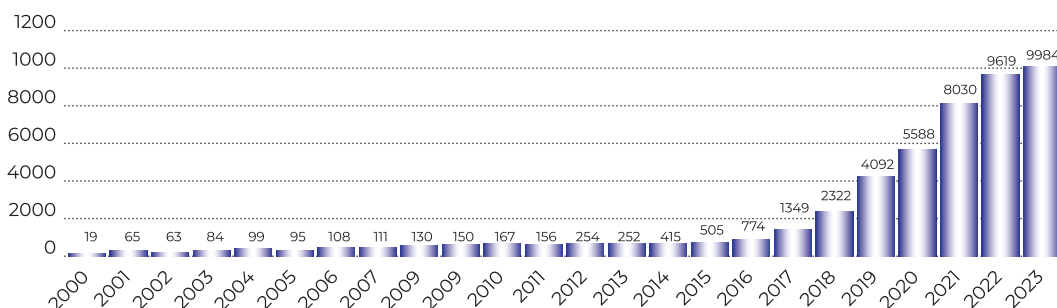


Рисунок 1 — Динамика патентной активности в мире по направлению «ИИ в здравоохранении», 2000–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

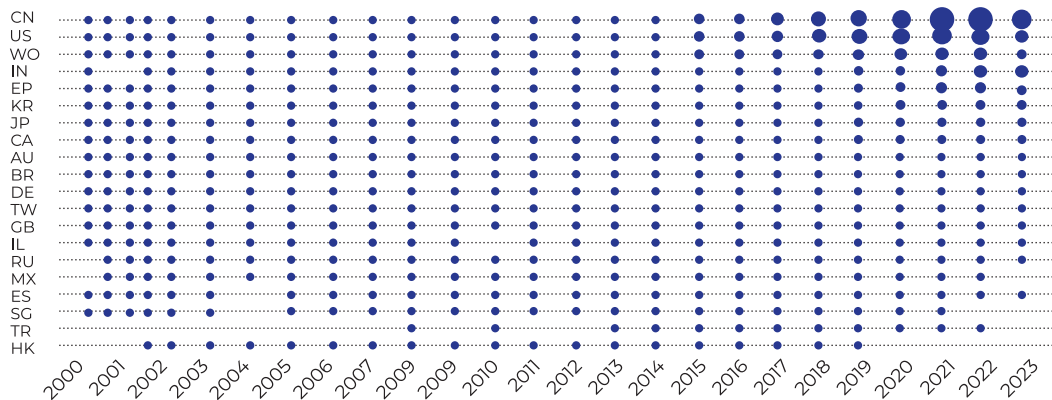


Рисунок 2 — Динамика патентования в топ-20 странах по направлению «ИИ в здравоохранении», 2000–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

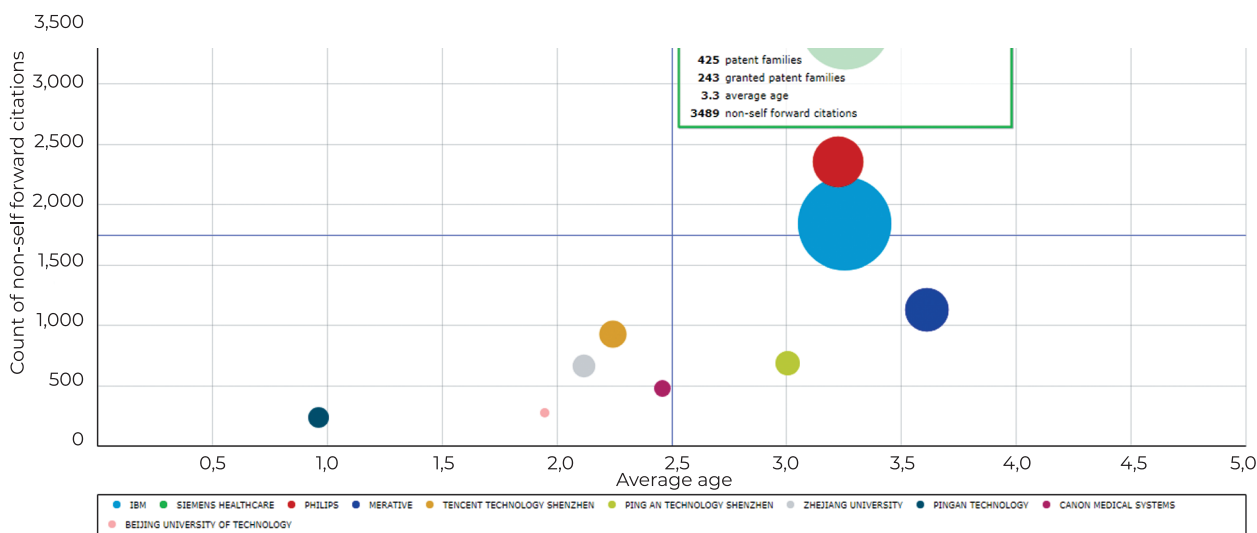


Рисунок 3 — Технологические лидеры направления «Технологии ИИ в здравоохранении», 2000–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

Аналитические инструменты Orbit Intelligence позволяют визуализировать распределение ведущих патентообладателей в виде матрицы с четырьмя квадратами, где по оси абсцисс отложен средний возраст действующих патентных семейств компании или организации, а по оси ординат – количество цитирований патентных семейств без учета самоцитирования. Каждая компания или организация представлена на матрице в виде шара, диаметр которого соответствует числу действующих патентных семейств. Такое распределение позволяет сопоставить основных патентообладателей и выделить тех

игроков рынка, которые обладают большим числом изобретений, поскольку ссылки на ранее опубликованные патенты со стороны других заявителей являются свидетельством востребованности технических решений и продолжением научно-технического поиска. Ведущей компанией, которая по совокупности показателей патентной активности идентифицирована аналитическими приложениями БД Orbit Intelligence как глобальный технологический лидер за весь рассматриваемый период (2000–2023 гг.), является Siemens Healthcare (зеленый шар в правом верхнем квадрате на рисунке 3). Патентные

семейства, принадлежащие Siemens Healthcare, получили максимальное число цитирований в патентных документах других заявителей (почти 3,5 тысяч ссылок), средний возраст патентных семейств составил лишь 3,3 года, что свидетельствует о потенциале удержания лидерства в течение ближайшего десятилетия.

Для анализа трендов в области разработки новых технических решений и применения технологий ИИ в здравоохранении были сопоставлены данные за два временных промежутка: 2000–2019 гг. и 2020–2023 гг.

Ведущие патентообладатели

Анализ топ-30 патентообладателей демонстрирует существенное обновление состава основных игроков на рынке технических решений в области ИИ, 13 из 30 ведущих патентообладателей отсутствовали в рейтинге 2000–2019 гг. При этом большая часть новых участников рейтинга

представляет академический сектор, а именно: частные и государственные индийские, китайские, корейские университеты и университетские фонды; за неполные четыре года они зарегистрировали десятки изобретений в области применения технологий ИИ в здравоохранении. Изменился и лидер рейтинга: с большим отрывом им стала китайская компания Pingan Technology, на порядок нарастившая активность в 2020–2023 гг. (557 патентных семейств в 2020–2023 гг. против 51 в 2000–2019 гг.).

В таблице 1 представлены ведущие патентообладатели мира в области применения технологий ИИ в здравоохранении за 2000–2019 и 2020–2023 гг. Оранжевым цветом выделены компании и организации – новые участники рейтинга, зеленым и красным шрифтом – патентообладатели, соответственно улучшившие и ухудшившие свои позиции в 2020–2023 гг. по сравнению с местом в рейтинге по итогам 2000–2019 гг.

Таблица 1 — Топ-30 патентообладателей мира по направлению «Технологии ИИ в здравоохранении» в 2000–2019 и 2020–2023 гг.

Ранг	2000–2019 гг.		2020–2023 гг.	
	Ведущие патентообладатели	Число патентных семейств	Ведущие патентообладатели/ изменение места в рейтинге по отношению к 2000-2019 гг.	Число патентных семейств
1	Siemens Healthcare	244	Pingan Technology / +8	557
2	IBM	199	Philips /+1	438
3	Philips	173	Siemens Healthcare / -2	425
4	Microsoft Technology Licensing	88	IBM / -2	354
5	Merative	79	Tencent Technology Shenzhen / +7	215
6	General Electric	77	Zhejiang University / +1	193
7	Zhejiang University	57	Beijing Baidu Netcom Science & Technology / +12	180
8	Samsung Electronics	56	Ping An Technology Shenzhen / Новый участник рейтинга	174
9	Pingan Technology	51	Merative / -4	165
10	Fujifilm	43	Fujifilm	133
11	Siemens Medical Solutions	43	Beijing University Of Technology / +8	127
12	Tencent Technology Shenzhen	42	Canon Medical Systems / Новый участник рейтинга	124
13	United Imaging Healthcare	38	Shenzhen Ping An Smart Healthcare Technology / Новый участник рейтинга	115
14	Hunan Vitar Technology	37	Ge Precision Healthcare / Новый участник рейтинга	102
15	Foshan Yunmi Electrical Technology	35	Samsung Electronics / +7	101
16	Google	33	University of Electronic Science & Technology Of China / +7	100

Таблица 1 — Топ-30 патентообладателей мира по направлению «Технологии ИИ в здравоохранении» в 2000–2019 и 2020–2023 гг. (продолжение)

Ранг	2000–2019 гг.		2020–2023 гг.	
	Ведущие патентообладатели	Число патентных семейств	Ведущие патентообладатели/ изменение места в рейтинге по отношению к 2000-2019 гг.	Число патентных семейств
17	Tsinghua University	33	Tsinghua University	95
18	Sun Yat Sen University	31	West China Hospital / Новый участник рейтинга	95
19	Beijing University of Technology	29	Chandigarh University / Новый участник рейтинга	92
20	South China University of Technology	29	Fudan University / +4	92
21	Cerner	28	LPU - Lovely Professional University / Новый участник рейтинга	92
22	Cochlear	26	General Electric / -16	84
23	University of Electronic Science & Technology of China	26	Kang Jian Information Technology / Новый участник рейтинга	82
24	Fudan University	25	Yonsei University Industry Academic Cooperation Foundation / Новый участник рейтинга	80
25	SGCC - State Grid Corporation of China	25	Sichuan University / Новый участник рейтинга	79
26	Siemens	25	Shanghai Jiao Tong University / Новый участник рейтинга	78
27	3m Innovative Properties	24	Beihang University of Aeronautics & Astronautics / Новый участник рейтинга	73
28	HeartFlow	24	Harbin Institute of Technology / Новый участник рейтинга	73
29	Ping An Medical & Healthcare Management	24	Microsoft Technology Licensing / -25	73
30	Regents of The University of California	24	Shenzhen Ping An Medical & Health Technology Service / -1	73

Источник: составлено по данным Orbit Intelligence на 20.12.2023 г.

Технологические лидеры направления

Сравнение числа, среднего возраста и показателей цитирования патентных семейств направления «Технологии ИИ в здравоохранении» в 2000–2019 и 2020–2023 гг. выявило, что борьба за лидерство в этой нише нарастает и в нее включаются все новые игроки рынка. На рисунке 4 представлено распределение топ-10 компаний-лидеров направления «Технологии ИИ в здравоохранении» за период с 2000 по 2019 гг.

Обладателем самого объемного портфеля выданных патентных семейств (granted patent families) в 2000–2019 гг. являлась немецкая компания Siemens Healthcare (198 семейств). На долю этих патентов пришлось и максимальное число цитирований (4852 ссылки). Несколько

меньше цитирований получили патентные семейства компании Microsoft Technology Licensing (4661 ссылки на 83 изобретения), однако их средний возраст составляет 10,8 лет, что почти в два раза больше, чем у других патентообладателей. Это дает основание предположить, что Microsoft Technology Licensing сворачивает активность разработок в данном направлении несмотря на высокий уровень предложенных ранее технических решений. Еще одна компания, находящаяся в правом верхнем квадрате – Philips, имеет высокие показатели по всем трем критериям сравнения (122 выданных патентных семейства, 6,7 – средний возраст патентных семейств, 3623 – число ссылок без учета самцитирования) и, вероятно, останется в числе

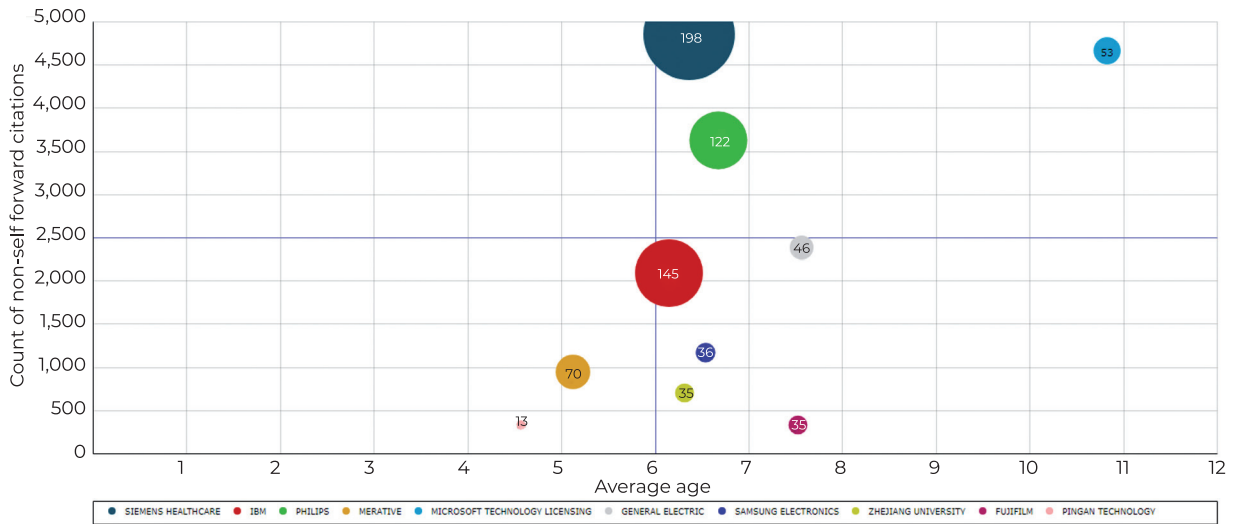


Рисунок 4 — Технологические лидеры направления «Технологии ИИ в здравоохранении», 2000–2019 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

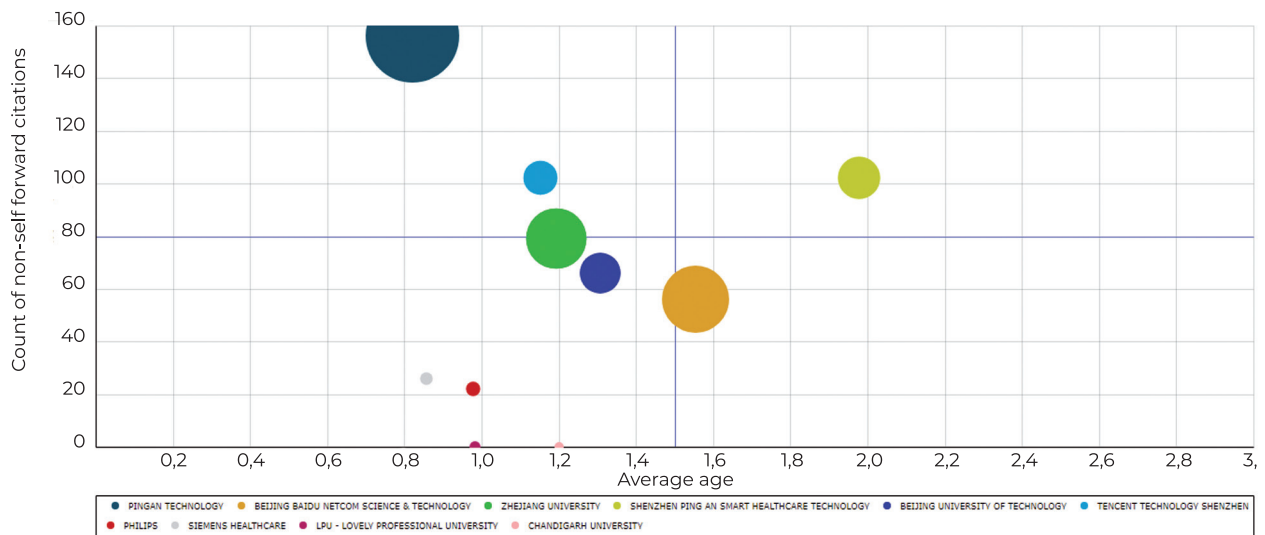


Рисунок 5 — Технологические лидеры направления «Технологии ИИ в здравоохранении», 2020–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

лидеров по меньшей мере в кратко- и среднесрочной перспективе.

Распределение ведущих патентообладателей за 2020–2023 гг. представлено на рисунке 5. Следует отметить, что ограничения Orbit Intelligence не позволяют использовать одинаковые цвета шаров для одной и той же компании или организации на разных диаграммах, поэтому на рисунках 3–5 одна и та же компания может отображаться разными цветами.

Для второго анализируемого временного промежутка (2020–2023 гг.) средний возраст патентных семейств компаний существенно ниже, поддерживается более 95% полученных патентов, поэтому этот параметр не является информативным в анализе и обобщении результатов сравнения. Абсолютным лидером по двум другим параметрам – уровню цитирования и объему патентной семьи, является китайская компания Pingan Technology, на ее патентные документы

уже приходится 156 ссылок со стороны других заявителей. По 102 ссылки получили Tencent Technology Shenzhen и Shenzhen Ping An Smart Healthcare Technology, на третьем месте Zhejiang University с 79 ссылками от других заявителей.

Ключевые направления развития технологий ИИ в здравоохранении

На рисунке 6 представлена визуализация ключевых технологий и подходов патентных документов в области применения технологий ИИ в здравоохранении. Распределение патентных документов свидетельствует о высокой перспективности машинного обучения, при этом четко обозначился переход от традиционного машинного обучения с активным участием человека в отборе исходных данных для построения моделей к глубокому машинному обучению (deep learning model) с минимальным участием человека и использованием нейросетей. Необходимо подчеркнуть, что алгоритм Orbit Intelligence может отнести патентную семью одновременно к нескольким технологиям и подходам, поэтому доли отдельных секторов на круговых диаграммах не дают в сумме 100%.

Более детальный анализ удельных долей ключевых технологий и подходов выявил, что в 2000–2019 гг. в 63,8% от общего количества патентных семейств были использованы алгоритмы машинного обучения, 52,2% обеспечивали охраной изобретения, основанные на обучающих, валидационных или тестовых наборах данных. На третьем месте по удельной доле в 2000–2019 гг. находился кластер семейств, предлагавших использование ИИ для диагностики различных патологических состояний (40,1%), однако в 2020–2023 гг. именно это направление вышло на первое место по объему патентного портфеля, и на него пришлось уже 63,5% от общего числа патентных семейств во втором анализируемом периоде. На втором и третьем местах по охватам в 2020–2023 гг. оказались глубокое машинное обучение и наборы данных (47,3 и 40,4% соответственно).

