



# ВРАЧ

И ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ

№1 2021

MEDICAL DOCTOR AND IT



ISSN 1811-0193  
9 1771811019000



**ОЛЕГ КАРПОВ,**  
**Главный редактор журнала**  
**«Врач и информационные технологии»**

Уважаемые коллеги!

В последние несколько лет во всём мире наблюдается активное развитие медицинских информационных систем, что позволяет здравоохранению работать эффективнее и быстрее. Информатизация здравоохранения в России в настоящий момент испытывает повышенное внимание не только со стороны медицинского сообщества, но и IT-сферы: разработчиков программного обеспечения, инновационных медицинских изделий. Очевидно, что внедрение информационных технологий в нашу работу уже не будущее, а настоящее. Это выводит здравоохранение на новый уровень развития, положительно влияя на все аспекты медицинской деятельности.

Прогрессивное и динамичное развитие нашего сравнительно нового направления невозможно без тесной связи науки и практики. Создание общего информационного пространства играет в этом вопросе главную роль. За 17 лет существования журнал «Врач и ИТ» занял прочное место среди профильных периодических изданий, освещая основополагающие разработки и наиболее актуальные научные тренды в области внедрения современных программ и телекоммуникационной инфра-

структуры в здравоохранение. Издание идёт не просто в ногу со временем, отвечая всем современным тенденциям, а в какой-то степени старается играть на опережение. Таким образом, мы вносим свой вклад в развитие информатизации здравоохранения и работаем на перспективу развития отрасли. Материалы, представленные на страницах издания, позволяют медицинским сотрудникам, а также представителям IT-сферы всей страны, быть в курсе последних достижений и разработок в области информационных технологий.

Наступивший год стал знаковым для журнала «Врач и ИТ». Произошла смена учредителя и издательства. Мы не сомневаемся, что данные изменения помогут созданию комфортных условий публикации статей не только для отечественных, но и зарубежных авторов и обеспечения широкого доступа к ним. Первым шагом на этом пути стала отмена оплаты авторского взноса при публикации в журнале. Следуя европейскому принципу Open Access Initiative, все выпуски «Врач и ИТ» будут доступными для читателей в полном объёме и находиться в постоянном открытом доступе на новом сайте <http://www.vit-j.ru>. Периодичность выпусков останется без изменений — 4 номера в год.

Выражаем уверенность в том, что журнал станет современной площадкой для обсуждения научных идей и результатов в области информационных технологий и медицины в России и за рубежом, позволит разбирать реальные кейсы по внедрению ИТ в медицину. В первом номере речь пойдет о 3D-печати, искусственном интеллекте, нейроэлектронике.

В заключение хочется выразить признание и благодарность идейному вдохновителю нашего журнала, который стоял у истоков его создания, — академику РАН Стародубову Владимиру Ивановичу. Только благодаря его знаниям, опыту и профессионализму журнал «Врач и ИТ» стал одним из лучших профильных периодических изданий. Владимир Иванович перешёл на пост почетного главного редактора, и я уверен, что его энергия, поддержка и конструктивная критика позволят придать журналу нужный вектор развития. По его же инициативе этот год ознаменовался ещё одним очень важным событием: была изменена и значительно расширена номенклатура научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени, что отражено в приказе № 118 Минобрнауки России от 24.02.2021. Это долгожданное решение — значительный шаг вперёд для всего научного сообщества России.

Благодарю членов редколлегии, редакционного совета за проделанную работу, а авторов — за интерес к изданию с первых дней его существования и приглашаю к сотрудничеству разработчиков, пользователей, учёных и всех заинтересованных специалистов. Рассчитываю, что с Вашей помощью наш журнал станет одним из лидирующих периодических научных изданий в области информатизации здравоохранения.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК по специальности 05.13.00 (информатика, вычислительная техника и управление) и 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.**, член-корреспондент 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 ЦНИИОЗ Минздрава России, представитель России в Исполнительном Комитете ВОЗ, Москва, Россия

#### ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Зарубина Т.В.**, д.м.н., проф., заведующая кафедрой медицинской кибернетики и информатики, ФGAOU VO РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