Приведем также топ-3 патентных семейства, опубликованных в течение последних четырех лет (2020–2023 гг.) и получивших максимальное число цитирований. Все пять патентных семейств принадлежат высокотехнологичным

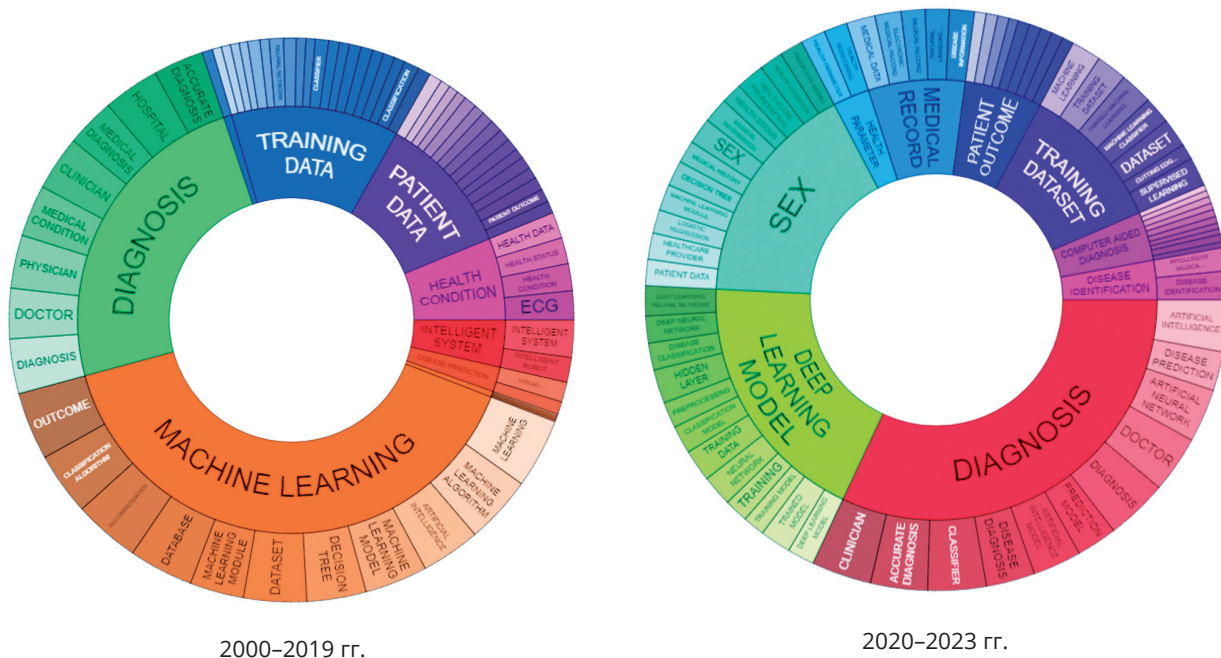


Рисунок 6 — Ключевые технологии и подходы патентных документов направления «Технологии ИИ в здравоохранении», 2000–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

компаниям США, специализирующимся на создании ИТ-решений и продуктов, в том числе в области здравоохранения:

- US11705226 (165 ссылок) – Системы и методы исследования и лечения рака, основанные на данных (Data based cancer research and treatment systems and methods), патентообладателем является биотехнологическая компания Tempus Labs;
- EP3920791 (144 ссылки) – Объединение нескольких функций данных количественных ЭКГ для оценки уровня седации, независимо от лекарств, с использованием машинного обучения (Combining multiple qeeg features to estimate drug-independent sedation level using machine learning), патентообладателем является медицинская компания Masimo Corporation;
- US20210104173 (134 ссылки) – Персонализированная система коучинга по здоровью (Personalized health coaching system), патентообладателем является компания Cercacor, которая является поставщиком технологий для лечебных учреждений по всему миру под лицензией Masimo Rainbow SET.

Сопоставление основных векторов развития технологий ИИ в здравоохранении за два анализируемых периода (2000–2019 гг. и 2020–2023 гг.) позволило выявить 2 ключевых направления патентной активности:

- 1) использование алгоритмов машинного обучения для создания прогнозных и диагностических моделей;
- 2) разработки в области больших языковых моделей (LLM).

Патентная активность в области машинного обучения для создания прогнозных и диагностических моделей

Для патентного анализа этого направления в базе данных Orbit Intelligence был сформирован поисковый запрос ((*machine learning*)/*ti/ab/obj/adb/iclm* and (*predicative model+*) or (*prediction model+*) or (*diagnosis model+*) or (*diagnostic model+*))/*ti/ab/obj/adb/iclm*), по которому по состоянию на 06.02.2024 г. суммарно было найдено 11008 патентных семейств. Следует отметить, что при незначительном изменении запроса, а именно – при использовании слов «прогнозный/диагностический» и «модель» в виде отдельных

терминов, а не устойчивых словосочетаний, число патентных семейств, соответствующих запросу, составило около 45 тысяч документов, то есть порознь эти слова встречаются в названии, аннотации, описании и формуле изобретения почти всех патентных семейств в области технологий ИИ в здравоохранении.

Анализ результатов основных поисковых запросов по двум запросам показал, что в целом они повторяют итоги патентного исследования, проведенного по более общему поисковому образу. Основные отличия вышеизложенных итогов от результатов с использованием словосочетаний «прогностическая модель» и «диагностическая модель» состоят в незначительном изменении рейтинга ведущих патентообладателей, а также более выраженном росте темпов наращивания патентной активности в области машинного обучения для создания прогнозных и диагностических моделей по сравнению с динамикой патентования технологии ИИ в здравоохранении в целом.

Патентная активность в области технологических языковых моделей в медицине

Инвестиции и научные исследования в области больших языковых моделей (LLM) являются относительно новым, но самым быстрорастущим направлением ИИ. Согласно CB Insights, по итогам 2023 г. 48% всех глобальных инвестиций в ИИ пришлось на развитие технологий LLM. Для сравнения: в 2022 г. на это направление пришлось лишь 8% мировых инвестиций [11]. Приложения на основе LLM в здравоохранении находят самое широкое применение от цифровых ассистентов для врачей и пациентов, клинических исследований до цифровой трансформации образовательных процессов и поддержки принятия решений в сфере здравоохранения [12].

Поиск по ключевому термину (поисковый запрос: *large and language and models*)/*bi/sa/keyw/in/pa*) по состоянию на 28.12.2023 г. в Orbit Intelligence обнаружил 15323 патентных семейства, из которых более 75% являются действующими. Вместе с тем, поскольку в этих результатах значительное число патентов относится к энергетике, химии и иным областям, не связанным с медициной, для идентификации изобретений в области медицины и здравоохранения

поисковый запрос был дополнительно усечен по ключевым словам «*medic**» и «*health**». Так как в профессиональной литературе встречается также термин «большие модели», итоговый поисковый запрос приобрел следующий вид: *((language and models)/ti/ab/obj/adb/iclm and (medic+ or health+)/ti/ab/obj/adb/iclm)*. В результате по состоянию на 29.12.2023 г. было найдено 1446 патентных семейств, включая 1168 (или 80%) действующих патентных семейств. Распределение по первому году публикации за период с 2000 по 2023 гг. представлено на рисунке 7.

Анализ странового распределения патентования по направлению «Технологии языковых моделей в медицине» за 2000–2023 гг. иллюстрирует наращивание патентной активности во всех юрисдикциях. Лидерами по патентной активности являются Китай, США и страны Европейского союза.

Ключевыми подклассами Международной патентной классификации (МПК), которым соответствуют изобретения в области технологий языковых моделей в медицине, являются:

- G06F – Обработка цифровых данных с помощью электрических устройств (609 патентных семейств);
- G16H – Информация о здравоохранении, то есть информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), специально предназначенные для манипулирования медицинскими данными или обработки медицинских данных, или данных о здравоохранении (449 патентных семейств);

- G06N – Компьютерные устройства, основанные на специфических вычислительных моделях (360 патентных семейств);
- G06Q – ИКТ, специально предназначенные для административных, коммерческих, финансовых, управленческих или надзорных целей; системы или способы, специально предназначенные для административных, коммерческих, финансовых, управленческих или надзорных целей, не предусмотренные в других подклассах (184 патентных семейства);
- A61K – Лекарства и медикаменты для терапевтических, стоматологических или гигиенических целей (способы и устройства, специально предназначенные для придания лекарственным препаратам определенной физической или иной, удобной для употребления формы (156 патентных семейств) (рисунок 8).

На рисунке 9 отображено распределение ключевых технологий и подходов по анализируемому направлению. Поскольку, как было указано выше, одно и то же патентное семейство может быть отнесено одновременно к нескольким технологиям, а размер сектора не соответствует числу патентных семейств, приведем данные о числе патентных семейств ключевых технологий: гендерные различия (985 патентных семейств), тренинг/обучение (947), клиническая практика (845), машинное обучение (757), здравоохранение (624), электронные медицинские записи (512), болезнь Паркинсона (475), информационный массив (398), модель BERT (270).

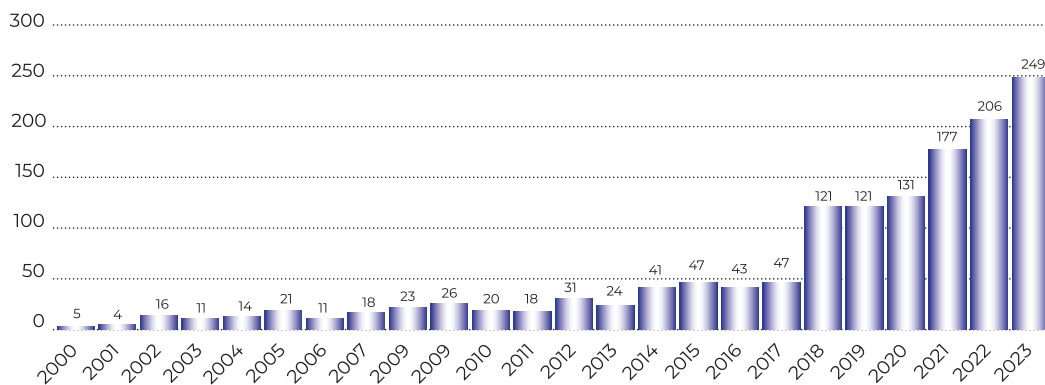


Рисунок 7 — Динамика патентной активности в мире по направлению «Технологии языковых моделей в медицине», 2000–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 29.12.2023 г.

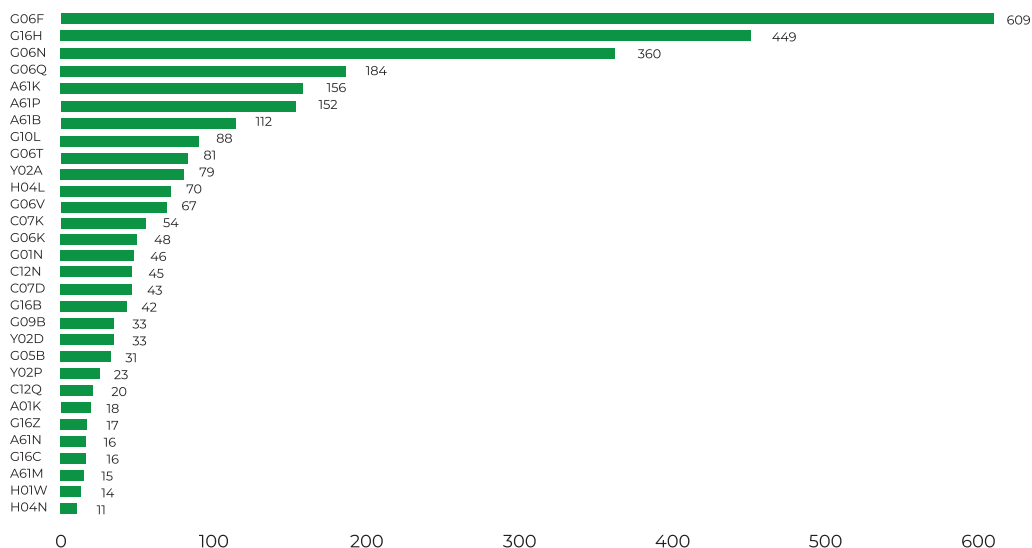


Рисунок 8 — Ключевые подклассы МПК по направлению «Технологии языковых моделей в медицине», 2000–2023 г. Источник: Orbit Intelligence, данные на 29.12.2023 г.



Рисунок 9 — Ключевые технологии и подходы патентных документов по направлению «Технологии языковых моделей в медицине», 2000–2023 г. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

Распределение массива найденных патентных семейств по странам публикации показало, что Россия входит в топ-15 стран по направлению «Технологии языковых моделей в медицине» с показателем в 45 патентных семейств (рисунок 10).

Патентный ландшафт России

Усечение результатов первого этапа исследования по стране публикации позволило

выполнить анализ отечественного патентного ландшафта по направлению «Технологии ИИ в здравоохранении». Согласно данным Orbit Intelligence, за 2020–2023 гг. в Российской Федерации опубликовано 265 патентных семейств, 107 из которых имеют приоритет России (рисунок 11).

На первом месте среди стран, имеющих приоритет на изобретения, получивших охрану на территории нашей страны, находятся США, на

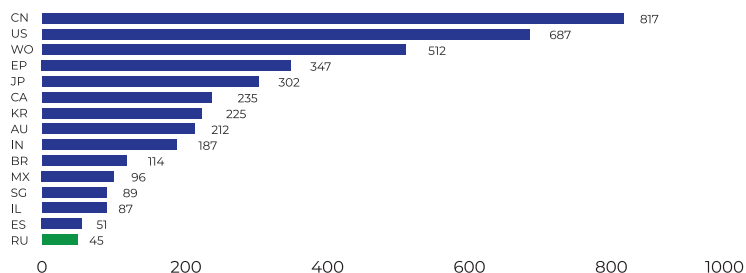


Рисунок 10 — Топ-15 стран по направлению «Технологии языковых моделей в медицине», 2000–2023 гг. (распределение по стране публикации)
Источник: Orbit Intelligence, данные на 29.12.2023 г.

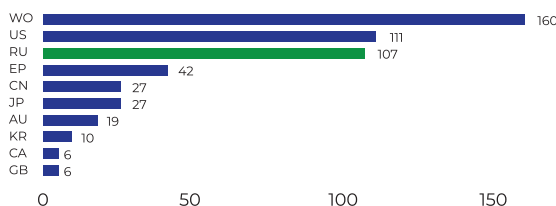


Рисунок 11 — Распределение патентных семейств направления «Технологии ИИ в здравоохранении», опубликованных в России в 2020–2023 гг., по стране приоритета
Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

них приходится 111 патентных семейств. В российском рынке медицинских изобретений, использующих технологии ИИ, также заинтересованы компании стран Европейского союза, Китая, Японии, Австралии, Южной Кореи, Канады и Великобритании.

Лидирующую позицию по числу патентных семейств, получивших охрану на территории России в 2020–2023 гг., с большим отрывом и показателем в 30 патентных семейств занимает компания Philips (штаб-квартира компании зарегистрирована в Нидерландах). На второй позиции рейтинга – шведская Elekta (6 патентных семейств), на третьей строке с показателем в 5 патентных семейств – российская компания по разработке программного обеспечения в области здравоохранения ООО «К-Скай». В таблице 2 представлены патентообладатели трех и более патентных семейств, получивших патентную охрану на территории России по направлению «Технологии ИИ в здравоохранении» в 2020–2023 гг.

Распределение запатентованных в России технических решений по концепциям демонстрирует совпадение с глобальными трендами разработок в анализируемой области, а именно – активное использование технологий машинного

обучения и баз данных для диагностики различных патологических состояний (рисунок 12).

Из 107 патентных семейств, имеющих приоритет России, 15 вышли за пределы российской юрисдикции, получив патентную охрану в странах ЕС, США Китае и других государств (рисунок 13).

Отдельного внимания, на наш взгляд, заслуживает перечень правообладателей патентных семейств направления «Технологии ИИ в здравоохранении», опубликованных в 2020–2023 гг. и имеющих приоритет России. В таблице 3 представлен перечень компаний и организаций, найденных в БД Orbit Intelligence по этому запросу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В совместном докладе Всемирного экономического форума и консалтинговой компании ZC 2024 г., посвященном изменениям оказания медицинской помощи в условиях внедрения генеративного искусственного интеллекта [13], подчеркивается широкий круг задач, которые могут помочь решить технологии ИИ: от распространения достоверной медицинской информации до обеспечения пациентов необходимым уровнем ухода и помощи при конкретных заболеваниях.

Таблица 2 — Топ-9 патентообладателей патентных семейств, получивших патентную охрану на территории России по направлению «Технологии ИИ в здравоохранении», 2020–2023 гг.

№	Патентообладатель	Число патентных семейств
1	Philips	30
2	Elekta	6
3	К-Скай	5
4	Illumina	4
5	Интеллоджик	4
6	Samsung Electronics	4
7	Кардио Маркер	3
8	Microsoft Technology Licensing	3
9	СберМедИИ	3

Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

Artificial intelligence (53) | Assessment (28) | Bluetooth (38) | Camera (28) | Classification (44) | Computing device (34) | Correlation (36) | Data processing (30) | Database (46) | Dataset (27) | Diagnosis (41) | Imaging (27) | Likelihood (33) | Machine learning (78) | Machine learning algorithm (36) | Machine learning model (29) | Microphone (31) | Neural network (35) | Nonvolatile memory (33) | Physician (36) | Probability (36) | Processor (41) | Recommendation (29) | Smartphone (30) | Storage medium (43) | Threshold value (29) | Training (37) | User input (29) | User interface (28) | Wireless communication (32)

Рисунок 12 — Концепции патентных семейств направления «Технологии ИИ в здравоохранении», опубликованных в России в 2020–2023 гг. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

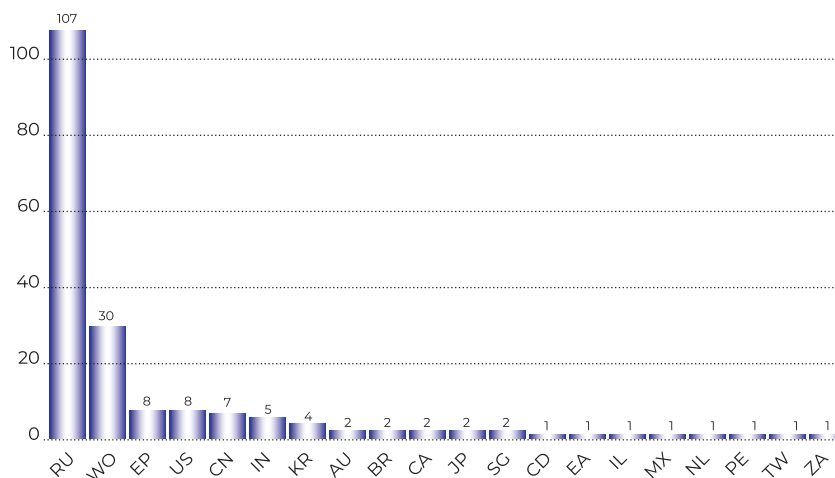


Рисунок 13 — Распределение патентных семейств направления «Технологии ИИ в здравоохранении», опубликованных в 2020–2023 гг. и имеющих приоритет России, по странам публикации. Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

Согласно опросу, проведенному компанией Statista в 2021 г., каждая пятая медицинская организация во всем мире, находится на раннем этапе внедрения систем на основе ИИ, еще 18% респондентов отметили, что рассматривают такую возможность в ближайшем будущем. В

целом рост востребованности решений, основанных на ИИ, в здравоохранении в значительной степени связан с высокими трудозатратами медицинского персонала на выполнение задач по анализу данных, документированию и отчетности. По оценкам медицинских организаций,

Таблица 3 — Топ-12 правообладателей патентных семейств направления «Технологии ИИ в здравоохранении», опубликованных в 2020–2023 гг. и имеющих приоритет России

№	Патентообладатель	Число патентных семейств
1	К-Скай	5
2	Интеллоджик	4
3	Samsung Electronics	4
4	Кардио Маркер	3
5	СберМедИИ	2
6	Atlas Biomed	2
7	Digital Vision Solutions	2
8	Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева	2
9	Производственная компания Альтоники	2
10	Сколковский институт науки и технологий	2
11	Ставропольский государственный аграрный университет	2
12	Zelenograd Kinesitherapy Center (Центр Кинезитерапии «Доктор Остеохондроз»)	2

Источник: Orbit Intelligence, данные на 22.12.2023 г.

до 50% рабочего времени врача наряду с лечением занимает выполнение рутинных функций, при этом использование ИИ позволит сократить затраты времени на административную деятельность на 20% у врачей и на 8% у медсестер [14].

Выполненный в рамках настоящего исследования анализ патентных ландшафтов по направлению «ИИ в здравоохранении» показал, что зафиксированный по состоянию на конец 2019 г. рост изобретательской активности в этой области только усилился. Подавляющее большинство полученных охранных документов (95,8% патентных семейств, полученных с 2020 г.) поддерживаются, что свидетельствует о высоком потенциале коммерциализации запатентованных технологий и их инвестиционной привлекательности.

Страной-лидером данного направления по объему патентного портфеля остается Китай, укрепивший свои позиции в разработке коммерциализируемых технических решений с использованием элементов ИИ в области медицины и здравоохранения. Среди отдельных компаний лидирующие позиции по объему созданного в 2020–2023 гг. портфеля патентов является китайская Pingan Technology, специализирующаяся на технологиях с использованием ИИ. Компания основана в 2008 г., за 2008–2019 гг. получила права на 61 изобретение в анализируемой области, а за 2020–2023 гг. патентный портфель компании вырос на 528 патентных семейств. Для сравнения:

на втором месте по объему патентования в 2020–2023 гг. находится компания Philips, на нее пришлось 160 патентных семейств за неполные три года.

Выполненный нами анализ основных технологий и подходов патентных семейств по направлению «Технологии ИИ в здравоохранении» позволил идентифицировать два ключевых направления: использование алгоритмов машинного обучения для создания прогнозных и диагностических моделей и разработки в области больших языковых моделей (LLM).

Россия входит в топ-15 стран мира по патентной активности в направлении «Технологии языковых моделей в медицине», однако по числу патентных семейств заметно отстает от стран-лидеров. При этом распределение патентных семейств за 2020–2023 гг. по стране приоритета свидетельствует о том, что российские и американские заявители получили права на почти равное число патентных семейств (107 и 111 патентных семейств соответственно). Максимальный интерес к российскому рынку технологий ИИ в здравоохранении демонстрирует компания Philips, получившая за неполные 4 года права на 30 изобретений. Из 107 патентных семейств, имеющих приоритет России, лишь 15 вышли за пределы российской юрисдикции, получив патентную охрану в странах ЕС, США, Китае и других государствах.

Росту патентной активности российских компаний будет способствовать реализация Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Одним из факторов ускоренного наращивания изобретательской активности в области технологий ИИ в здравоохранении в ближайшие годы станут экспериментальные правовые режимы в сфере цифровых инноваций, установленные Постановлением Правительства РФ от 09.12.2022 г. № 2276 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по направлению медицинской деятельности

с применением технологий сбора и обработки сведений о состоянии здоровья и диагнозов граждан в отношении реализации инициативы социально-экономического развития Российской Федерации «Персональные медицинские помощники» и Постановлением Правительства Российской Федерации от 18.07.2023 г. № 1164 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по направлению медицинской деятельности, в том числе с применением телемедицинских технологий и технологий сбора и обработки сведений о состоянии здоровья и диагнозах граждан».

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Global spending on health. Rising to the pandemic's challenges. Geneva: World Health Organization; 2022. 154 p.
2. Global spending on health. Rising to the pandemic's challenges. Geneva: World Health Organization; 2023. 88 p.
3. Stewart C. Artificial intelligence (AI) in healthcare market size worldwide from 2021 to 2030: Statista; 2023. [cited 2024 Jan 15] Available from: <https://www.statista.com/statistics/1334826/ai-in-healthcare-market-size-worldwide>.
4. Yang R, Tan T, Lu W, et al. Large language models in health care: development, applications, and challenges. *Health Care Science*. 2023; 2(4): 255-263. doi: 10.1002/hcs2.61.
5. Sarraju A, Bruemmer D, Iterson E et al. Appropriateness of Cardiovascular Disease Prevention Recommendations Obtained From a Popular Online Chat-Based Artificial Intelligence Model. *Journal of the American Medical Association*. 2023; 329(10): 842-844. doi: 10.1001/jama.2023.1044.
6. Chen S, Kann B, Foote M, et al. Use of Artificial Intelligence Chatbots for Cancer Treatment Information. *Journal of the American Medical Association Oncology*. 2023; 9(10): 1459-1462. doi: 10.1001/jamaoncol.2023.2954.
7. Birkun A, Gautam A. Large language model-based chatbot as a source of advice on first aid in heart attack. *Current Problems in Cardiology*. 2023; 1(59): 102048. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2023.102048.
8. Jiang L, Liu X, Nejatian N. Health system-scale language models are all-purpose prediction engines. *Nature*. 2023; 619(7969): 357-362. doi: 10.1038/s41586-023-06160-y.
9. WIPO Technology Trends 2019 - Artificial Intelligence: World Intellectual Property Organization; 2020. [cited 2024 Jan 9] Available from: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf.
10. Куракова Н.Г., Цветкова Л.А., Черченко О.В. Технологии искусственного интеллекта в медицине и здравоохранении: позиции России на глобальном патентном и публикационном ландшафте // *Врач и информационные технологии*. – 2020. – №2. – С.81-100. [Kurakova NG, Tsvetkova LA, Charchenko OV. Artificial intelligence technologies in medicine and healthcare: Russia's position on the global patent and publication landscape. *Medical Doctor and Information Technologies*. 2020; 2: 81-100. (In Russ.)] doi: 10.37690/1811-0193-2020-2-81-100.
11. State of AI 2023 Report: CBInsights; 2024. [cited 2024 Feb 1] Available from: <https://www.cbinsights.com/research/report/ai-trends-2023>.
12. Андрейченко А.Е., Гусев А.В. Перспективы применения больших языковых моделей в здравоохранении // *Национальное здравоохранение*. 2024. [Andreichenko AE, Gusev AV. Prospects for the use of large language models in healthcare. *National health*. 2024. (In Russ.)]
13. Patient-First Health with Generative AI: Reshaping the Care Experience. Geneva: World Economic Forum; 2024. 17 p.
14. Stewart C. What is the stage of AI adoption in your organization?: Statista; 2021. [cited 2024 Jan 15] Available from: <https://www.statista.com/statistics/1225955/stage-of-ai-adoption-in-healthcare-worldwide>.

МОХОВА Е.С.,

ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: mokhova-es@mail.ru

КОЛСАНОВ А.В.,

д.м.н., профессор, профессор РАН, ФГБОУ ВО «СамГМУ» Минздрава России, г. Самара, Россия,
e-mail: a.v.kolsanov@samsmu.ru

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_60

Аннотация. В настоящее время математический анализ и трёхмерное моделирование являются новыми перспективными способами получения дополнительной информации, с помощью которых исследователь имеет возможность виртуально наблюдать и моделировать сложные биомеханические явления. Вопросы динамической анатомии шеи, а также биомеханических характеристик отдельных её структур составляют значительный практический и теоретический интерес для многих областей медицины.

Цель исследования: разработка виртуальной динамической модели шеи человека и на её основе воспроизведение динамических процессов с использованием метода конечных элементов.

Материалы и методы: Изучена биомеханика физиологических процессов шейного отдела позвоночника с применением МРТ. Генерация сетки конечных элементов и контактные взаимодействия выполнялись с использованием программного обеспечения HyperMesh. Конечно-элементный анализ был выполнен с использованием программного обеспечения Abaqus CAE 6.14.

Проведен ретроспективный анализ результатов 124 высококачественных МРТ исследований (40 мужчин и 84 женщины). В базу данных включены исследования, которые подходили под параметры включения и исключения. Статистическую обработку проводили с помощью программы MS Excel 2019 в надстройке «Анализ данных». Параметрические показатели проверяли на нормальное распределение в функции «описательной статистики», затем рассчитывали достоверность различия показателей с помощью двухстороннего критерия Стьюдента. Для оценки непараметрических показателей использовали χ^2 -Пирсона с построением таблиц сопряженности. Для изучения зависимости значения tg α от возраста пациентов при наличии или отсутствием выпячиваний МПД применили дисперсионный анализ различий в более чем двух группах с применением метода одностороннего ANOVA.

Результаты: Разработана методика создания виртуальной динамической модели шеи. Результаты конечно-элементного анализа сегмента С3-С5 при осевой нагрузке были сопоставлены с данными *in vitro*.

Заключение: Результаты моделирования с использованием предложенной методики хорошо согласуются с экспериментальными данными. Сгенерированные биомеханические модели позволяют описывать динамические явления в шейном отделе позвоночника и получать широкий спектр количественных свойств объектов.

Ключевые слова: метод конечных элементов; МКЭ; Abaqus CAE; материальная модель Хольцапфеля-Гассера-Огдена; межпозвонковый диск; биомеханика шеи.

Для цитирования: Мохова Е.С., Колсанов А.В. Компьютерное моделирование биомеханики физиологических процессов шейного отдела позвоночника. Врач и информационные технологии. 2024; 1: 60-69. doi: 10.25881/18110193_2024_1_60.

МОХОВА Е.С.,

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia,
e-mail: mokhova-es@mail.ru

КОЛСАНОВ А.В.,

DSc, Prof., Prof. of the RAS, Samara State Medical University, Samara, Russia,
e-mail: a.v.kolsanov@samsmu.ru

COMPUTER SIMULATION OF BIOMECHANICS OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF THE CERVICAL SPINE

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_60

Abstract. Currently, mathematical analysis and three-dimensional modeling represent a new promising way to obtain additional information, which allows the researcher to virtually observe and model complex biomechanical phenomena. Issues of dynamic neck anatomy, as well as the biomechanical characteristics of its individual structures, are of significant practical and theoretical interest regarding many areas of medicine.

Aim: to develop a virtual dynamic model of the human neck and in order to reproduce dynamic processes using the finite element method.

Materials and methods: Biomechanics of physiological processes of the cervical spine were studied using MRI. Finite element mesh generation and contact interactions were performed using HyperMesh software. Material modeling and finite element analysis were performed using Abaqus CAE 6.14 software.

A retrospective analysis of the results of 124 high-quality MRI studies (40 men and 84 women) was conducted. The database included studies that met the inclusion and exclusion criteria. Statistical processing was carried out using MS Excel 2019 in the "Data Analysis" add-on. Parametric indicators were checked for normal distribution in the "descriptive statistics" function, followed by calculation of the significance of the differences in indicators with a "two-tailed Student's test". To assess nonparametric indicators, χ^2 -Pearson was used to construct contingency tables. To study the dependence of the tg a value on the age of patients in the presence or absence of IVD protrusions, analysis of variance was used for differences in more than two groups using the one-way ANOVA method.

Results: A technique for creating a virtual dynamic neck model has been developed. The results of finite element analysis of the C3-C5 segment under axial loading were compared with in vitro data.

Conclusion: The simulation results gained using the proposed technique are in good agreement with experimental data. The generated biomechanical models make it possible to describe dynamic phenomena in the cervical spine and obtain a wide range of quantitative properties of objects.

Keywords: finite element method; FEM; Abaqus CAE; Holzapfel-Gasser-Ogden material model; intervertebral disc; neck biomechanics.

For citation: Mohova E.S., Kolsanov A.V. Computer simulation of biomechanics of physiological processes of the cervical spine. Medical doctor and information technology. 2024; 1: 60-69. doi: 10.25881/18110193_2024_1_60.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы динамической анатомии шеи, а также биомеханических характеристик отдельных её структур составляют значительный практический и теоретический интерес для многих областей медицины. Трёхмерные, параметрические, биомеханические и математические модели имеют важное самостоятельное значение, как средство детального и всестороннего изучения объекта исследования [1, 2]. Изучение биомеханического компонента также имеет значение и в клинической практике [3–5]. Шея человека является, пожалуй, наиболее сложной для детального описания с точки зрения биомеханики областью человеческого тела. Взаимодействие окружающей среды с генетическими факторами ускоряет процесс дегенерации межпозвоночных дисков (МПД) [6]. Для выработки рациональных лечебно-диагностических стратегий в каждом конкретном случае необходимо понимание основных причинных факторов повреждения МПД, обуславливающих формирование грыжевых выпячиваний МПД [7].

Целью данного исследования стала разработка виртуальной динамической модели шеи человека и на её основе воспроизведение динамических процессов с использованием метода конечных элементов.

Исходя из цели нашего исследования сформировано 2 этапа изучения систем биомеханического анализа:

1. Изучение биомеханики физиологических процессов шейного отдела позвоночника.
2. Построение конечно-элементных моделей с целью реконструкции и анализа биомеханических механизмов шейного отдела позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методология исследования и основные этапы

В основе методологии исследования лежит математический анализ трёхмерных объектов, полученных при топографо-анатомических исследованиях или при постановке условий биомеханической задачи. Конечным результатом каждой части исследования являлось создание биотехнической системы, способной решать конкретные клинические задачи (диагностика, прогноз течения и планирование лечения).

В этом исследовании мы использовали данные МРТ для получения первичных трёхмерных данных с целью последующего создания статических и динамических анатомических моделей.

Создание сетки конечных элементов и контакт взаимодействий были выполнены с использованием программного обеспечения HyperMesh. Анизотропная гиперупругая модель Хольцапфеля-Гассера-Огдена была использована для описания поведения материала фиброзных колец диска. Моделирование материалов и конечно-элементный проводился с использованием программного обеспечения Abaqus CAE 6.14.

Объектом исследования явилась случайная выборка, собранная сплошным методом, состоящая из 124 исследований МРТ шейного отдела различных пациентов, из которых было 40 мужчин в возрасте от 21 до 65 лет (средний $47,8 \pm 2,00$ лет), 84 женщины – от 25 до 83 лет (средний $52,8 \pm 1,50$ года). Достоверных различий среднего возраста между мужчинами и женщинами не выявлено ($t = 0,51$, $p = 0,612$).

Два сегмента шейного отдела позвоночника C3-C5, были отдельно выделены из полученной модели для конечно-элементного анализа. Генерация сетки конечных элементов и контактные взаимодействия выполнялись с использованием программного обеспечения HyperMesh.

При формировании группы для изучения биомеханики шейного отдела позвоночника учитывались критерии включения и исключения.

Критерии включения: пациенты, которым была выполнена МРТ области шеи; возраст обследуемых – 20–90 лет; отсутствие патологий в области шеи; высокое качество результатов МРТ для построения трёхмерной модели сосудов.

Критерии исключения: отказались от участия; не соответствуют критериям включения.

Интересующие нас параметры на МРТ были проверены высококвалифицированным врачом-рентгенологом с 10-летним стажем. Далее нами проведена статистическая обработка данных с помощью программы MS Excel 2019 в надстройке «Анализ данных». Параметрические (количественные) данные оценивались на нормальное распределение и рассчитывались показатели описательной статистики, затем определяли достоверность различия показателей

с помощью двухстороннего критерия Стьюдента. Для оценки непараметрических показателей использовали χ^2 -Пирсона. Для изучения зависимости значения $\text{tg } \alpha$ от возраста пациентов при наличии или отсутствии выпячиваний МПД применяли дисперсионный анализ различий в более чем двух группах с применением метода одностороннего ANOVA.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В биологии при изучении биомеханики физиологических процессов в организме часто используются технологии *in vivo* (в живом организме) и *in vitro* (в пробирке). В настоящее время на первое место выходит новая технология *in silico* (компьютерное моделирование (симуляция) эксперимента), которая позволяет без вреда для здоровья пациента провести моделирование сложных диагностических манипуляций.

1. Биомеханика физиологических процессов шейного отдела позвоночника

В начале исследования изучали влияние биомеханических факторов на процесс формирования смещений дискового материала (выпячивания) за пределы пространства МПД шейного отдела позвоночника. При рассмотрении

механических факторов, нами изучались особенности трёхмерной структуры позвонка, определяли соотношения длин плеч рычагов и векторы направления силы, действующие в каждом отдельном позвоночно-двигательном сегменте (ПДС). В основу нашего анализа взят способ оценки риска возникновения грыжевых выпячиваний МПД С4-С5, С5-С6 и С6-С7 шейного отдела позвоночника путем МРТ-исследования, описанный в патенте Яковлева Е.В. с соавторами [7] и получивший дальнейшее развитие в совместной работе [8]. Каждый ПДС в сагиттальной плоскости в стабильных условиях представляет собой систему уравновешенных рычагов с точкой опоры на уровне суставов (рисунок 1, где сплошные стрелки – направление движения при сгибании; пунктирные – при разгибании позвоночника).

При изучении изолированных биомеханических факторов на первый план выходит трёхмерная структура позвонка, которая определяет длины рычагов и векторы направления силы (рисунки 2 и 3). На рисунке 2 представлена схема фронтального среза, проходящего через центры межпозвоноковых суставов и центр пульпозного ядра типичного шейного позвонка (С4-С5, С5-С6, С6-С7).

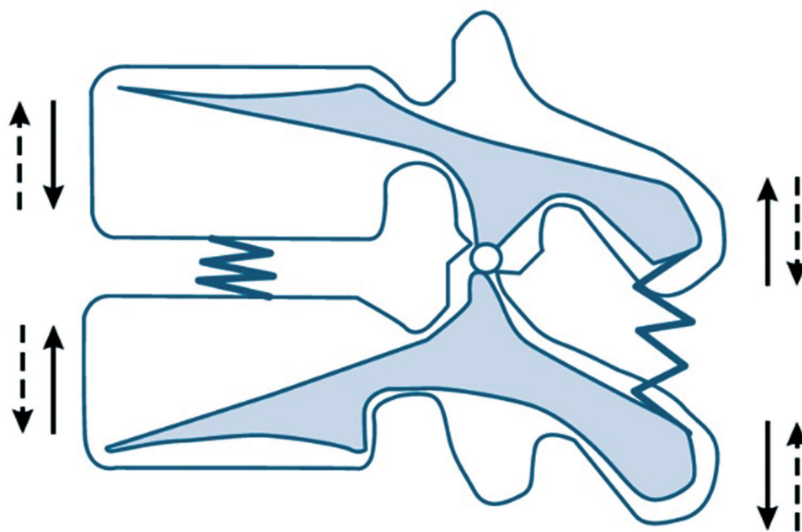


Рисунок 1 — Движения в ПДС и работа связочного аппарата позвоночника в сагиттальной плоскости [9].

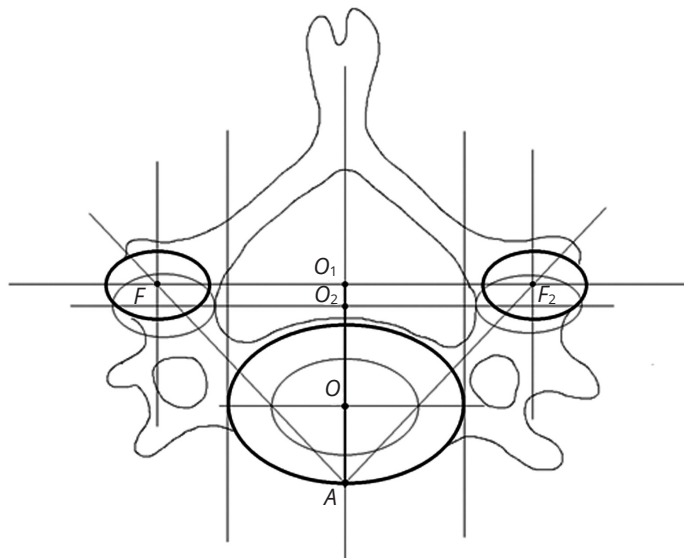


Рисунок 2 — Схема формирования рычагов силы в ПДС шейного отдела при сгибании шеи в зависимости от анатомических особенностей позвонков С4-С7 во фронтальной плоскости (расположение суставных отростков относительно диска и ширина диска) [10].

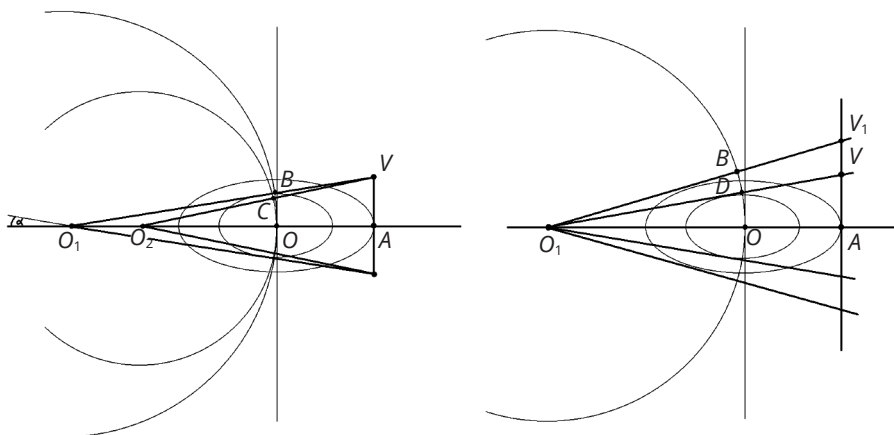


Рисунок 3 — Схема формирования рычагов силы в ПДС шейного отдела (С4-С5, С5-С6, С6-С7) при сгибании шеи в зависимости от анатомических особенностей позвонков С4-С7 (расположение суставных отростков относительно диска и ширина диска) – упрощенное изображение сагиттального среза ПДС.

На рисунке 3 представлена схема формирования рычагов силы в ПДС шейного отдела (С4-С5, С5-С6, С6-С7) и их влияние на изменение соотношения длин плеч рычага II рода O_1V .