**Гусев А.В.**, к.т.н., член экспертного совета Минздрава по вопросам использования ИКТ, директор по развитию компании «К-Скай», член наблюдательного совета ассоциации «НБМЗ», Петрозаводск, Россия

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

**Владимирский А.В.**, д.м.н., заместитель директора по научной работе НПЦ медицинской радиологии ДЭМ, Москва, Россия

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

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

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

**Столбов А.П.**, д.т.н., профессор кафедры организации здравоохранения, медицинской статистики и информатики ФGAOU ВО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия

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

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

**Храмов А.Е.**, д.ф.м.н., профессор, руководитель лаборатории нейронауки и когнитивных технологий, профессор Университета Иннополис, Иннополис, 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.**, Corresponding Member 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 Federal State Budgetary Institution TsNIOZ of the Ministry of Health of Russia, Representative of Russia in the WHO Executive Committee, Moscow, Russia

#### DEPUTY CHIEF EDITORS

**Zarubina T.V.**, DSc, Prof., Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, FGAOU VO RNIMU named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

**Gusev A.V.**, PhD, member of the expert council of the Ministry of Health on the use of ICT, development director of the K-Sky company, member of the supervisory board of the NBMZ association, Petrozavodsk, Russia

#### EDITORIAL BOARD

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

**Vladimirsky A.V.**, DSc, Deputy Director for Research, Scientific Research Center for Medical Radiology, Moscow, 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

**Gribova V.V.**, 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

**Zingerman B.V.**, Head of Digital Medicine, INVITRO, 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

**Rebrova O.Yu.**, DSc, Prof. of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, FGAOU VO RNIMU named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

**Shvyrev S.L.**, PhD, Deputy Head of the Regulatory Service of the Federal Register of the NSI FGBU TsNIOIZ, Moscow, Russia

**Khramov A.E.**, DSc, Prof., Head of the Laboratory of Neuroscience and Cognitive Technologies, Prof. of Innopolis University, Innopolis, 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., член-корреспондент РАН,  
д. м. н., проф.

**Почетный главный редактор:**

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

**Зам. главного редактора:**

Зарубина Т. В., 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 ИПЦ «Маска». 127018,  
г. Москва, ул. Малая Юшуньская, д.1, к.1.

Подписано в печать 21 мая 2021 г.  
Общий тираж 1000 экз.  
Распространяется бесплатно.  
© Издательство Пироговского Центра

## ОБЗОРЫ

*Арзамасов К.М., Дрогатов В.А., Шутов Д.В.,*

*Демкина А.Е., Владимирский А.В., Морозов С.П.*

**Систематический обзор клинического применения**

**телеультразвуковых исследований ..... 4-17**

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

*Ленивцева Ю.Д., Копаница Г.Д.*

**Определение типа аллергии на основании**

**неструктурированных медицинских записей ..... 18-24**

## БЛОКЧЕЙН В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

*Куракова Н.Г., Черченко О.В., Цветкова Л.А.*

**Технологии блокчейн в здравоохранении:**

**позиции России на глобальном**

**публикационном ландшафте ..... 25-39**

## ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

*Карпов О.Э., Замятин М.Н., Вахромеева М.Н.,*

*Сивохина Н.Ю., Субботин С.А.*

**Цифровая ЭКГ: перспективы развития,**

**преимущества и недостатки. Часть 1 ..... 40-46**

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

*Солоненко Т.А., Корогод М.А., Ялуплин М.Д., Ганин А.В.*

**Региональная лабораторная**

**информационная система.**

**Особенности построения ..... 47-62**

## СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Абдуллаев Н.Т., Пашаева К.Ш., Мусеви У.Н.*

**Нечеткая логическая система**

**для повышения точности диагностирования**

**паразитарных заболеваний**

**желудочно-кишечного тракта ..... 63-74**

## ОСОБОЕ МНЕНИЕ

*Ленивцева Ю.Д., Копаница Г.Д.*

**Метод сопоставления форматов обмена**

**медицинскими данными и терминологий ..... 75-83**



# CONTENTS

## REVIEWS

*Arzamasov K.M., Drogovoz V.A., D.V. Shutov,  
Demkina A.E., Vladzimirsky A.V., Morozov S.P.*