Подробно разбор механизма формирования рычагов представлен авторами статьи в соавторстве, опубликованном ранее [8]. Используемая нами модель корректно описывает

механические особенности соединения позвонков, так как учитывает наиболее значимые особенности их строения, оказывающие влияние на изменение длин плеч рычагов и силу давления на центр МПД.

Авторы статьи, используя выявленные закономерности, создали программу для биомеханической оценки риска возникновения парамедианных выпячиваний межпозвонковых дисков на основе данных МРТ «ALPHATANG 1.0» и получили свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [11]. Способ оценки риска выпячивания МПД в компьютерной программе для ЭВМ, созданной в соавторстве, позволяет определить степень функциональных нарушений в шейном отделе.

По данным МРТ определяли значение O_1A в горизонтальной проекции, а также значение AV , равное $\frac{1}{2}$ высоты МПД. Главным критерием оценки эффективности рычага ПДС стал угол $\alpha = AV/(O_1A)$.

Был проведен анализ изменения трёхмерных данных МРТ с целью последующего создания статических и динамических анатомических моделей.

1. Возрастная характеристика групп с наличием и отсутствием выпячиваний МПД в шейных сегментах.

В группе с выпячиванием МПД более 2,0 мм средний возраст без учета пола составил $53,4 \pm 1,24$ года, а в группе без

грыжи – $39,3 \pm 2,61$ лет, и выявлена статистическая достоверность различий между группами ($t = 4,91$, $p < 0,001$). Следует также обратить внимание, что среди мужчин старше 63 лет и женщин старше 62 лет не было ни одного пациента без выпячивания МПД. Этот факт подчеркивает актуальность темы исследования. При сравнении по среднему возрасту в группе с грыжевыми выпячиваниями между мужчинами и женщинами обнаружено более раннее возникновение изменений у мужчин на 5,3 года ($49,8 \pm 2,00$ лет и $55,1 \pm 1,54$ лет у мужчин и женщин, соответственно, статистически недостоверно, $t = 0,52$, $p = 0,606$).

2. Зависимость значений $\text{tg } \alpha$ от возраста пациентов в группах наличия или отсутствия выпячиваний МПД в трех сегментах.

На рисунке 4 представлены результаты изучения зависимости значения $\text{tg } \alpha$ от возраста пациентов в группах с наличием или отсутствием выпячиваний в сегментах. Красный цвет на рисунке обозначает группу с наличием выпячивания, синий – отсутствием.

В целом, можно наблюдать, что для сегмента С6-С7 явно выражена тенденция к снижению тангенса с увеличением возраста (отрицательная связь), причем для пациентов с наличием выпячивания эта тенденция больше, чем для пациентов без выпячивания. Для сегментов С4-С5, С5-С6 тенденция прослеживается менее выражено.

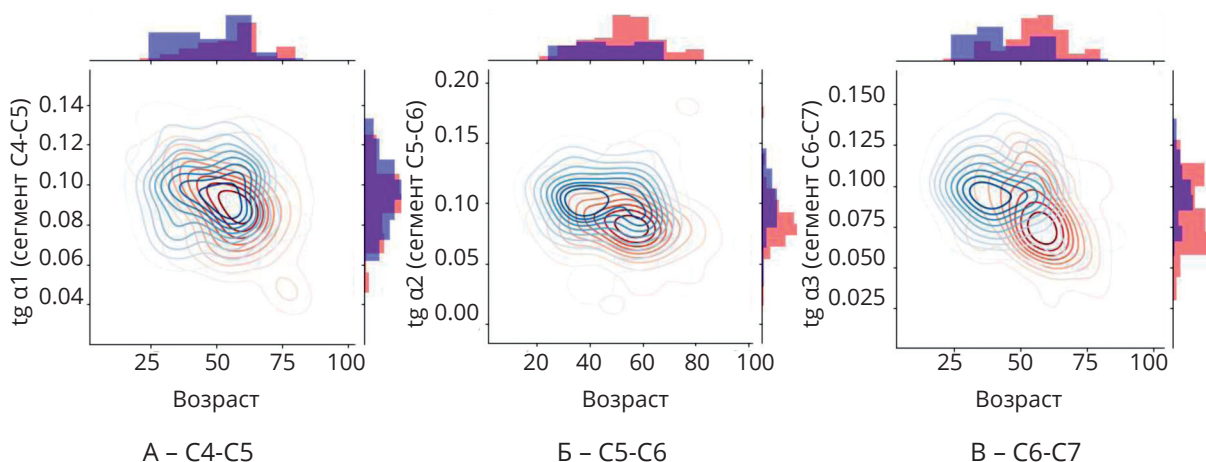


Рисунок 4 — Зависимость значения $\text{tg } \alpha$ от возраста пациентов в группах с наличием или отсутствием выпячиваний в сегментах.

2. Построение конечно-элементных моделей с целью реконструкции и анализа биомеханики шейного отдела позвоночника

В этом разделе представлены результаты биомеханического анализа шейного сегмента позвоночника при совместной работе авторов статьи с коллективом исследователей различных специальностей, опубликованные в журнале *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger* [1], где подробно описаны этапы построения фасциальных слоёв антропоморфной конечно-элементной модели шеи. Далее демонстрируем итоги совместной работы [1].

Виртуальная конечно-элементная модель шеи.

Была произведена сегментация более чем 80 основных структур шеи на основе данных КТ-исследований пациентов. Для каждой анатомической структуры была создана модель NURBS. Была проведена валидация созданной модели, то есть определение адекватности поведения и сопоставимости результатов моделирования с поведением реальных биологических объектов. Распределение напряжения при сжатии имеет сильно нелинейный характер даже при малых нагрузках. Наклон кривых нагрузки-смещения изменяется во всем диапазоне движения позвоночника, но становится приблизительно линейным при более высоких нагрузках.

ОБСУЖДЕНИЕ

1. Биомеханика физиологических процессов шейного отдела позвоночника

Исследование позволило изучить влияние биомеханических факторов на процесс формирования смещений дискового материала (выпячивания) за пределы пространства МПД шейного отдела позвоночника. В повседневной практике дегенеративные изменения МПД оцениваются двумерными геометрическими и сигнальными характеристиками. При изучении изолированных биомеханических факторов в перспективе на первый план выходит изучение трехмерной структуры позвонка, так как именно она определяет длины рычагов и векторы направления силы. По данным многочисленным исследований [12, 13] высота диска на срединно-сагиттальной МРТ не является надежным признаком определения возрастной дегенерации

диска, что доказывает актуальность нашего исследования.

Полученные данные явно свидетельствуют о том, что эффективность рычага ПДС С5-С6 и С6-С7 оказывает большее влияние на процесс формирования выпячиваний МПД в молодом возрасте, в то время как в пожилом возрасте формирование выпячиваний может происходить и при меньших значениях tga .

2. Построение конечно-элементных моделей с целью реконструкции и анализа биомеханических механизмов шейного отдела позвоночника

До настоящего времени были предприняты отдельные попытки описания закономерностей смещения органов и мышечно-фасциальных слоёв шеи. Однако единой системы описания этих изменений, равно как и механизмов последних, никто из исследователей так и не смог сформулировать, что связано со сложностью описания нелинейных закономерностей смещения фасциальных слоёв шеи, которые можно объяснить различием верхних и нижних точек фиксации миофасциальных образований, а также различием физических характеристик смещаемых объектов.

Полученные данные явно свидетельствуют о том, что эффективность рычага ПДС С5-С6 и С6-С7 оказывает большее влияние на процесс формирования выпячиваний МПД в молодом возрасте, в то время как в пожилом возрасте формирование выпячиваний может происходить и при меньших значениях tga .

Наклон кривых нагрузки-смещения изменяется во всем диапазоне движения позвоночника, но становится приблизительно линейным при более высоких нагрузках. Значения смещения приведены для геометрического центра тела позвонка С4. Спрогнозированные нами данные были сопоставлены с соответствующими экспериментальными данными из литературы (рисунок 5) [1, 14, 15].

Подводя итог, можно утверждать, что несмотря на необходимость дальнейшего совершенствования моделирования МПД, результаты моделирования с использованием предложенных в нашем исследовании методов хорошо согласуются с известными экспериментальными данными.

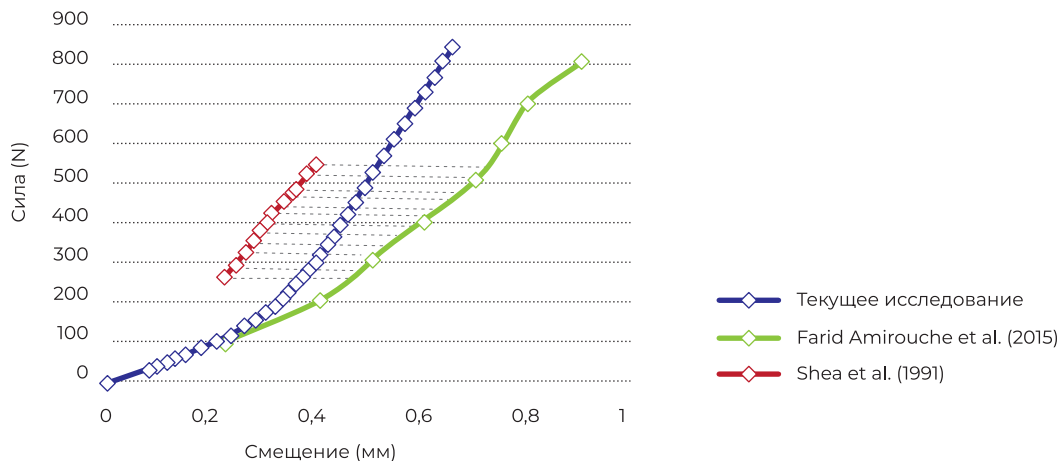


Рисунок 5. Сравнение кривых нагрузки-смещения между предложенной компьютерной моделью и экспериментальными данными из литературы [1, 14, 15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биомеханические модели позволяют описать динамические явления в шейном отделе позвоночника и получить широкий спектр количественных свойств анатомических объектов, недоступных классическим методам изучения динамической и функциональной анатомии. Сложная технология построения визуальных образов и отсутствие врачей-кибернетиков, владеющих этой методикой, задерживает внедрение и повышает стоимость диагностической услуги. Подключение технологий искусственного

интеллекта даёт надежду на ускорение этого процесса.

Данная методика представляет практически безграничные возможности в области моделирования различных типов патологий и создания трёхмерного визуального контента для моделирования различных лечебно-диагностических манипуляций, а также при создании и применении технологий дополненной реальности [16–18].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ovsepyan AL, Smirnov AA, Pustozarov EA, Mokhov DE, Mokhova ES, Trunin EM, Dydykin SS, Vasil'ev YuL, Yakovlev EV, Budday S, Paulsen F, Zhivolupov SA, Starchik DA, Biomechanical analysis of the cervical spine segment as a method for studying the functional and dynamic anatomy of the human neck. *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*. 2022; 240: 151856. doi: 10.1016/j.aanat.2021.151856.
2. Смирнов А.А., Овсепьян А.Л., Квиндт П.А. и др. Конечно-элементный анализ при моделировании структур сердца и аорты // Альманах клинической медицины. – 2021. – №49(6). – С.375-384. [Smirnov AA, Ovsepyan AL, Quindt PA, et al. Finite element analysis for modeling the structures of the heart and aorta. *Almanac of Clinical Medicine*. 2021; 49(6): 375-384. (In Russ.)] doi: 10.18786/2072-0505-2021-49-043.
3. Мохов Д.Е., Беляев А.Ф., Азаренков М.Д. и др. Остеопатическая диагностика соматических дисфункций в педиатрии: клинические рекомендации. СПб.: Невский ракурс, 2015. – 60 с. [Mokhov DE, Belyaev AF, Azarenkov MD, et al. *Osteopathic diagnosis of somatic dysfunctions. Clinical recommendations*. St Petersburg: Nevskiy rakurs, 2015. 60 p. (In Russ.)]

4. Liem TA. T. Still's Osteopathic Lesion Theory and Evidence-Based Models Supporting the Emerged Concept of Somatic Dysfunction. *J Am Osteopath Assoc.* 2016; 116(10): 654-661. doi: 10.7556/jaoa.2016.129.
5. Wagner F.M. Somatic dysfunction of the cervical spine and its complex clinical picture: The fundamentals of diagnostics of cervicobrachialgia and cervicocephalic syndrome through manual medicine. *Orthopade.* 2022; 51(4): 263-273. doi: 10.1007/s00132-022-04227-8.
6. Мохова Е.С., Мохов Д.Е., Яковлев Е.В. и др. Топографо-анатомический анализ и конечно-элементное моделирование динамических и биомеханических закономерностей смещения мышечно-фасциальных футляров шеи // *Медицинский совет.* – 2023. – Т.17. – №6. – С.330-344. [Mokhova ES, Mokhov DE, Yakovlev EV, et al. Topographic-anatomical analysis and finite element modeling of dynamic and biomechanical patterns of displacement of the muscular-fascial sheaths of the neck. *Medical Council.* 2023; 17(6): 330-344. (In Russ.)] doi: 10.21518/ms2023-061.
7. Патент РФ №2795175 С1. Способ оценки риска возникновения грыжевых выпячиваний межпозвонковых дисков C4-C5, C5-C6 и C6-C7 шейного отдела позвоночника: №2022118552: заявл. 06.07.2022: опубл. 28.04.2023 / Е.В. Яковлев, А.А. Смирнов, С.А. Живолупов и др. [Patent RF №2795175 С1. Method for assessing the risk of hernial protrusions of intervertebral discs C4-C5, C5-C6 and C6-C7 of the cervical spine: №2022118552: application. 07/06/2022: publ. 04/28/2023 / E.V. Yakovlev, A.A. Smirnov, S.A. Zhivolupov, et al.
8. Яковлев Е.В., Смирнов А.А., Живолупов С.А. и др. Анатомическая оценка изолированного влияния биомеханических факторов на процесс формирования смещений дискового материала за пределы пространства межпозвонковых дисков шейного отдела позвоночника в структуре дорсопатий // *Оперативная хирургия и клиническая анатомия.* – 2022. – №6(2). – С.32-44. [Yakovlev EV, Smirnov AA, Zhivolupov SA, et al. Anatomical assessment of the isolated influence of biomechanical factors on the process of formation of displacements of disc material outside the space of the intervertebral discs of the cervical spine in the structure of dorsopathies. *Operative surgery and clinical anatomy.* 2022; 6(2): 32-44. (In Russ.)] doi: 10.17116/operhirurg2022602132.
9. Suzuki A, Daubs MD, Hayashi T, et al. Magnetic Resonance Classification System of Cervical Intervertebral Disk Degeneration: Its Validity and Meaning. *Clin Spine Surg.* 2017; 30(5): 547-553. doi: 10.1097/bsd.000000000000172.
10. Hu X, Chen M, Pan J, Liang L, Wang Y. Is it appropriate to measure age-related lumbar disc degeneration on the mid-sagittal MR image? A quantitative image study. *Eur Spine J.* 2018; 27(5): 1073-1081. doi: 10.1007/s00586-017-5357-3.
11. Кузьмин А.И., Кон И.И., Беленький В.Е. Сколиоз, М., 1981. [Kuzmin AI, Kon II, Belenkiy VE. Scoliosis, M., 1981. (In Russ.)]

12. Старчик Д.А., Акопов А.Л. Атлас распилов человеческого тела: Учебное пособие. – СПб.: ММЦ, 2020. – 172 с. [Starchik DA, Akopov AL. Atlas of cuts of the human body: Textbook. St. Petersburg: MMC, 2020. (In Russ.)]
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2024611176 РФ. Программа для биомеханической оценки риска возникновения парамедианных выпячиваний межпозвонковых дисков на основе данных МРТ «ALPHATANG 1.0»: №2023689232. заявл. 25.12.2023. опублик. 18.01.2024. А.А. Смирнов, Е.С. Мохова, А.В. Колсанов и др. [Certificate of state registration of a computer program №2024611176 RF. Program for biomechanical assessment of the risk of paramedian protrusions of intervertebral discs based on MRI data «ALPHATANG 1.0»: №2023689232: application. 12/25/2023. publ. 01/18/2024. A.A. Smirnov, E.S. Mokhova, A.V. Kolsanov et al. (In Russ.)]
14. Shea M, et al. Variations of stiffness and strength along the human cervical spine. *Journal of biomechanics*. 1991; 24(2): 95-107.
15. Amirouche F, et al. Role of posterior elements in the disc bulging of a degenerated cervical spine. *International journal of spine surgery*. 2015; 9.
16. Колсанов А.В., Зельтер П.М., Хобта Р.В. и др. Первые результаты применения интраоперационной навигации на основе данных КТ и МРТ у пациента с опухолью межжелудочковой перегородки // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2020. – Т.10. – №4. – С.271-276. [Kolsanov AV, Zelter PM, Khobta RV, et al. First results of the use of intraoperative navigation based on CT and MRI data in a patient with a tumor of the interventricular septum. *Russian electronic journal of radiology*. 2020; 10(4): 271-276. (In Russ.)] doi: 10.21569/2222-7415-2020-10-4-271-276.
17. Колсанов А.В., Линева О.И., Иванова В.Д. Разработка и внедрение российских симуляционных и виртуальных технологий в современный образовательный процесс // Акушерство и гинекология. – 2016. – №7. – С.83-87. [Kolsanov AV, Lineva OI, Ivanova VD. Development and implementation of Russian simulation and virtual technologies in the modern educational process. *Obstetrics and gynecology*. 2016; 7: 83-87. (In Russ.)] doi: 10.18565/aig.2016.7.83-87.
18. Колсанов А.В., Манукян А.А., Зельтер П.М., Чаплыгин С.С., Капишников А.В. Виртуальное моделирование операции на печени на основе данных компьютерной томографии // Анналы хирургической гепатологии. – 2016. – №21(4). – С.16-22. [Kolsanov A.V., Manukyan A.A., Zelter P.M., Chaplygin S.S., Kapishnikov A.V. Virtual simulation of liver surgery based on computed tomography data. *Annals of surgical hepatology*. 2016; 21(4): 16-22. (In Russ.)] doi: 10.16931/1995-5464.2016416-22.

ВАСИЛЬЕВ Ю.А.,

к.м.н., ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия, e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

ЗИНЧЕНКО В.В.,

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия, e-mail: ZinchenkoVV1@zdrav.mos.ru

КУДРЯВЦЕВ Н.Д.,

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия, e-mail: KudryavtsevND@zdrav.mos.ru

МИХАЙЛОВА А.А.,

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия, e-mail: MikhajlovaAA8@zdrav.mos.ru

КЛЯШТОРНЫЙ В.Г.,

к.б.н., ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия, e-mail: KlyashtornyjVG@zdrav.mos.ru

ВЛАДИМИРСКИЙ А.В.,

д.м.н., Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия, e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ И ВОВЛЕЧЕННОСТИ ВРАЧЕЙ-РЕНТГЕНОЛОГОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_70

Аннотация. Целью данного исследования представлялось изучение и оценка вовлеченности врачей-рентгенологов в использование программного обеспечения с применением технологий искусственного интеллекта (ИИ) и удовлетворенности применением данных технологий в качестве поддержки при принятии врачебных решений. Анкетирование врачей-рентгенологов проводилось в 2021-22 гг. на базе медицинских организаций Департамента здравоохранения Москвы.

В 2021 году прошли опрос 333 врача-рентгенолога, в 2022 г – 342. Анкетирование проходили врачи разных специальностей: компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, рентгенографии и маммографии, различного возраста и стажа работы по специальности. При исследовании вовлеченности выяснилось, что в 2022 году по сравнению с 2021 годом вовлеченность врачей выросла более чем в 2 раза. Оценка удовлетворенности использования технологий ИИ в работе показала, что в 2022 году по сравнению с 2021 годом отмечается тенденция сдвига мнений от крайних оценок «отлично» и «неудовлетворительно» к оценкам «хорошо» и «удовлетворительно».

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что технологии ИИ требуют дальнейшего развития, не только с клинической или технической точки зрения, но и с популяризационной, образовательной стороны для врачей, использующих технологии ИИ в своей работе.

Ключевые слова: искусственный интеллект; программное обеспечение с искусственным интеллектом; удовлетворенность врачей; вовлеченность врачей.

Для цитирования: Васильев Ю.А., Зинченко В.В., Кудрявцев Н.Д., Михайлова А.А., Кляшторный В.Г., Владзимирский А.В. Оценка удовлетворенности и вовлеченности врачей-рентгенологов при использовании программного обеспечения с искусственным интеллектом. *Врач и информационные технологии.* 2024; 1: 70-81. doi: 10.25881/18110193_2024_1_70.

VASILEV YU.A.,

PhD, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department», Moscow, Russia, e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

ZINCHENKO V.V.,

State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department», Moscow, Russia, e-mail: ZinchenkoVV1@zdrav.mos.ru

KUDRYAVTSEV N.D.,

State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department», Moscow, Russia, e-mail: KudryavtsevND@zdrav.mos.ru

MIKHAILOVA A.A.,

State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department», Moscow, Russia, e-mail: MikhajlovaAA8@zdrav.mos.ru

KLYASHTORNY V.G.,

PhD, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department», Moscow, Russia, e-mail: KlyashtornyVG@zdrav.mos.ru

VLADZYMYRSYY A.V.,

DSc, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department», Moscow, Russia, e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

RADIOLOGISTS' SATISFACTION AND ENGAGEMENT WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE SOFTWARE

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_70

Abstract. *The purpose of this study was to evaluate the radiologists' engagement and satisfaction with artificial intelligence software as a means to support medical decision-making.*

A survey of radiologists working in public healthcare facilities under the Moscow Healthcare Department was conducted in 2021 and 2022.

The survey was completed by 333 radiologists in 2021, and by 342 – in 2022. The respondents were CT, MRI, X-ray and MMG specialists of various age and clinical experience. The study found that the physicians' engagement rate with artificial intelligence more than doubled in 2022 vs. 2021. An assessment of satisfaction with the artificial intelligence technologies in routine clinical practice showed that in 2022 vs. 2021, the opinions shifted from the extreme "excellent" and "unsatisfactory" rates towards moderate "good" and "satisfactory".

The findings show that artificial intelligence technologies require further improvement from both clinical and technical standpoint, public perception and also as an educational tool for physicians who use artificial intelligence in their routine clinical practice.

Keywords: *artificial intelligence; artificial intelligence software; physician satisfaction; physician engagement.*

For citation: Vasilev Yu.A., Zinchenko V.V., Kudryavtsev N.D., Mikhailova A.A., Klyashtorny V.G., Vladzimirskyy A.V. Radiologists' satisfaction and engagement with artificial intelligence software. Medical doctor and information technology. 2024; 1: 70-81. doi: 10.25881/18110193_2024_1_70.

ВВЕДЕНИЕ

Программное обеспечение (ПО) с искусственным интеллектом (ИИ) получает всё большее распространение в лучевой диагностике и используется в качестве медицинского изделия, помогающего врачу-рентгенологу в интерпретации, анализе и протоколировании результатов выполненных исследований [1–3].

По данным Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы уже сейчас используется более 50 решений по 27 модальностям. Соответствующее ПО с ИИ интегрировано в единый радиологический информационный сервис единой медицинской информационно-аналитической системы города Москвы (ЕРИС ЕМИАС). С помощью данных продуктов было проанализировано более 10 млн рентгенологических исследований [4–6].

На сегодняшний день в системе здравоохранения Москвы ПО с ИИ служит как средство поддержки при решении множества рутинных задач и как средство профилактики дефектов в работе врача-рентгенолога. Например, проводится автоматический анализ маммограмм, флюорограмм и рентгенограмм, измерение размеров внутренних органов и патологических образований [4, 7]. Кроме того, ПО с ИИ применяется для выявления ишемических изменений и кровоизлияний головного мозга, патологии органов брюшной полости и сердечно-сосудистой системы. Идет активное внедрение комплексных ПО с ИИ, проводящих анализ сразу до 10 патологий органов грудной клетки [8, 9].

Научные исследования последнего времени в целом убедительно показали большие перспективы применения ПО с ИИ для повышения эффективности работы врачей-рентгенологов [10]. Например, это позволяет сократить длительность проведения двойного чтения флюорограмм и описания результатов компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки, повысить точность диагностики компрессионных переломов тел позвонков при остеопорозе [7, 11, 12].

Дальнейшее развитие ИИ в лучевой диагностике позволит охватить для анализа большинство модальностей и анатомических областей и

стать неотъемлемой частью рабочего процесса врачей-рентгенологов.

Вместе с тем, при всех видимых достоинствах внедрения ИИ в клиническую медицину у профессионального рентгенологического сообщества остаются вопросы о целесообразности применения этих технологий в лучевой диагностике. Отмечается неопределенность в отношении врачей к внедрению ИИ в их клиническую практику. Такая неопределенность связана с сомнениями в возможностях ИИ улучшить качество и эффективность оказания медицинской помощи, повысить производительность их труда [13].

Стремительное развитие ИИ в лучевой диагностике способствует возникновению у врачей-рентгенологов опасений потерять работу, что прямым образом влияет на вовлеченность врачей [14]. При этом вовлеченность врачей в применение новых технологий является важным фактором качественного и активного развития технологий ИИ.

На сегодняшний день при анализе работы ПО с ИИ вовлеченность и удовлетворенность врачей технологиями ИИ представляются важными показателями – индексами качества используемых решений в клинической практике [15].

Таким образом, целью данного исследования стало изучение отношения врачей-рентгенологов Департамента здравоохранения города Москвы к внедрению ИИ в лучевую диагностику с оценкой их удовлетворенности и вовлеченности в использование ПО с ИИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе медицинских организаций Департамента здравоохранения города Москвы (ДЗМ) в 2021 и 2022 году во 2 квартале каждого года было проведено социологическое исследование путем анкетирования. В 2021 году в медицинских организациях ДЗМ работали 1692 врача-рентгенолога, в 2022 году – 1571. Были разработаны онлайн-анкеты: анкета №1 состояла из 17 вопросов, анкета №2 – из 14 вопросов. Обе анкеты содержали закрытые вопросы с вариантами ответа на выбор (например, да/нет), множественным выбором ответов и открытые вопросы.

При первом анкетировании в 2021 году использовалась анкета №1. Врачам-рентгенологам необходимо было ответить на вопросы об их ожиданиях от внедрения ПО с ИИ в рабочую

практику, тем самым была попытка определить начальный уровень вовлеченности врачей-рентгенологов. При анкетировании в 2022 году использовалась анкета №2, в которой врачи-рентгенологи отвечали на вопросы, касающиеся их опыта применения ПО с ИИ в рабочей практике, т.е. удовлетворенности работой ПО.

В целях получения более достоверных ответов, для респондентов была предусмотрена возможность не указывать свои персональные данные. При этом ответы на вопросы о возрасте респондента и опыте работы врачом-рентгенологом были обязательными.

Для проверки значимости различия между распределениями категориальных данных использовался статистический тест Хи-квадрат (χ^2). Также для оценки взаимосвязи ответов с исходными характеристиками респондентов было использовано построение модели логистической регрессии.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка профиля респондентов

В 2021 году завершили опрос 333 медицинских специалиста (20,5%), в 2022 году – 324 врача

(20,6%). Возраст большинства респондентов был до 40 лет (58,9%) (табл. 1). Опыт большинства врачей-рентгенологов (66,3%) составил более 5 лет (табл. 1).

По результатам анкетирования было выявлено, что большая часть респондентов имела специализацию по маммографии и рентгенографии, 77,3% и 69,6% соответственно. Чуть больше половины респондентов (56,9%) специализировались на интерпретации КТ-исследований. Доля специалистов, работающих с магнитно-резонансной томографией (МРТ), оказалась менее представлена и составляла 20,4% (табл. 1).

По результатам проведенного анализа респондентов по базовым характеристикам (возраст, стаж работы и специализация), статистически значимых различий между 2021 и 2022 годами выявлено не было.

В опросе 2022 года был добавлен вопрос «Как Вы относитесь к внедрению ПО с ИИ в лучевую диагностику?», на который ответило лишь небольшое число респондентов (48 человек). При анализе этих данных ассоциации между отношением врачей-рентгенологов к внедрению ПО с

Таблица 1 — Распределение врачей-рентгенологов по возрасту, стажу и специализации

Распределение врачей-рентгенологов по возрасту				
Возрастная группа, лет	Опрос 2021 года, N = 333	Опрос 2022 года, N = 324	Суммарно, N = 657	χ^2 (p-value)
25–30	69 (20,7%)	78 (24,1%)	147 (22,4%)	2,62 (0,759)
31–40	120 (36,0%)	120 (37,0%)	240 (36,5%)	
41–50	71 (21,3%)	66 (20,4%)	137 (20,9%)	
51–60	41 (12,3%)	38 (11,7%)	79 (12,0%)	
61–70	27 (8,1%)	19 (5,9%)	46 (7,0%)	
Более 70	5 (1,5%)	3 (0,9%)	8 (1,2%)	
Распределение врачей-рентгенологов по стажу работы				
Стаж работы, лет	Опрос 2021 года, N = 333	Опрос 2022 года, N = 324	Суммарно, N = 657	χ^2 (p-value)
<1	14 (4,2%)	18 (5,6%)	32 (4,9%)	1,69 (0,793)
1–2	30 (9,0%)	28 (8,6%)	58 (8,8%)	
3–5	63 (18,9%)	69 (21,3%)	132 (20,1%)	
6–10	88 (26,4%)	76 (23,5%)	164 (25,0%)	
Более 10	138 (41,4%)	133 (41,1%)	271 (41,3%)	
Распределение врачей-рентгенологов по специализации				
Специализация*	Опрос 2021 года, N = 333	Опрос 2022 года, N = 324	Суммарно, N = 657	χ^2 (p-value)
Рентгенография	239 (71,8%)	218 (67,3%)	457 (69,6%)	1,56 (0,211)
Маммография	255 (76,6%)	253 (78,1%)	508 (77,3%)	0,21 (0,644)
КТ	184 (55,3%)	190 (58,6%)	374 (56,9%)	0,77 (0,381)
МРТ	58 (17,4%)	76 (23,5%)	134 (20,4%)	3,69 (0,055)

Примечание: * – один врач может иметь более одной специализации.

ИИ в лучевую диагностику и их возрастной категории обнаружено не было. Отношение врачей-рентгенологов разделилось почти равномерно по каждой из категорий: негативно, нейтрально и положительно.

Восприятие ИИ изменяется с увеличением стажа работы, где молодые специалисты (особенно те, кто имеет стаж работы от 1 до 5 лет) склонны относиться к ИИ более нейтрально или положительно, в то время как специалисты со стажем 6-10 лет выражают более негативное отношение. Различия в отношении к ИИ между группами с различным стажем работы статистически значимы ($p < 0,05$), однако размер выборки (48 человек) слишком мал, и из данных результатов можно судить лишь о тенденции.

Оценка вовлеченности врачей-рентгенологов в использование ПО с ИИ

В опросах 2021 и 2022 годов практически одинаковое большинство респондентов (70% суммарно) были вовлечены в использование ПО с ИИ (ответ на вопрос: «Обрабатываются ли рентгенологические исследования, которые Вы описываете, ИИ?» с ответом: «Да»).

В возрастных группах 25–30 лет и 51–60 лет есть статистически значимое различие в осведомленности о ПО с ИИ между опросами 2021 и

2022 годов ($p < 0,05$): осведомленность снизилась в 2022 году на 18,2% для категории 25–30 лет и на 19,0% для категории 51–60 лет. Для всех остальных возрастных групп статистически значимых различий в осведомленности между опросами 2021 и 2022 годов обнаружено не было (рис. 1).

Вероятность положительного ответа на вопрос «Обрабатываются ли рентгенологические исследования, которые Вы описываете, ИИ?» снижается примерно на 17% в 2022 году, однако это не было статистически значимо ($p = 0,649$).

Зависимость осведомленности о наличии ИИ не зависела от возрастной группы и стажа работы, но для некоторых специализаций являлась значимой (табл. 2).

Анализ показал статистически значимое увеличение доли респондентов, которые ознакомились с результатами работы ИИ-сервисов при подготовке протоколов исследований, с 38,4% в 2021 году до 57,1% в 2022 году ($p < 0,001$). Только в одной категории (25–30 лет) процент вовлеченных упал с 60,9% до 50,0%, что, тем не менее, не является статистически значимым результатом. На рисунке 2 показан график зависимости числа респондентов, ответивших положительно на вопрос «Ознакомились ли Вы с результатами работы ИИ при подготовке протоколов исследований?» в 2021 и 2022 году для каждой

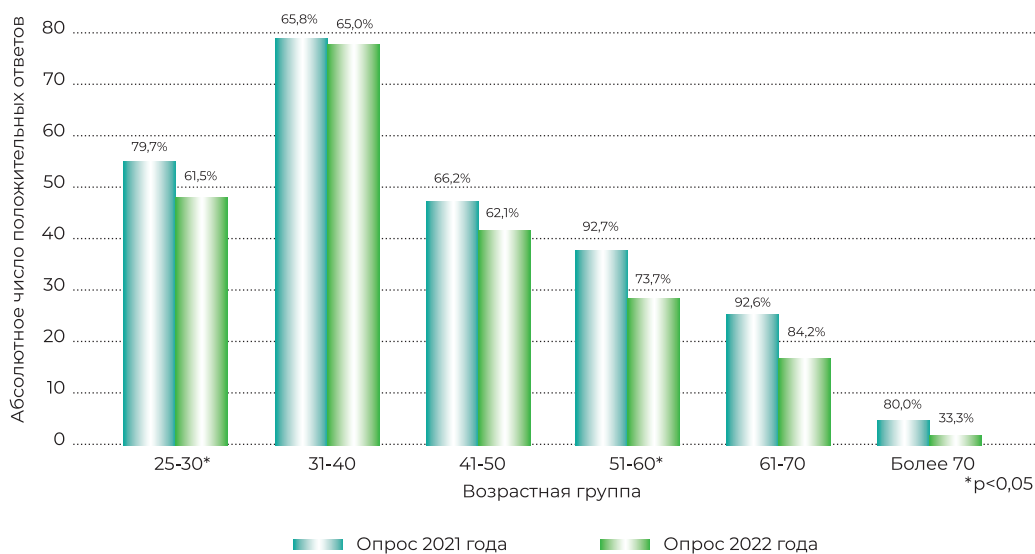


Рисунок 1 — Осведомленность врачей-рентгенологов о работе с технологиями ИИ в зависимости от возраста (положительный ответ на вопрос «Обрабатываются ли рентгенологические исследования, которые Вы описываете, ИИ-сервисами?»).

из возрастных категорий, над столбцами указан процент ответивших положительно из общего числа респондентов в рассматриваемый год.

Возраст и стаж респондентов не имели статистически значимой взаимосвязи с их вовлеченностью в работу с технологиями ИИ (табл. 3).

Таблица 2 — Результаты логистической регрессии для оценки осведомленности врачей-рентгенологов о работе с технологиями ИИ

Фактор	OR	p	95% ДИ для OR
Возрастная группа	1,160	0,261	0,896; 1,502
Стаж работы	1,103	0,337	0,903; 1,346
Год опроса (2021 = реф.)	0,834	0,649	0,382; 1,821
Рентгенография	2,221	<0,001	1,494; 3,300
Маммография	1,453	0,116	0,912; 2,313
КТ	1,687	0,009	1,141; 2,494
МРТ	0,589	0,017	0,382; 0,910
Взаимодействие возрастная группа*Год опроса 2021 = реф.)	0,920	0,578	0,685; 1,235

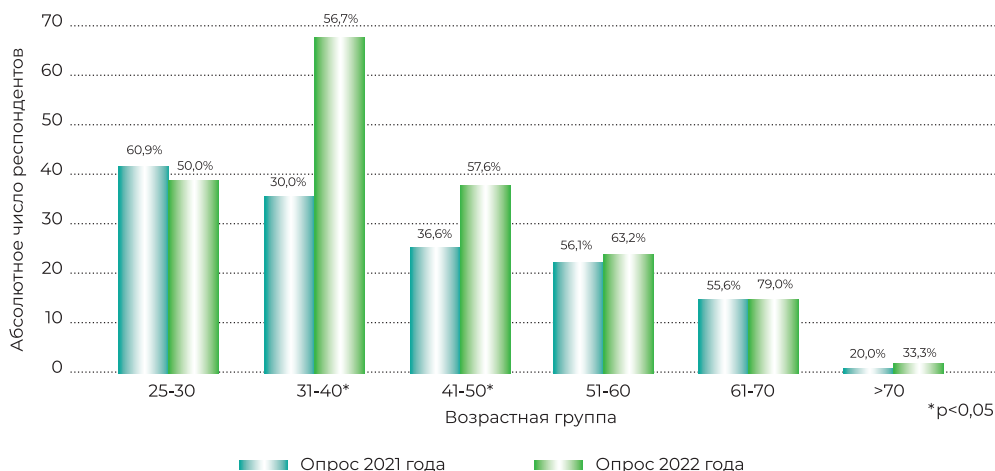


Рисунок 2 — Вовлеченность врачей-рентгенологов в работу с технологиями ИИ в зависимости от возраста (положительный ответ на вопрос «Ознакомились ли Вы с результатами работы ИИ при подготовке протоколов исследований?»).

Таблица 3 — Результаты логистической регрессии для оценки вовлеченности врачей-рентгенологов в работу с технологиями ИИ

Фактор	OR	p	95% ДИ для OR
Возрастная группа	1,151	0,203	0,927; 1,429
Стаж работы	1,068	0,491	0,885; 1,290
Год опроса (2021 = реф.)	2,370	0,021	1,141; 4,925
Рентгенография	1,792	0,003	1,219; 2,633
Маммография	1,425	0,083	0,955; 2,126
КТ	1,660	0,006	1,156; 2,385
МРТ	0,535	0,004	0,347; 0,823
Взаимодействие возрастная группа*Год опроса (2021 = реф.)	1,006	0,966	0,772; 1,310

Таким образом, значимыми факторами были год опроса и специализация, при этом вовлеченность врачей выросла более чем в 2 раза в 2022 году по сравнению с 2021 ($p = 0,021$).

Оценка удовлетворенности врачей-рентгенологов работе с ПО с ИИ

В 2021 году около 13,3% респондентов оценили работу ПО с ИИ на «отлично», в то время как 26,7% поставили оценку «неудовлетворительно». В 2022 году доля ответов «отлично» уменьшилась до 4,4%, а «неудовлетворительно» – до 17,6% (рис. 3). Таким образом, в 2022 году отмечалась тенденция сдвига мнений от крайних оценок «неудовлетворительно» и «отлично» к нейтрально-положительным «удовлетворительно» и «хорошо», которые в 2022 составили около 80% ответов респондентов.

По результатам анализа ассоциации степени удовлетворенности с возрастной группой респондентов статистическая значимость также не была обнаружена. Однако, было выявлено, что с увеличением стажа у респондентов наблюдалось снижение уровня удовлетворенности. Конкретно вероятность получения высокой оценки удовлетворенности сокращалась на 20% ($p < 0,05$) (табл. 4).

Для оценки причин неудовлетворенности, где респонденты могли ответить в свободной форме, их ответы были распределены на 4 категории: неудобный интерфейс, ошибка при классификации патологии, ложные находки, пропуск целевых находок. В 2021 и 2022 годах основной причиной неудовлетворенности работой ПО с ИИ для большинства респондентов (около 70%) стали ложные находки или пропуск целевых



Рисунок 3 — Распределение ответов респондентов в 2021 и 2022 годах на вопрос «Дайте общую оценку качества работы ИИ по Вашему направлению исследований».