**Systematic review of clinical application  
of tele-ultrasound ..... 4-17**

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTHCARE

*Lenivtseva Yu.D., Kopanitsa G.D.*

**Automatic allergy classification based  
on Russian medical free texts ..... 18-24**

## BLOCKCHAIN IN HEALTHCARE

*Kurakova N.G., Cherchenko O.V., Tsvetkova L.A.*

**Blockchain technologies in healthcare:  
Russia's position on the global  
publishing landscape ..... 25-39**

## HEALTH INFORMATIZATION

*Karpov O.E., Zamyatin M.N., Vakhromeeva M.N.,  
Sivokhina N.Yu., Subbotin S.A.*

**Digital ECG: development prospects, advantages,  
and disadvantages. Part 1 ..... 40-46**

## REGIONAL INFORMATIZATION PROJECTS

*Solonenko T.A., Korogod M.A., Yaluplin M.D., Ganin A.V.*

**Regional laboratory information system.  
Features of construction ..... 47-62**

## DECISION SUPPORT SYSTEMS

*Abdullaev N.T., Pashaeva K.Sh., Musevi W.N.*

**Fuzzy logic system for increasing diagnostic  
accuracy parasitic diseases  
of the gastrointestinal tract ..... 63-74**

## DISSENTING OPINION

*Lenivtseva Yu.D., Kopanitsa G.D.*

**Method for matching medical data exchange  
formats and terminologies ..... 75-83**

## 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 main 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 published materials are responsible for the selection and accuracy of the facts, quotes, statistical data and other information, as well as for the fact that the materials do not contain data that are 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. Nizhnaya Pervomayskaya, 70, e-mail: vit-j@pirogov-center.ru, +7(499) 464-03-03.

### Chief Editor:

Karpov O.E., Corresponding Member 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., 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 CPC «Mask», 127018, Moscow, st. Malaya Yushunskaya, 1, building 1.

Signed for printing on May 21, 2021. Circulation 1000 copies.

Free distribution.

© Pirogov Center Publishing House

**АРЗАМАСОВ К.М.,**

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

**ДРОГОВОЗ В.А.,**

к.т.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: vdrog@mail.ru

**ШУТОВ Д. В.,**

д.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: d.shutov@npcmr.ru

**ДЕМКИНА А.Е.,**

к.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: a.demkina@npcmr.ru

**ВЛАДИМИРСКИЙ А.В.,**

д.м.н., ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

**МОРОЗОВ С.П.,**

д.м.н., профессор, ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», г. Москва, Россия, e-mail: morozov@npcmr.ru

## СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КЛИНИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕУЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

DOI: 10.25881/ИТР.2021.46.75.001

**Аннотация.**

*Цель исследования. Выполнить систематический обзор данных о клиническом применении телеультразвуковых исследований (телеУЗИ).*

*Методы. Источники данных: PubMed (в т.ч. MEDLINE), Embase, Google Scholar, CYBERLENINKA, eLIBRARY. В результате поиска обнаружено 1036 статьи, которые подверглись текстовому анализу с применением Rayyan QCR1. В результате, в обзор включено 74 статьи о клиническом применении телеУЗИ. По этим модальностям суммированы основные положения.*

*Результаты. История клинического применения телеУЗИ восходит к 80 годам прошлого века. Своеобразным катализатором развития практического применения телеУЗИ явилось появление портативных ультразвуковых сканеров. Увеличение доступности таких сканеров привело к широкому их применению для многих клинических направлений. Возможность дистанционного контроля проведения исследования позволила передать данные УЗ-сканеры в руки не только врачей, но и средних медицинских работников, а также парамедиков. Описаны аспекты как клинического применения, телеУЗИ, так и освоения данной методики.*

*Выводы. ТелеУЗИ — активно развивающийся метод диагностики, который позволяет повысить доступность скрининговых УЗИ. ТелеУЗИ на текущий момент не могут стать полноценной заменой традиционных УЗИ, напротив, заняв место скрининговых УЗИ, данная методика позволит направлять пациентов на классическую УЗД.*

**Ключевые слова:** телеультразвуковые исследования, телесонография, телеУЗИ, ультразвуковая диагностика, телемедицина.

**Для цитирования:** Арзамасов К.М., Дрогвоз В.А., Шутов Д.В., Демкина А.Е., Владимирский А.В., Морозов С.П. Систематический обзор клинического применения телеультразвуковых исследований. *Врач и информационные технологии.* 2021; 1: 4–17. doi: 10.25881/ИТР.2021.46.75.001.