Таблица 4 — Результаты упорядоченной логистической регрессии для оценки удовлетворенности врачей-рентгенологов качеством работы ИИ

Фактор	OR	p	95% ДИ для OR
Возрастная группа	1,173	0,168	0,935; 1,473
Стаж работы	0,805	0,032	0,660; 0,982
Год опроса (2021 = реф.)	1,167	0,695	0,538; 2,531
Рентгенография	0,737	0,150	0,486; 1,117
Маммография	0,785	0,243	0,524; 1,178
КТ	1,124	0,563	0,757; 1,669
МРТ	0,882	0,603	0,549; 1,417
Взаимодействие возрастная группа*Год опроса 2021 = реф.)	0,959	0,764	0,728; 1,262

Таблица 5 — Результаты двухфакторной логистической регрессии для шансов утвердительного ответа на вопрос про положительные изменения в связи с введением ИИ

Зависимая переменная	Возраст			Стаж		
	OR	p	95% ДИ для OR	OR	p	95% ДИ для OR
ПО с ИИ позволили сократить длительность подготовки заключений	1,003	0,993	0,562; 1,788	0,692	0,230	0,380; 1,261
ПО с ИИ повысили точность описания исследований	1,063	0,830	0,609; 1,856	1,275	0,429	0,698; 2,329
ПО с ИИ снизили рабочую нагрузку на врачей-рентгенологов	0,391	0,049	0,154; 0,995	1,151	0,705	0,555; 2,387

находок. Далее по частоте упоминания были ошибки в классификации патологии (в среднем 20% за оба года) и неудобство интерфейса (9% в 2021 году и 14% в 2022 году). Если в 2021 году лидировали и составляли 40% жалобы на ложные находки, то в 2022 году основной проблемой стали пропуски целевых находок (37%).

Анализ не выявил наличие статистически значимой ассоциации между стажем и вероятностью положительного ответа на следующие вопросы: 1) «ПО с ИИ позволили сократить длительность подготовки заключений?», 2) «ПО с ИИ повысили точность описания исследований?», 3) «ПО с ИИ снизили рабочую нагрузку на врачей-рентгенологов?». Однако было выявлено, что с увеличением возраста респонденты были более склонны к отрицанию снижения рабочей нагрузки (отношение шансов 0,391 с 95% ДИ 0,154-0,995) (табл. 5). Конкретно в возрастных категориях от 51-60 и 61-70 все респонденты ответили «Нет/Скорее нет» на вопрос «Согласны ли Вы со следующими утверждениями?/ПО с ИИ снизили рабочую нагрузку на врачей-рентгенологов». Для более молодых категорий в среднем 22,9% согласились со снижением рабочей нагрузки.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для успешного внедрения технологий ИИ в медицину необходимо активное участие врачей в этом процессе [13], поэтому своевременная и динамичная оценка их вовлеченности и удовлетворенности является важнейшей задачей.

Большинство из опубликованных крупных опросов врачей-рентгенологов были сконцентрированы на ожиданиях врачей от внедрения ИИ в клиническую практику и оценку степени их

осведомленности об ИИ [14, 16, 17]. Целью данного исследования стал анализ вовлеченности и удовлетворенности врачей-рентгенологов, активно использующих технологии ИИ.

В результате проведенного опроса стало очевидным, что большая часть респондентов относится к внедрению ИИ нейтрально, при этом в опросе, проведенном среди членов Европейского Общества Радиологии (англ. European Society of Radiology, ESR), большая часть респондентов положительно отреагировала на внедрение ИИ [18].

Согласно данным систематического обзора [19] опубликованных опросов врачей всех специальностей, в т.ч. врачей-рентгенологов, с 2019 по 2022 гг. доля врачей, использующих ИИ в клинической практике, варьировала от 10 до 30%. По результатам опроса, выполненного в данном исследовании, этот показатель составлял 60% в 2021 и 2022, что демонстрирует высокую вовлеченность опрошенных врачей рентгенологов в использование ПО с ИИ.

Результаты опроса демонстрируют стабильный рост вовлеченности врачей всех возрастных групп в использование результатов работы ПО с ИИ для описания рентгенологических исследований. Удовлетворенность врачей технологиями ИИ также прогрессирует со временем. Среди врачей-рентгенологов со стажем работы более 10 лет наблюдалась наивысшая доля негативных оценок работы ИИ в 2021 году по сравнению с респондентами с меньшим стажем. Тем не менее, к 2022 году данный показатель для этой категории сократился до 15,7%, что делает их вторыми по уровню удовлетворенности, уступая лишь врачам со стажем менее 2 лет, для которых показатель составил 12,5%. Это изменение

может быть обусловлено изначальным скепсисом более опытных врачей относительно новой технологии. По мере практического применения и накопления опыта работы с ИИ, их отношение, вероятно, становилось более сдержанным и объективным. Это коррелирует с зарубежными исследованиями [14], которые обнаружили связь между проактивным и положительным отношением к ИИ и более молодым возрастом опрошенных.

В 2021 году большинство врачей, выразивших неудовлетворенность работой ИИ, указали на проблему гипердиагностики (40% опрошенных) – переоценку наличия патологий. Однако к 2022 году основная проблема сдвинулась к гиподиагностике – недооценке в области наличия патологий. Вероятно, это связано с попытками разработчиков найти баланс между чувствительностью и специфичностью в работе ПО с ИИ, а также с внесенными изменениями в программное обеспечение, в т.ч. из-за повышения требований к таким системам в 2022 году. Очевидно, что нестабильность и проблемы в работе ПО с ИИ влияют на решение врачей использовать его в своей профессиональной деятельности. По данным опроса Европейского Общества Радиологии (ESR) в 2022 году более четверти рентгенологов, не видящих практического смысла в применении ИИ, назвали причиной несоответствие реальной эффективности ПО заявлениям разработчиков. Кроме того было продемонстрировано, что 44,4% врачей, использующих ИИ в своей практике, фиксируют диагностические расхождения между выводами рентгенолога и ПО с ИИ [20].

Сокращение времени на подготовку заключений считается одним из ключевых показателей успешного внедрения ПО с ИИ в область лучевой диагностики. Опрос, проведенный среди французских врачей-рентгенологов в 2019 году, показал, что 74,4% респондентов рассчитывали на уменьшение времени подготовки диагностических заключений [21]. Отношение респондентов пока более пессимистичное при использовании ПО с ИИ в корреляции по времени формирования протокола [18].

В старшей возрастной группе (более 60 лет) 60% врачей-рентгенологов подтвердили, что применение ПО с ИИ способствовало улучшению качества описаний исследований. Тем не

менее, никто из опрошенных из этой категории (100%) не заметил снижения рабочей нагрузки. С другой стороны, в более молодых возрастных группах (25–30 лет; 31–40 лет; 41–50 лет) 28% респондентов отметили уменьшение рабочей нагрузки, что может говорить о более высокой адаптивности молодого поколения к новым технологиям и их высокой цифровой грамотности. Уже неоднократно отмечалась необходимость внедрения модулей по ИИ в медицинское образование [22], в т.ч. в программу обучения врачей-рентгенологов [23]. Освоение новых технологий и понимание принципов работы ИИ могут способствовать более эффективному использованию данных систем и, как следствие, снижению рабочей нагрузки, в том числе для старших поколений врачей-рентгенологов.

Поскольку разработки в сфере ИИ находятся на начальном этапе развития в сфере здравоохранения, ПО с ИИ может быть несовершенно и нуждаться в доработке [24]. Эти недостатки могут негативно сказываться на восприятии и готовности врачей к использованию ИИ и, согласно существующим исследованиям, в некоторых случаях увеличивать число диагностических ошибок [25]. Врачи в опросе оставляли следующие примечания относительно их опыта работы с ИИ: «Часто ошибается, как и помогает порой обратить внимание на то, что можешь пропустить»; «ИИ плохо определяет некачественные снимки»; «Часто обращает внимание на норму»; «Пусть развивается ИИ, вероятно есть смысл»; «Спасибо за ИИ»; «Нам не нужен ИИ» и прочее, что демонстрирует широкий спектр мнений и личного отношения, как оптимистичного, так и негативного, к внедрению ИИ. Вполне возможно, что врачи, имевшие высокие ожидания от использования ИИ и столкнувшиеся с реальными техническими возможностями ПО с ИИ, могут отказаться от применения данных технологий в текущем моменте. В то же время, другие специалисты, не имевшие первоначальных ожиданий и решившие попробовать, могут начать проявлять интерес к ИИ, если они увидят его клиническую пользу. Дополнительно, значимым фактором является индивидуальный подход каждого врача к разработке и реализации своего уникального метода использования данной технологии.

Согласно данным других опросов сделан вывод о том, что текущее влияние ИИ на область лучевой диагностики относительно невелико, несмотря на изначальные ожидания более существенного воздействия на клиническую медицину [20]. Это может быть объяснено тем, что растущий опыт работы врачей-рентгенологов с ИИ формирует более реалистичные взгляды на возможности применения данной технологии в лучевой диагностике.

При внедрении технологий ИИ в реальную клиническую практику требуется больше «прозрачности» в работе ИИ, и тогда уровень доверия, вовлеченности и удовлетворенности инновационными технологиями врачей возрастет [26, 27].

Ограничения исследования. В ходе исследования не применялась рандомизация врачей-рентгенологов. Анализировались ответы врачей, которые полностью завершили опрос.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам опроса и анализа полученных ответов наблюдалась высокая вовлеченность опрошенных специалистов в работу с технологиями ИИ. Кроме того, можно отметить положительную динамику в части их удовлетворенности. Тем не менее, почти пятая часть врачей в 2022 году оценили работу ПО с ИИ как «неудовлетворительную», треть из опрошенных затрачивала больше времени на составление протоколов, и все опрошенные старше 50 лет не заметили снижение рабочей нагрузки.

На основании анализа причин неудовлетворенности и примечаний врачей-рентгенологов к опросу можно сделать выводы о том, что технологии ИИ требуют дальнейшего развития с технической стороны, должен быть повышен уровень качества данных решений. Кроме того, необходимо работать над популяризацией данного направления и внедрением образовательных модулей по ИИ в программу обучения врачей-рентгенологов.

Так как цифровизация здравоохранения и внедрение ПО с ИИ в клиническую практику продолжают, в дальнейших опросах и исследованиях необходимо отслеживать изменения в степени удовлетворенности и вовлеченности врачей-рентгенологов в использование ПО с ИИ. Кроме того, будущие исследования должны быть направлены на изучение этого вопроса в других субъектах РФ.

Источник финансирования. Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИР «Научно-методические основы цифровой трансформации службы лучевой диагностики», (№ ЕГИСУ: № 123031400118-0) в соответствии с Приказом от 21.12.2022 г. № 1196 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Алексеева М.Г., Зубов А.И., Новиков М.Ю. Искусственный интеллект в медицине // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – №7. – С.10-13. [Alekseeva MG, Zubov AI, Novikov MYu. Iskusstvennyi intellekt v meditsine. International Research Journal. 2022; 7: 10-13. (In Russ.)]
2. Gusev A, et al. Development of Artificial Intelligence in Healthcare in Russia. Handbook of Artificial Intelligence in Healthcare: Vol 2: Practicalities and Prospects. Springer International Publishing. 2022: 259-279.
3. Арзамасов К.М. и др. Применение компьютерного зрения для профилактических исследований на примере маммографии // Профилактическая медицина. – 2023. – №26(6). – С.117-123. [Arzamasov K.M, et al. Primenenie komp'yuternogo zreniya dlya profilakticheskikh issledovaniy na primere mammografii. Profilakticheskaya meditsina. 2023; 26(6): 117-123. (In Russ.)]
4. Эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы. Доступно по: <https://mosmed.ai/ai/>. Ссылка действительна на 20.06.2023. [Eksperiment po ispol'zovaniyu innovatsionnykh tekhnologii v oblasti komp'yuternogo zreniya dlya analiza meditsinskih izobrazhenii i dal'neishego primeneniya v sisteme zdravookhraneniya goroda Moskvy. [cited 2023 June 20] Available from: <https://mosmed.ai/ai/>. (In Russ.)]

5. Васильев Ю.А. и др. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента. 2-е издание. М.: Издательские решения, 2023. – 388 с. [Vasilev YuA, et al. Komp'yuternoe zrenie v luchevoi diagnostike: pervyi etap Moskovskogo eksperimenta. M.: Izdatel'skie resheniya. 2023. 388 p. (In Russ.)]
6. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Омелянская О.В. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2023621230 РФ. MosMedData: медицинские данные 41 000 человек, прошедших компьютерную томографию в пандемию COVID-19 с динамическим наблюдением (результаты маршрутизации пациентов, клинические и лабораторные данные, диагнозы МКБ, исходы): №2023620970 : заявл. 11.04.2023 : опубл. 17.04.2023. заявитель ГБУЗ г.Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ». [Vasilev YuA, Vladzmyrskyy AV, Omelyanskaya OV. Certificate of state registration of the database №2023621230 RF. MosMedData: Health records of 41,000 people who underwent computed tomography during the COVID-19 pandemic with the follow-up monitoring (results of patient routing, clinical and laboratory data, ICD diagnoses, outcomes): №2023620970, submitted on April 11, 2023. Submitter: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department. (In Russ.)]
7. Vladzmyrskyy AV, et al. Effectiveness of using artificial intelligence technologies for dual descriptions of the results of preventive lung examinations. *Profil. med.* 2022; 25(7): 7.
8. Карпов О.А., Клименко Г.С., Лебедев Г.С. Применение интеллектуальных систем в здравоохранении // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – 7(1). – С.38-43. [Karpov OA, Klimenko GS, Lebedev GS. Primenenie intellektual'nykh sistem v zdravookhraneni. *Modern High Technologies.* 2016; 7(1): 38-43. (In Russ.)]
9. Higgins DC. OnRAMP for Regulating Artificial Intelligence in Medical Products. *Advanced Intelligent Systems.* 2021; 3(11): 2100042.
10. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Омелянская О.В. и др. Оценка зрелости технологий искусственного интеллекта для здравоохранения: методические рекомендации. М.: Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ, 2023. – С.28. [Vasilev YuA, Vladzmyrskyy AV, Omelyanskaya OV, et al. Otsenka zrelosti tekhnologii iskusstvennogo intellekta dlya zdravookhraneniya: metodicheskie rekomendatsii. M.: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department. 2023. P.28. (In Russ.)]
11. Huisman M, et al. An international survey on AI in radiology in 1,041 radiologists and radiology residents part 1: fear of replacement, knowledge, and attitude. *Eur Radiol.* 2021; 31(9): 7058-7066.
12. Morozov SP, et al. Effect of artificial intelligence technologies on the CT scan interpreting time in COVID-19 patients in inpatient setting. *Profil. med.* 2022; 25(1); 14.
13. Петрайкин А.В. и др. Точность автоматической диагностики компрессионных переломов тел позвонков по данным морфометрического алгоритма искусственного интеллекта // Остеопороз и остеопатии. – 2023. – Т.25. – №3. – С.92-93. [Petraikin AV, et al. Tochnost' avtomaticheskoi diagnostiki kompressionnykh perelomov tel pozvonkov po dannym morfometricheskogo algoritma iskusstvennogo intellekta. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2023; 25(3): 92-93. (In Russ.)]
14. Морозов С.П. и др. Исследование целесообразности применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике // Врач и информационные технологии. – 2022. – №1. – С.12-29. [Morozov SP, et al. Issledovanie tselesoobraznosti primeneniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v luchevoi diagnostike. *Medical doctor and information technologies.* 2022; 1: 12-29. (In Russ.)]

15. Zinchenko VV, et al. Methodology for Conducting Post-Marketing Surveillance of Software as a Medical Device Based on Artificial Intelligence Technologies. *Sovrem Tehnol Med.* 2022; 14(5): 15.
16. Huisman M, et al. An international survey on AI in radiology in 1,041 radiologists and radiology residents part 1: fear of replacement, knowledge, and attitude. *Eur Radiol.* 2021; 31(9): 7058-7066.
17. Impact of artificial intelligence on radiology: a EuroAIM survey among members of the European Society of Radiology. *Insights Imaging.* 2019; 10: 105.
18. Coppola F, et al. Artificial intelligence: radiologists' expectations and opinions gleaned from a nationwide online survey. *Radiol med.* 2021; 126(1): 63-71.
19. Chen M, et al. Acceptance of clinical artificial intelligence among physicians and medical students: A systematic review with cross-sectional survey. *Front Med (Lausanne).* 2022; 9: 990604.
20. Becker CD, et al. Current practical experience with artificial intelligence in clinical radiology: a survey of the European Society of Radiology. *Insights into Imaging.* 2022; 13(1): 107.
21. Waymel Q, et al. Impact of the rise of artificial intelligence in radiology: What do radiologists think? *Diagn Interv Imaging.* 2019; 100(6): 327-336.
22. Paranjape K, et al. Introducing Artificial Intelligence Training in Medical Education. *JMIR Medical Education.* 2019; 5(2): 16048.
23. Garin SP, et al. Systematic Review of Radiology Residency Artificial Intelligence Curricula: Preparing Future Radiologists for the Artificial Intelligence Era. *Journal of the American College of Radiology.* 2023; 20(6): 561-569.
24. Зинченко В.В. и др. Технологические дефекты программного обеспечения с искусственным интеллектом // *Digital Diagnostics.* – 2023. – №4(4). – С.593-604. [Zinchenko VV, et al. Tekhnologicheskie defekty programmnoho obespecheniya s iskusstvennym intellektom. *Digital Diagnostics.* 2023; 4(4): 593-604. (In Russ.)]
25. Rezazade Mehrizi MH, et al. The impact of AI suggestions on radiologists' decisions: a pilot study of explainability and attitudinal priming interventions in mammography examination. *Sci Rep.* 2023; 13: 9230.
26. Гусев А.В., Добридюк С.Л. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении // *Информационное общество.* – 2020. – №4-5. – С.78-93. [Gusev AV, Dobridnyuk SL. *Iskusstvennyj intellekt v medicine i zdavoohranenii.* *Informacionnoe obshchestvo.* 2020; №4-5: 78-93. (In Russ.)]
27. Кобринский Б.А. Искусственный интеллект в медицине: состояние и горячие точки // XIX Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2021. Южный федеральный университет, 2021. С.13-29. [Kobrinskij B.A. *Iskusstvennyj intellekt v medicine: sostoyanie i goryachie tochki.* XIX Nacional'naya konferenciya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII-2021. YUzhnyj federal'nyj universitet, 2021: 13-29. (In Russ.)]

КОЛСАНОВ А.В.,

д.м.н., профессор, профессор РАН, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара, Россия,
e-mail: a.v.kolsanov@samsmu.ru

ГАРАНИН А.А.,

к.м.н., ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара, Россия, e-mail: sameagle@yandex.ru

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРА ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ В УНИВЕРСИТЕТСКИХ КЛИНИКАХ

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_82

Аннотация. Актуальность. Телемедицина является важным инструментом для обеспечения доступности медицинской помощи, способствуя снижению заболеваемости и смертности, прежде всего от хронических заболеваний. Необходимо внедрение в клиническую практику организационных моделей для развития телемедицины в нашей стране.

Цель. Сформировать новые подходы по наблюдению за пациентами с помощью телемедицинских технологий в федеральном учреждении.

Материал и методы. В центре телемедицины СамГМУ была активирована работа по проведению телемедицинских консультаций (ТМК) «врач-пациент» и «врач-врач». Внедрен послеоперационный телепатронаж пациентов, выписывающихся из стационара после проведенных хирургических вмешательств. Реализован подход fast-track в хирургии и интервенционной кардиологии. Организовано дистанционное наблюдение за пациентами кардиологического профиля. Налажена работа по дистанционному наблюдению за пациентами, находящимся в листе ожидания на пересадку внутренних органов и после ее выполнения.

Результаты. Число ТМК, проведенных в 2022 г., превышают данные 2020-21 гг. в 32,9 и 25,4 раза, соответственно. Анализ ТМК «врач-пациент» показал рост в 2022 г. по сравнению с 2021 г. в 358 раз. Отмечен рост ТМК «врач-врач» в 2022 г. по сравнению с 2021 г. в 2,5 раза. Выполнено 6602 ТМК в процессе реализации амбулаторного телепатронажа. 284 ТМК, выполненные в 2022 г., позволили осуществлять контроль пациентов после хирургических вмешательств. Подход «fast-track» позволил снизить койко-день пребывания в стационаре и обеспечить телемедицинское наблюдение 987 пациентов после кардиохирургических вмешательств. Практика дистанционного наблюдения позволила осуществлять динамический контроль за 53 пациентами, находящимися в листе ожидания на пересадку органов, и пациентами после трансплантации.

Выводы. Организация специализированных центров телемедицины в лечебно-профилактических учреждениях способствует развитию телемедицинских технологий в нашей стране и внедрению в отечественную медицину лучших инновационных практик, направленных на повышение качества и доступности медицинской помощи.

Ключевые слова: телемедицина; телемедицинские технологии; дистанционное наблюдение; телепатронаж; центр телемедицины.

Для цитирования: Колсанов А.В., Гаранин А.А. Опыт организации центра телемедицины в университетских клиниках. Врач и информационные технологии. 2024; 1: 82-91. doi: 10.25881/18110193_2024_1_82.

KOLSANOV A.V.,

DSc, Professor of the RAS, FSBEI HE SamSMU MOH Russia, Samara, Russia,
e-mail: a.v.kolsanov@samsmu.ru.

GARANIN A.A.

hD, FSBEI HE SamSMU MOH Russia, Samara, Russia, e-mail: sameagle@yandex.ru.

EXPERIENCE IN ORGANIZING A TELEMEDICINE CENTER IN UNIVERSITY CLINICS

DOI: 10.25881/18110193_2024_1_82

Abstract. *Background.* Telemedicine is an important tool for ensuring the availability of medical care, contributing to the reduction of morbidity and mortality, primarily from chronic diseases. It is necessary to introduce organizational models into clinical practice for the development of telemedicine in our country.

Aim. To form new approaches for monitoring patients using telemedicine technologies in a federal institution.

Material and methods. The work on conducting telemedicine consultations (TMC) «doctor-patient» and «doctor-doctor» was initiated and promoted in the center of telemedicine of SamSMU. Postoperative telepatronage of patients discharged from the hospital after surgical interventions has been introduced. The fast-track approach has been implemented in surgery and interventional cardiology. Remote monitoring of cardiological patients has been organized. Work has been established on remote monitoring of patients on the waiting list for organ transplantation and after its completion.

Results. The number of TMC conducted in 2022 exceeded the corresponding numbers of 2020 and 2021 by 32.9 and 25.4 times, respectively. The analysis of «doctor-patient» TMC showed an increase in 2022 compared to 2021 by 358 times. The growth in the number of «doctor-doctor» TMC in 2022 compared to 2021 by 2.5 times was noted. 6602 TMC were performed during the implementation of outpatient telepatronage. 284 TMC performed in 2022 allowed monitoring of patients after surgical interventions. The «fast-track» approach made it possible to reduce in-hospital length of stay and provided telemedicine monitoring of 987 patients after cardiac surgery. The practice of remote monitoring allowed for dynamic monitoring of 53 patients on the waiting list for organ transplantation and after transplantation.

Conclusions. The organization of specialized telemedicine centers in medical and preventive institutions contributes to the development of telemedicine technologies in our country and the introduction of the best innovative practices in domestic medicine aimed at improving the quality and accessibility of medical care.

Keywords: telemedicine; telemedicine technologies; remote surveillance; telepatronage; telemedicine center.

For citation: Kolsanov A.V., Garanin A.A. Experience in organizing a telemedicine center in university clinics. Medical doctor and information technology. 2024; 1: 82-91. doi: 10.25881/18110193_2024_1_82.

ВВЕДЕНИЕ

Телемедицина и концепция больших данных играют важную роль в достижении главных целей национального проекта «Здравоохранение». О приоритете этих направлений свидетельствует успешно завершённый крупный проект «Дистанционный мониторинг больных отдельными хроническими неинфекционными заболеваниями» Хелснет Национальной технологической инициативы [1]. Государственный уровень этой проблемы подчеркивается инициацией Правительством нашей страны Федерального проекта-маяка «Персональные медицинские помощники». Внедрение цифровых технологий в систему здравоохранения – один из эффективных инструментов снижения рисков сердечно-сосудистых осложнений и достижения целей федерального проекта «Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями», принимая во внимание тот факт, что именно болезни системы кровообращения вносят существенный вклад в состояние здоровья населения России, вызывая 55% смертей в общей популяции [2].

Актуальность телемедицины, в общем, и телемониторинга, в частности, подчеркивается «взрывным ростом» пула публикаций, посвящённых этой проблеме в России и за рубежом. При этом публикации представляют собой как оригинальные статьи, так и систематические обзоры, выполненные методом мета-анализа [3–9]. Фактически научное сообщество отмечает ежегодный рост печатных работ, посвящённых телемедицинским технологиям, в геометрической прогрессии. О высокой эффективности телемедицинского наблюдения свидетельствуют публикации национальных медицинских исследовательских центров [10–12].

Цель работы. Сформировать новые подходы по наблюдению за пациентами с помощью телемедицинских технологий на базе университетских клиник.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1 февраля 2022 г. в Самарском государственном медицинском университете (СамГМУ) организован научно-практический центр дистанционной медицины (НПЦ ДМ), который продемонстрировал за год своей работы высокую эффективность в плане организации

медицинской помощи посредством телемедицинских технологий прикрепленному населению, а также пациентам, выписывающимся из стационара.

С самого начала своей работы центр активно включился в работу по организации повторных телемедицинских консультаций (ТМК) «врач-пациент» пациентам с ОРВИ и COVID-19. Первое посещение пациент делал очно к врачу поликлиники, где ему проводились расспрос, осмотр, физикальное обследование, дополнительные лабораторные и инструментальные методы исследования, ставился диагноз, и назначалось лечение. Затем пациент включался в систему телепатронажа и с ним проводились ТМК.

Следующим шагом в развитии телемедицинских технологий в клиниках СамГМУ стало внедрение послеоперационного телепатронажа пациентов, выписывающихся из отделений хирургического профиля. После выполнения хирургических вмешательств и выписки по разработанным чек-листам осуществлялась структурированная телефонная поддержка пациентов в течение месяца после перенесённой операции, во время которой осуществлялся расспрос больного с выяснением жалоб и послеоперационного анамнеза. В случае выявления жалоб, указывающих на развитие послеоперационных осложнений, с пациентом проводилась ТМК лечащим хирургом или заведующим отделением, из которого выписался пациент. При необходимости пациент госпитализировался в экстренном порядке для устранения послеоперационных осложнений.

Одним из важнейших этапов внедрения телемедицинских технологий в клиническую практику в наших университетских клиниках послужила реализация подхода «fast-track» в ортопедии. Как правило, пациенты, которым выполняется эндопротезирование, находятся на стационарном лечении в течение 14 койко-дней. В случае реализации подхода «fast-track» пациенту на этапе перед госпитализацией проводятся ТМК «врач-пациент» в видео формате, в ходе которых его обучают пользованию костылями и упражнениям в рамках реабилитационной программы подготовки к эндопротезированию. В день поступления пациента оперируют, а через 48 часов при отсутствии противопоказаний его выписывают под амбулаторное наблюдение, и в течение 14 дней проводятся ТМК, в процессе

которых врач ЛФК назначает реабилитационные мероприятия.

Подход, подобный концепции «fast-track», применен нами в интервенционной кардиологии. С этой целью перед госпитализацией с пациентом проводится ТМК, в процессе которой ему предлагаются рекомендации для подготовки к оперативному вмешательству. В день поступления пациенту выполняется коронароангиография (КАГ) / чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ), и через 48 часов он выписывается под наблюдение специалистов НПЦ ДМ.

Кроме того, нами организовано дистанционное диспансерное наблюдение за пациентами кардиологического профиля, выписывающихся из стационара после перенесенного острого коронарного синдрома и плановых кардиохирургических вмешательств, в том числе с использованием рентгенэндоваскулярных методов лечения. За ними в течение месяца устанавливается удаленное наблюдение в виде структурированной телефонной поддержки и, при необходимости, – ТМК терапевта или кардиолога в зависимости от профиля пациента. В последующем такие пациенты, согласно приказу Минздрава России от 15.03.2022 г. № 168н, включались в программу диспансерного наблюдения, в ходе которого помимо очных визитов через 6 и 12 месяцев с ними проводились ТМК через 3 и 9 месяцев.

Нами налажена работа по дистанционному наблюдению за пациентами, находящимися в листе ожидания на пересадку внутренних органов, а также пациентами, которым выполнена

трансплантация. С этой целью пациентам, находящимся в листе ожидания для пересадки внутренних органов, проводится структурированная телефонная поддержка по разработанным чек-листам с последующими ТМК по требованию с врачами-трансплантологами или специалистами терапевтического профиля. Такая телемедицинская поддержка осуществляется до проведения пациенту операции по трансплантации органа. Затем пациент включается в лист наблюдения после пересадки и с ним ежемесячно проводится телемедицинский контакт до года после выполнения хирургического вмешательства.

Также усилиями специалистов клиник СамГМУ была активизирована работа по проведению ТМК «врач-врач» в Единой медицинской информационно-аналитической системе (ЕМИАС). С этой целью составлено расписание, включающее ежедневную работу более 150 специалистов по 40 профилям.

Кроме того, в ноябре 2022 г. СамГМУ включен в перечень организаций, оказывающих медицинскую помощь посредством информационно-коммуникационных технологий другим медицинским организациям (МО) нашей страны с использованием платформы Федеральной телемедицинской системы (ФТМС).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики числа ТМК за прошедший год демонстрирует их значительный рост с момента открытия НПЦ ДМ (табл. 1). Так, в феврале 2022 г. по сравнению с январем произошло

Таблица 1 — Динамика количества ТМК в 2022 г.

Месяц	Врач-врач (ЕМИАС)	Врач-пациент	Всего
Январь	2	4	6
Февраль	1	549	550
Март	14	358	372
Апрель	15	529	544
Май	12	432	444
Июнь	30	570	600
Июль	30	601	631
Август	69	897	966
Сентябрь	52	1180	1232
Октябрь	57	925	982
Ноябрь	54	816	870
Декабрь	56	1012	1068
Итого	392	7873	8265

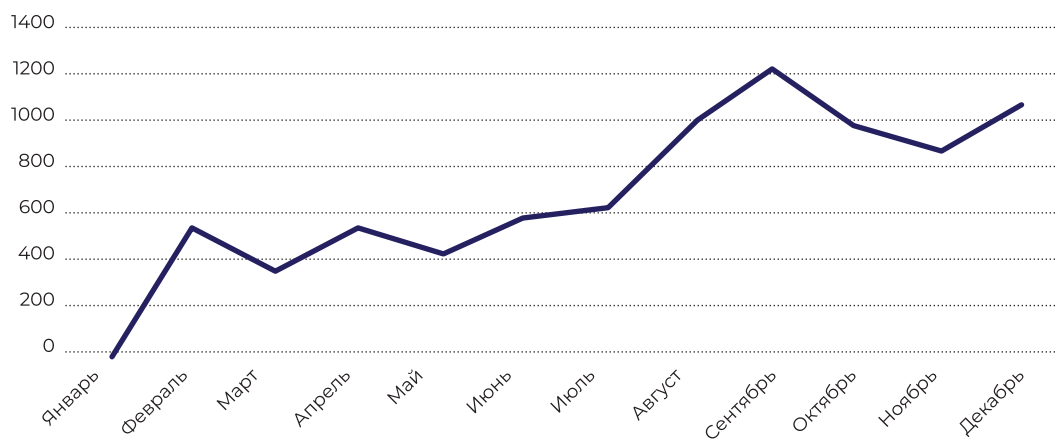


Рисунок 1 — Динамика общего количества ТМК в 2022 г.

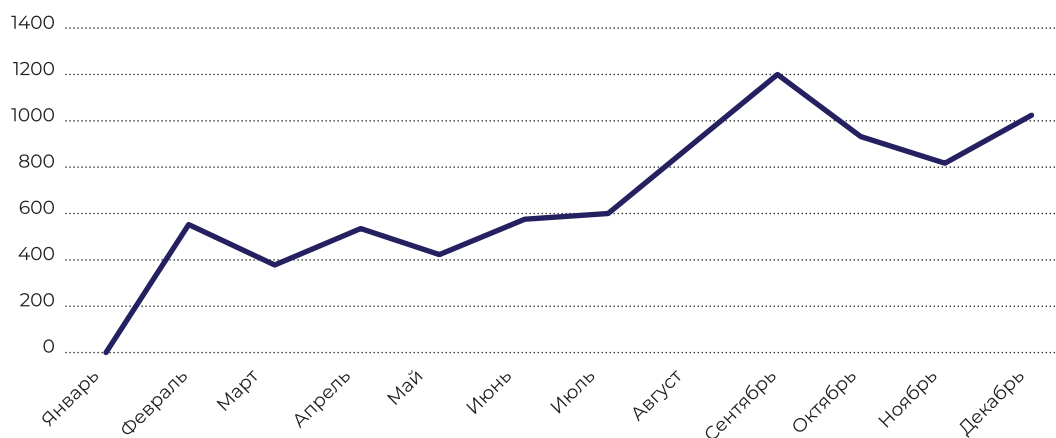


Рисунок 2 — Динамика ТМК «врач-пациент» в 2022 г.

увеличение общего количества ТМК в 91,7 раза! В целом с февраля по июль наблюдалось некое плато по количеству ТМК: их число колебалось от 372 (минимум в марте) до 631 (максимум в июле). С августа снова отмечен рост ТМК, что связано, очевидно, с активизацией очередной волны новой коронавирусной инфекции. При этом высокая заболеваемость отмечалась до конца 2022 г. с максимумами в сентябре и декабре – 1232 и 1068 ТМК, соответственно.

Более наглядно динамику общего количества ТМК по месяцам в 2022 г. можно проследить на рис. 1.

Следует отметить, что рост ТМК в 2022 г. произошёл прежде всего за счет увеличения консультаций «врач-пациент» (рис. 2).

Однако и в отношении консультаций «врач-врач» (рис. 3) также наблюдается положительная динамика, что особенно заметно на примере июня, когда было составлено расписание консультаций специалистов узкого профиля, которое затем было направлено в региональное Министерство здравоохранения, а оттуда произведена рассылка по всем МО и размещена информация на сайте медицинского информационно-аналитического центра. Хотим подчеркнуть, что в работе по данному направлению задействовано более 150 врачей Клиник СамГМУ по всем представленным специальностям. Это позволило увеличить количество такого рода консультаций и обеспечить консультационной поддержкой МО г. Самары и Самарской области. С июля и до

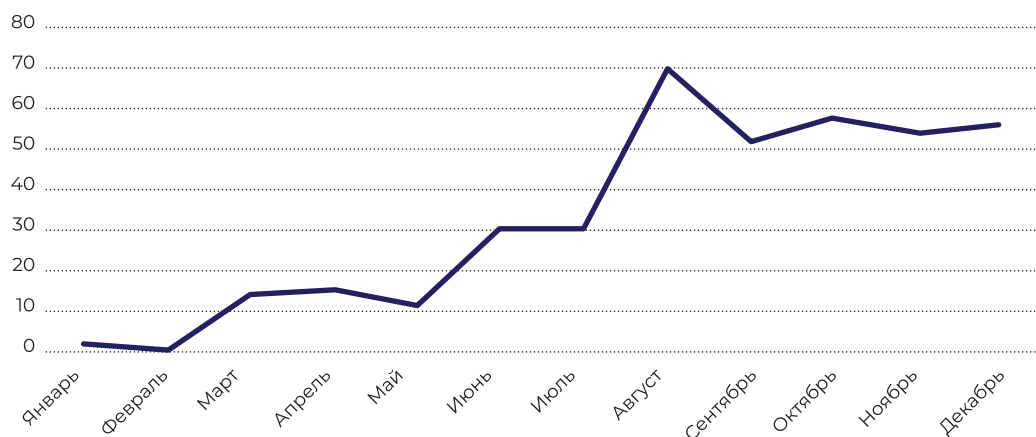


Рисунок 3 — Динамика ТМК «врач-врач» в 2022 г.

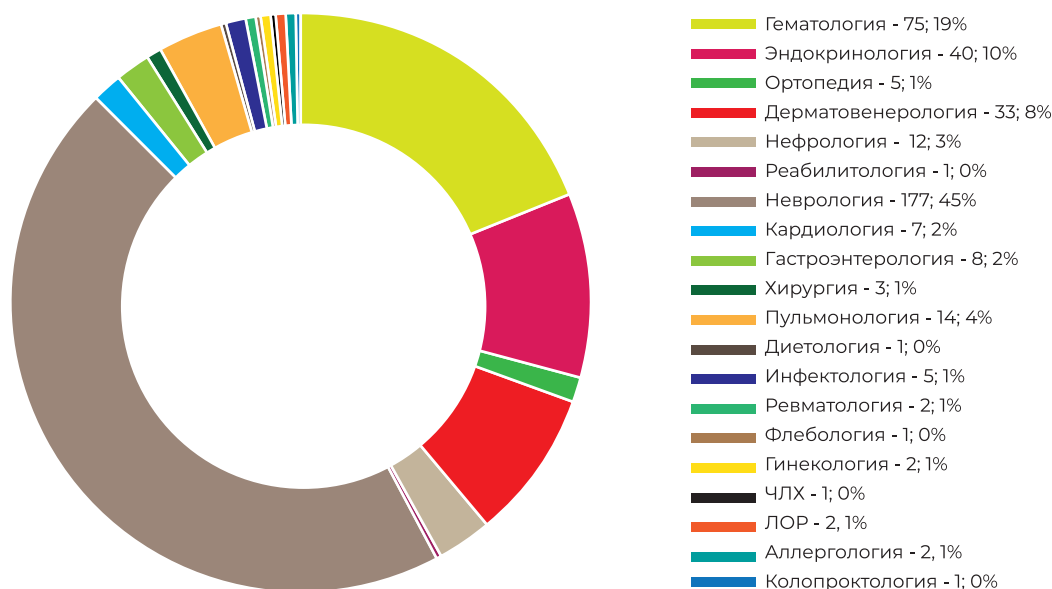


Рисунок 4 — Вклад специалистов в ТМК «врач-врач».

конца года сохранялась тенденция высокой востребованности консультаций «врач-врач» – их количество ежемесячно превышало 50.

Самыми востребованными специальностями при реализации ТМК в формате «врач-врач» (рис. 4) оказались неврология (177 ТМК), гематология (75 ТМК) и эндокринология (40 ТМК). Связано это, очевидно, с дефицитом этих специалистов во многих ЛПУ, а также перепрофилированием МО, имеющих узкоспециализированные отделения по данному профилю, в ковид-стационары.

Если сравнивать количество ТМК в 2022 г. с числом консультаций, выполненных в 2021 г., то тут также можно отметить уверенный рост (табл. 2).

Общее количество ТМК увеличилось в 25,3 раза, «врач-врач» – в 2 раза, «врач-пациент» – в 357,9 раз.

При этом существенных отличий в 2021 г. от показателей 2020 г. отмечено не было (табл. 3). Данный факт демонстрирует, что уверенный рост ТМК в 2022 г. обеспечен деятельностью НПЦ ДМ.

Таблица 2 — Сравнение числа ТМК в 2021–2022 гг.

Год	«Врач-врач» ЕМИАС	«Врач-врач» ФТМС	Врач-пациент	Всего
2021	133	181	22	336
2022	392	231	7873	8496

Таблица 3 — Динамика числа ТМК в 2020–2022 гг.

Год	Количество ТМК
2020	260
2021	336
2022	8496

Таблица 4 — Распределение ТМК «врач-пациент» по направлениям в 2022 г.

Месяц	ОРВИ/COVID-19	КАГ/ЧКВ	Постоперационный телепатронаж	Всего
Январь	4	0	0	4
Февраль	549	0	0	549
Март	358	0	0	358
Апрель	440	89	0	529
Май	376	56	0	432
Июнь	365	143	63	570
Июль	408	117	76	601
Август	777	96	24	897
Сентябрь	1037	137	6	1180
Октябрь	739	173	13	925
Ноябрь	667	85	64	816
Декабрь	882	91	38	1012
Итого	6602	987	284	7873

Общее количество ТМК в 2022 г. имеет четкую зависимость от количества консультаций, выполненных по поводу COVID-19, что наглядно продемонстрировано в табл. 4. Указанный период времени совпал с эпохой пандемии COVID-19, отмечалась перегрузка систем здравоохранения, высокая заболеваемость среди медицинского персонала, а внедрение системы телепатронажа позволило значительно снизить нагрузку на поликлиническое звено и разгрузить амбулаторную службу.

Пик ТМК, выполненных по поводу новой коронавирусной инфекции, приходится на февраль 2022 г. (высокая активность штамма «Омикрон») и август-сентябрь 2022 г. (новый штамм «Кентавр»). В последующем до конца 2022 г. сохраняется высокая заболеваемость ОРВИ, что связано с присоединением к эпидемическому процессу гриппа и других

сезонных вирусных инфекций помимо COVID-19. Замена очных консультаций телемедицинскими в такие эпидемиологически неблагоприятные периоды позволяет сократить количество очных визитов в поликлинику, снизить число случаев микстинфекций, когда, например, к инфекции, вызванной COVID-19, присоединяется грипп или другая ОРВИ, а течение первичной инфекции ухудшается, что ведет к росту инфекционных и неинфекционных осложнений, более длительному периоду выздоровления и потери трудоспособности.