**ARZAMASOV K.M.,**

PhD, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

**DROGOVOZ V.A.,**

PhD, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: vdrog@mail.ru

**SHUTOV D.V.,**

DSc, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: d.shutov@npcmr.ru

**DEMKINA A.E.,**

PhD, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: a.demkina@npcmr.ru

**VLADZIMIRSKY A.V.,**

DSc, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

**MOROZOV S.P.,**

DSc, Professor, Moscow Center for Diagnostic and Telemedicines, Moscow, Russia, e-mail: morozov@npcmr.ru

## SYSTEMATIC REVIEW OF CLINICAL APPLICATION OF TELE-ULTRASOUND

DOI: 10.25881/ITP.2021.46.75.001

**Abstract.**

*Objective.* To systematize data on the clinical applications of tele-ultrasound.

*Material and methods.* Data was collected using PubMed (including MEDLINE), Embase, Google Scholar, CYBERLENINKA, and eLIBRARY. There were 1,036 articles which were subjected to text analysis using the Rayyan QCRI software package. Overall, the review included 74 articles related to the clinical applications of tele-ultrasound. The main points were summarized for these modalities.

*Results.* The history of the clinical application of tele-ultrasound dates back to the 1980s, where the emergence of portable ultrasound scanners was a catalyst for the development of the practical application of tele-ultrasound. The increase in the availability of such scanners has led to their widespread use in many clinical areas. The possibility of controlling ultrasonic studies remotely made it possible to transfer these ultrasound scanners not only to doctors, but also to paramedics. We describe some aspects of both clinical application, tele-ultrasound, and the development of this technique.

*Conclusion.* Tele-ultrasound is an actively developing diagnostic method that makes it possible to increase the availability of screening ultrasounds. Tele-ultrasound currently cannot become a fully-fledged replacement for the traditional ultrasound, but having taken the place of screening ultrasound, this technique will allow patients to be referred to classical ultrasound.

**Keywords:** telesonography, tele-ultrasound, ultrasonography, telemedicine.

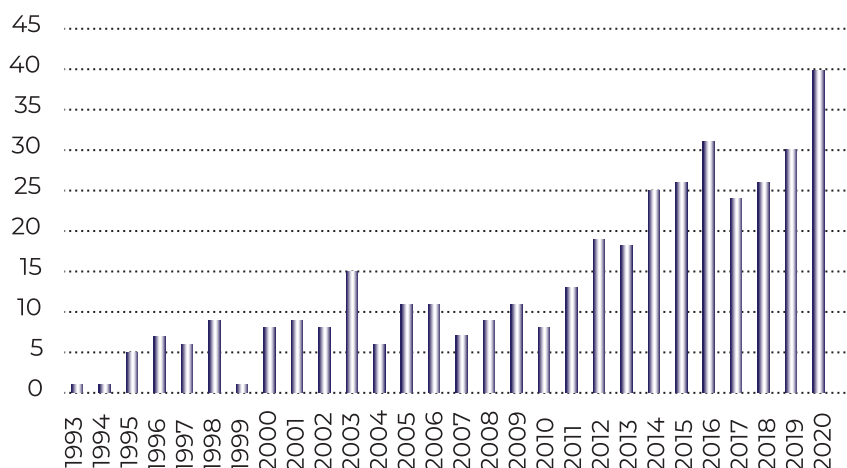
**How to cite:** Arzamasov KM, Drogovoz VA, Shutov DV, Demkina AE, Vladzimirsky AV, Morozov SP. Systematic review of clinical application of tele-ultrasound. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 4-17. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.46.75.001.