С апреля 2022 г. НПЦ ДМ включился в реализацию технологий «фаст-трек» у пациентов ортопедического и кардиологического профиля. В результате удалось сократить койко-день у пациентов, которым выполняется эндопротезирование коленных и тазобедренных суставов с 14 суток до 72–96 часов. Данное направление

является весьма актуальным в мировой [13–15] и отечественной хирургии [16–18].

У пациентов кардиологического профиля, которым выполняется плановая КАГ/ЧКВ, удалось сократить койко-день с 7 суток до 48 часов, что соответствует мировым стандартам оказания помощи данной категории больных [19–21]. Центр планирует наращивать объем ТМК по данному направлению за счет подключения к работе отделений сердечно-сосудистой хирургии. Данная концепция имеет положительные медико-экономические эффекты: позволяет сократить койко-день пребывания пациентов кардиологического профиля в стационаре и увеличить оборот койки, а также минимизировать осложнения после кардиохирургических и рентгенэндоваскулярных вмешательств.

С июня 2022 г. НПЦ ДМ начал реализацию практики послеоперационного телепатронажа пациентам флебологического профиля, а затем пациентам, выписываемым из отделений абдоминальной и общей хирургии, урологии, колопроктологии. По итогам 1 квартала 2023 г. нам удалось подключить к системе телепатронажа все отделения хирургического профиля, учитывая высокую эффективность данного подхода и в нашей практической деятельности, и по данным научных исследований, в том числе и зарубежного опыта. Внедрение такой практики позволяет избежать тромботических и гнойно-септических осложнений, расхождение швов в раннем послеоперационном периоде.

В октябре 2022 г. мы начали реализацию дистанционного диспансерного наблюдения с использованием телемедицинских технологий пациентов кардиологического профиля с высоким риском сердечно-сосудистых событий.

В начале 2023 г. дистанционное диспансерное наблюдение с использованием ТМК экстраполировано на пациентов, находящихся в листе ожидания на трансплантацию сердца, печени и почек, а также тем пациентам, которые перенесли пересадку этих жизненно важных органов. Данная практика позволяет повысить приверженность пациентов лечению и интерес к контролю над состоянием своего здоровья, а также своевременно выявить отрицательную динамику течения хронических неинфекционных заболеваний, что способствует уменьшению количества вызовов скорой медицинской помощи, сокращению числа очных визитов в поликлинику, количества и сроков

госпитализаций и, в конечном счете, снижению смертности, что показано на примере амбулаторного дистанционного наблюдения пациентов с хронической сердечной недостаточностью [22].

В процессе реализации телемедицинских проектов нами достигнуты определенные методические и организационные успехи. Так, использование медицинской информационной системы в клиниках СамГМУ позволило впервые в Самарской области внедрить в практику систему внутренних консультаций в пределах одной МО. Это позволяет своевременно реагировать на изменения в состоянии здоровья пациентов, повысить качество и доступность оказания медицинской помощи, сократить время на запросы специалистам узкого профиля при лечении коморбидных пациентов и получении второго мнения, а также оптимизировать рабочий процесс и сэкономить время врачей на перемещения между корпусами. Внедрение данной системы может быть особенно актуально для многопрофильных крупных федеральных медицинских центров, областных и республиканских больниц.

В конце 2022 г. мы сделали еще один важный шаг – успешное взаимодействие с ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России позволило нам вывести СамГМУ на другой, более качественный уровень в плане оказания телемедицинской помощи: наш университет включен в перечень МО, оказывающих телемедицинскую помощь, что позволяет дистанционно консультировать МО любого субъекта Российской Федерации. Наши специалисты уже начали оказывать помощь в формате телемедицинских консультаций «врач-врач» коллегам из других регионов нашей страны.

По результатам работы центра в преискурант клиник СамГМУ впервые в Самарской области введены 2 новые услуги, оказываемые на внебюджетной основе: «Телемедицинская консультация» и «Дистанционное наблюдение за показателями артериального давления и пульса». Это позволит увеличить объем медицинской помощи, выполняемой на внебюджетной основе, и будет способствовать повышению заработной платы сотрудникам МО, ее развитию. Кроме того, в адрес Министерства здравоохранения Самарской области направлено предложение о включении в территориальную программу государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи в Самарской области

двух новых медицинских услуг: «Дистанционное наблюдение за показателями артериального давления» и «Дистанционное наблюдение за показателями частоты сердечных сокращений», что позволит сделать оказание медицинской помощи посредством телемедицинских технологий более доступным для населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт организации научно-практического центра дистанционной медицины на базе федерального учреждения демонстрирует высокую

востребованность направления «телемедицина» и инструментов, которыми она располагает. По нашему мнению, создание и организация центров телемедицины на базе крупных федеральных центров, областных и республиканских больниц будет способствовать повышению качества и доступности оказания медицинской помощи, поможет развитию телемедицины на уровне регионов, и в целом в стране, ускорит формирование и оптимизацию федеральной телемедицинской системы и становлению вертикально интегрированных медицинских информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Комков Д.С., Горячкин Е.А., Корсунский Д.В. и др. Клиническая эффективность различных моделей телемедицинских технологий у больных с артериальной гипертензией // Профилактическая медицина. – 2020. – Т.23. – №4. – С.27-35. [Komkov DS, Goryachkin EA, Korsunsky DV, et al. Clinical efficacy of various models of telemedicine technologies in patients with arterial hypertension. Preventive medicine. 2020; 23(4): 27-35. (In Russ.)] doi: 10.17116/profmed20202304127.
2. Усова Е.И., Ионов М.В., Алиева А.С., Авдонина Н.Г., Яковлев А.Н., Звартау Н.Э. Интегрированное решение для пациентов очень высокого сердечно-сосудистого риска. Окончательные Результаты. Российский кардиологический журнал. – 2023. – Т.28. – №2. – С.27-41. [Usova EI, Ionov MV, Alieva AS, Avdonina NG, Yakovlev AN, Zvartau NE. Integrated solution for patients with very high cardiovascular risk. Final Results. Russian Journal of Cardiology. 2023; 28(2): 27-41. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2023-5358.
3. Elbadawi A, Tan BE, Assaf Y, et al. Digital health intervention in patients with recent hospitalization for acute heart failure: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. Int J Cardiol. 2022; 359: 46-53. doi: 10.1016/j.ijcard.2022.04.039.
4. Aronow WS, Shamliyan TA. Comparative Effectiveness of Disease Management With Information Communication Technology for Preventing Hospitalization and Readmission in Adults With Chronic Congestive Heart Failure. J Am Med Dir Assoc. 2018; 19(6): 472-479. doi: 10.1016/j.jamda.2018.03.012.
5. Ruiz MC, Appleton PR, Duda JL, Bortoli L, Robazza C. Correction: Ruiz et al. Social Environmental Antecedents of Athletes' Emotions. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 4997. Int J Environ Res Public Health. 2021; 18(13): 6756. doi: 10.3390/ijerph18136756.
6. Лебедев Г.С., Владимировский А.В., Шадркин И.А., Дударева В.П. Комплекс дистанционного мониторинга при хронических неинфекционных заболеваниях // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2022. – Т.1. – №8. – С.7-14. [Lebedev GS, Vladimirovsky AV, Shaderkin IA, Dudareva VP. Remote monitoring complex for chronic non-communicable diseases. Russian Journal of Telemedicine and E-Health. 2022; 8(1): 7-14. (In Russ.)] doi: 10.29188/2712-9217-2022-8-1-7-14.
7. Селиверстов П.В., Безручко Д.С., Васин А.В., Гриневич В.Б. Телемедицинский дистанционный многопрофильный анкетный скрининг как инструмент раннего выявления хронических неинфекционных заболеваний. Медицинский совет. – 2023. – Т.6. – №17. – С.311-321. [Seliverstov PV, Bezruchko DS, Vasin AV, Grinevich VB, et al. Telemedicine remote multidisciplinary questionnaire screening as an early detection tool for chronic non-communicable diseases. Medical advice. 2023; 17(6): 311-321. (In Russ.)] doi: 10.21518/ms2023-070.
8. Потапов А.П., Ярцев С.Е., Лагутова Е.А. Дистанционное наблюдение за пациентами с хронической сердечной недостаточностью с применением телемониторинга АД и ЭКГ // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – Т.3. – №7. – С.42-51. [Potapov AP, Yartsev SE, Lagutova EA. Remote monitoring of patients with chronic heart failure using blood pressure and ECG telemonitoring. Russian Journal of Telemedicine and E-Health. 2021; 7(3): 42-51. (In Russ.)] doi: 10.29188/2712-9217-2021-7-3-42-51.
9. Гребенникова А.А., Столяров А.Ю., Лопатин Ю.М. Применение платформы удаленного мониторинга на базе мобильного приложения для повышения приверженности к самопомощи пациентов с хронической сердечной недостаточностью // Кардиология. – 2017. – Т.57. – №4S. – С.11-18. [Grebennikova AA, Stolyarov AYU, Lopatin YUM. Application of a remote monitoring

- platform based on a mobile application to increase adherence to self-help in patients with chronic heart failure. *Cardiology*. 2017. 45(57): 11-18. (In Russ.)] doi: 10.18087/cardio.2413.
10. Драпкина О.М., Корсунский Д.В., Комков Д.С., Калинина А.М. Перспективы разработки и внедрения дистанционного контроля уровня артериального давления пациентов, находящихся на диспансерном наблюдении // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2022. – Т.21. – №3. – С.14-19. [Drapkina OM, Korsunsky DV, Komkov DS, Kalinina AM. Prospects for the development and implementation of remote monitoring of the blood pressure level of patients under dispensary supervision. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2022; 21(3): 14-19. (In Russ.)] doi: 10.15829/1728-8800-2022-3212.
 11. Кобякова О.С., Деев И.А., Тюфилин Д.С., Александров Г.О., Куликов Е.С. Удаленный мониторинг хронических неинфекционных заболеваний: потенциал в условиях пандемии COVID-19 // Бюллетень сибирской медицины. – 2022. – Т.21. – №1. – С.109-120. [Kobyakova OS, Deev IA, Tyufin DS, Alexandrov GO, Kulikov ES. Remote monitoring of chronic non-communicable diseases: potential in the conditions of the COVID-19 pandemic. *Byulleten' sibirskoj mediciny*. 2022; 21(1): 109-120. (In Russ.)] doi: 10.20538/1682-0363-2022-1-109-120.
 12. Мокрышева Н.Г., Галстян Г.Р., Киржаков М.А., Еремкина А.К., Пигарова Е.А., Мельниченко Г.А. Пандемия COVID-19 и эндокринопатии // Проблемы эндокринологии. – 2020. – Т.66. – №1. – С.7-13. [Mokrysheva NG, Galstyan GR, Kirzhakov MA, Eremkina AK, Pigarova EA, Melnichenko GA. The COVID-19 pandemic and endocrinopathy. *Problemy endokrinologii*. 2020; 66(1): 7-13. (In Russ.)] doi: 10.14341/probl12376.
 13. Gromov K, Kristensen BB, Jørgensen CC, Hansen TB, Kehlet H, Husted H. [Fast-track total knee arthroplasty]. *Ugeskr Laeger*. 2017; 179(38): V04170300.
 14. Querci L, Caravelli S, Di Ponte M, Fuiano M, De Blasiis P, Sirico F, et al. Enhanced recovery (fast-track surgery) after total ankle replacement: The state of the art. *Foot Ankle Surg*. 2022; 28(8): 1163-1169. doi: 10.1016/j.fas.2022.07.001.
 15. Pennestrì F, Maffulli N, Sirtori P, Perazzo P, Negrini F, Banfi G, Peretti GM. Blood management in fast-track orthopedic surgery: an evidence-based narrative review. *J Orthop Surg Res*. 2019; 14(1): 263. doi: 10.1186/s13018-019-1296-5.
 16. Маневский А.А., Свиридов С.В., Мелехов А.В., Бармотин Г.В., Демин А.К., Никитин И.Г. Ускоренное восстановление при эндопротезировании коленного и тазобедренного суставов: необходимость национальных рекомендаций. Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2022; – Т.19. – №6. – С.86-96. [Manevsky AA, Sviridov SV, Melekhov AV, Barmotin GV, Demin AK, Nikitin IG. Accelerated recovery during knee and hip replacement: the need for national recommendations. *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2022; 19(6): 86-96. (In Russ.)] doi: 10.21292/2078-5658-2022-19-6-86-96.
 17. Тарасова И.А., Лиджиева Э.А., Элифханова Х.У., Шестаков А.Л., Эттингер А.П. Программа ускоренного выздоровления хирургических больных в герниологии // Доказательная гастроэнтерология. – 2021. – Т.10. – №4. – С.57-66. [Tarasova IA, Lidzhieva EA, Elifkhanova HU, Shestakov AL, Ettinger AP. Program of accelerated recovery of surgical patients in herniology. *Dokazatel'naya gastroenterologiya*. 2021; 10(4): 57-66. (In Russ.)] doi: 10.17116/dokgastro20211004157.
 18. Ильканич А.Я., Дарвин В.В., Воронин Ю.С. Применение программы ускоренного восстановления у пациентов после вмешательств на ободочной и прямой кишке // Вестник СурГУ. Медицина. – 2023. – Т.16. – №1. – С.29-34. [Ilkanich AY, Darwin VV, Voronin YuS. Application of the accelerated recovery program in patients after colon and rectum interventions. *Vestnik SurGU. Medicina*. 2023; 16(1): 29-34. (In Russ.)] doi: 10.35266/2304-9448-2023-1-29-34.
 19. Bonaros N, Höfer D, Grimm M, Müller L. How to define minimally invasive mitral surgery? First, by a fast-track procedure. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2022; 62(5): ezac512. doi: 10.1093/ejcts/ezac512.
 20. Bianchi P, Constantine A, Costola G, Mele S, Shore D, Dimopoulos K, Aw TC. Ultra-Fast-Track Extubation in Adult Congenital Heart Surgery. *J Am Heart Assoc*. 2021; 10(11): e020201. doi: 10.1161/JAHA.120.020201.
 21. Desai SR, Hwang NC. Fast-Tracking in Cardiac Surgery-Is It the Patient or the Protocol? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020; 34(6): 1485-1486. doi: 10.1053/j.jvca.2020.01.006.
 22. Гаранин А.А., Муллова И.С., Шкаева О.В., Дуплякова П.Д., Дупляков Д.В. Амбулаторный дистанционный мониторинг пациентов, выписанных из отделения неотложной кардиологии // Российский кардиологический журнал. – 2022. – Т.27. – №3S. – С.8-15. [Garanin AA, Mullova IS, Shkaeva OV, Duplyakova PD, Duplyakov DV. Outpatient remote monitoring of patients discharged from the Department of Emergency Cardiology. *Russian Journal of Cardiology*. 2022; 27(S3): 8-15. (In Russ.)] doi: 10.15829/1560-4071-2022-5072.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнал «Врач и информационные технологии» принимаются статьи и сообщения по наиболее значимым вопросам здравоохранения, информатизации и создания единого отраслевого информационного пространства. Принятые статьи публикуются бесплатно. Рукописи статей авторам не возвращаются.

1. Работы для опубликования в журнале должны быть представлены в соответствии с данными требованиями. Рукописи, оформленные не в соответствии с требованиями, к публикации не принимаются и не рассматриваются.
2. Статья должна сопровождаться:
 - направлением руководителя организации/учреждения в редакцию журнала. Письмо должно быть выполнено на официальном бланке учреждения, подписано руководителем учреждения и заверено печатью;
 - экспертным заключением организации/учреждения о возможности опубликования в открытой печати;
 - подписями всех авторов, заявленных в исследовании, и сведениями, включающими имя, отчество, фамилию, ученую степень и/или звание, и место работы;
 - сопроводительные документы должны быть в формате pdf или jpg.
3. Не допускается направление в редколлегию работ, напечатанных в других изданиях или уже отправленных в другие редакции. Объем оригинальных научных статей не должен превышать 15 страниц, с учетом вышеизложенных требований; обзорных статей — 25 страниц.
4. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений.
 - Автор несет ответственность за достоверность информации.
 - Автор, направляя рукопись в Редакцию, принимает личную ответственность за оригинальность исследования, поручает Редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в печати.
 - Плагиатом считается умышленное присвоение авторства чужого произведения науки, мысли, искусства или изобретения. Плагиат может быть нарушением авторско-правового законодательства и патентного законодательства и в качестве таковых может повлечь за собой юридическую ответственность Автора.
 - Автор гарантирует наличие у него исключительных прав на использование переданного Редакции материала.
 - Редакция не несет ответственности перед третьими лицами за нарушение данных Автором гарантий.
5. Текст рукописи должен быть тщательно выверен и не содержать грамматических, орфографических и стилистических ошибок.
6. Текст рукописи должен быть выполнен в формате MS (*.doc, *.docx), размер кегля 14, шрифт Times New Roman, межстрочный интервал 1,5, поля обычные, выравнивание по ширине. Страницы нумеруют, начальной считается титульная страница. Необходимо удалить из текста статьи двойные пробелы. Статья должна быть представлена в электронном варианте и переслана по электронной почте: vit-j@pirogov-center.ru в виде прикрепленного файла.
7. При описании клинических наблюдений не допускается упоминание фамилий пациентов, номеров историй болезни, в том числе на рисунках.
8. Иллюстративный материал (черно-белые и цветные фотографии, рисунки, диаграммы, схемы, графики) размещают в тексте статьи в месте упоминания (jpg, разрешение не менее 300 dpi). Они должны быть четкие, контрастные. Цифровые версии иллюстраций должны быть сохранены в отдельных файлах в формате Tiff или JPEG, с разрешением не менее 300 dpi и последовательно пронумерованы. Диаграммы должны быть представлены в исходных файлах. Перед каждым рисунком, диаграммой или таблицей в тексте обязательно должна быть ссылка. Подписи к рисункам должны быть отделены от рисунков, располагаться под рисунками, содержать порядковый номер рисунка, и (вне зависимости от того, располагаются ли рисунки в тексте или на отдельных страницах) представляются на отдельных страницах в конце публикации.
9. Таблицы (вне зависимости от того, располагаются ли они в тексте или на отдельных страницах) должны быть представлены каждая на отдельной странице в конце рукописи. Таблица должна иметь порядковый номер и заголовок, кратко отражающий ее содержание. Заглавие «Таблица ...» располагается в отдельной строке и центрируется по правому краю.
10. Сокращения расшифровывают при первом упоминании в тексте. Не используются сокращения, если термин появляется в тексте менее трех раз. Не используются сокращения в аннотации, заголовках и названиях статей. В конце статьи прилагается расшифровка всех аббревиатур, встречаемых в тексте.
11. Все физические величины рекомендуется приводить в международной системе СИ. Без точек пишется: ч, мин, мл, см, мм (но мм рт. ст.), с, мг, кг, мкг (в соответствии с ГОСТ 7.12—93). С точками: мес., сут., г. (год), рис., табл. Для индексов используется верхние (кг/м²) или нижние (СН₂DS₂-VAsc) регистры. Знак мат. действий и соотношений (+, —, ×, /, =, ~) отделяют от символов и чисел: p = 0,05. Знак ± пишется слитно с цифровыми обозначениями: 27,0±17,18. Знаки >, <, ≤ и ≥ пишутся слитно: p>0,05. В тексте рекомендуется заменять символы словами: более (>), менее (<), не более (≤), не менее (≥). Знак % пишется слитно с цифровым показателем: 50%; при двух и более цифрах знак % указывается один раз после чисел: от 50 до 70%: на 50 и 70%. Знак № не отделяется от числа: №3. Знак °C отделяется от числа: 13 °C. Обозначения единиц физических величин отделяется от цифр: 13 мм. Названия и символы генов выделяются курсивом: ген *KCNH2*.
12. Редакция имеет право вести переговоры с авторами по уточнению, изменению, сокращению рукописи.
13. Присланные материалы направляются для рецензирования членам редакционного совета по усмотрению редколлегии.

Более подробная информация по оформлению статьи размещена на сайте журнала <http://vit-j.ru>