## ВВЕДЕНИЕ

История появления ультразвука восходит к 1880 г. и связана с именем Пьера Кюри, который вместе со своим братом Жаком провел эксперименты с пьезоэлектрическими кристаллами. Эти кристаллы при воздействии электрического поля способны расширяться и сжиматься, превращая электрическую энергию в механическую. Интересная особенность пьезоэлектрических кристаллов заключается в том, что они могут действовать не только как передатчики (излучатели), но и как приемники звука. Именно эта особенность позволила создать ультразвуковые диагностические приборы. Так, первое упоминание в литературе об успешном применении ультразвука относится к 1942 г. Карл Дуссик и его брат использовали ультразвук для исследования ткани мозга. В это же время Джордж Людвиг начал применять ультразвук для обнаружения камней в желчном пузыре [1]. Первые диагностические эксперименты с ультразвуком в СССР датируются 1956 г, когда во Всесоюзном научно-исследовательском институте медицинского инструментария и оборудования (ВНИИМИО МЗ СССР) была начата разработка ультразвуковых диагностических аппаратов. Рабочая модель аппарата была получена уже в 1959 г., а первые фундаментальные научные исследования по ультразвуковой диагностике (УЗД) появились спустя 7 лет, в 1966 году

— Д.И. Цурупа, «Ультразвуковой метод диагностики в хирургии» [2]. В 1973г. в Институте кардиологии им. А.Л. Мясникова было проведено первое клиническое эхокардиографическое обследование. В то время СССР существенно отставал в освоении эхокардиографии: первая публикация шведских ученых I. Edler и С. Hertz по применению промышленного ультразвукового дефектоскопа для исследования сердца вышла в 1954 г. Существенный прорыв в развитии отечественной эхокардиографии удалось совершить в 1982 г. В этом году состоялась первая в мире передача эхокардиограммы из космоса, выполненная О.Ю. Атьковым [3]. С этого момента берет начало методика дистанционного ультразвука или телеУЗИ. ТелеУЗИ — метод оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий, включающий в себя ультразвуковой аппарат, расположенный рядом с пациентом и дистанционно расположенного врача-специалиста УЗД. Врач-специалист получает и обрабатывает информацию с ультразвукового прибора и высылает обратно заключение или рекомендации. При анализе количества публикаций по ТелеУЗИ в англоязычной литературе заметно два явных эпизода увеличения количества работ: в 1995 с пиком в 2003 г. и с 2010 года, продолжающийся и по сей день, что указывает на актуальность данного направления (Рис. 1).



**Рисунок 1 — Распределение количества публикаций по годам по данным PubMed по запросу «ultrasound» AND «telemedicine».**

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематизировать данные о клиническом применении телеУЗИ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы выполнили обзор всех публикаций по телеУЗИ в соответствии со стандартом PRISMA (the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [4]. Критерии включения: 1) ультразвуковое исследование пациента; 2) передача ультразвуковых изображений удаленному специалисту для интерпретации и получения обратной связи; 3) объективные данные о клиническом воздействии телеУЗИ. Были включены только исследования, опубликованные до 25 октября 2020 года. Критерии исключения: исследования, не относящиеся к человеку, обзорные статьи, рефераты.

## СТРАТЕГИЯ ПОИСКА

Поиск литературы проведен в библиографических базах данных PubMed, Embase, а также в поисковых базах данных научных публикаций Google Scholar, CYBERLENINKA, eLIBRARY (Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)). Поиск по всебазама данным проведен на английском и русском языках (Google Scholar, eLIBRARY (РИНЦ)).

Ключевые термины для поиска: «telesonography», «tele-ultrasound», «telemedicine», «ultrasonography», «телеультразвук», «ультразвук», «телемедицина», присутствующие в названии или аннотации, а также их синонимы («дистанционная ультразвуковая диагностика», «телесонография», «дистанционное ультразвуковое обследование», «сонография», «электронное здравоохранение»).

Для англоязычной литературы использовали термины MESH для PubMed и MEDLINE («eHealth», «ultrasound», «tele-radiology», «tele-diagnostic», «Hand-Carried Ultrasound», «robotic ultrasound»). Поиск в базе данных был завершен 25 октября 2020 года. Были отобраны все работы, опубликованные до этой даты с обозначенными ключевыми словами. Далее авторы провели оценку на соответствие критериям включения в настоящий обзор и проанализировали ссылки в найденных документах на предмет включения дополнительных источников.

База данных источников была сформирована в приложении Mendeley Desktop (Elsevier). По завершению этапа поиска источников, сведения обо всех литературных источниках были экспортированы в Rayyan QCR1 [5]. Данная платформа использовалась для текстового анализа абстрактов всех литературных источников на английском языке. Источники на русском языке обработаны без использования специализированных программных средств. Полнотекстовые источники, отобранные в ходе анализа рефератов, легли в основу текущего обзора.

## ПОЛУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ДАННЫХ

Данные, полученные из каждого исследования, включали: тип и вид УЗИ, место исследования, год публикации, метод дистанционного УЗИ, размер выборки, оцениваемую систему органов и клинические результаты.

## ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

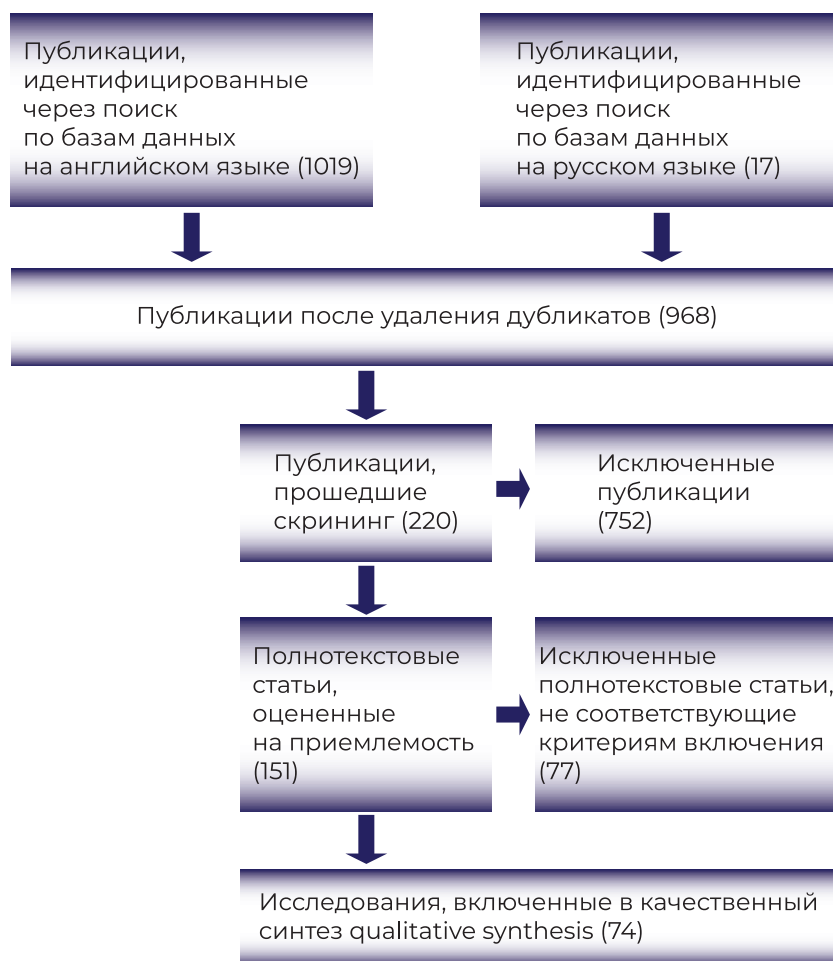
В настоящем систематическом обзоре сводная статистика не использовалась. Качество исследований и неоднородность материала препятствовали выполнению их статистической обработки. Объединение данных также оказалось невозможным. Также, из-за качества данных мета-анализ не проводился.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате поиска литературы в PubMed, Embase, Google Scholar, CYBERLENINKA, eLIBRARY было найдено 1036 статьи, 64 дубликата было удалено. После анализа названий и рефератов 752 статьи были удалены из-за несоответствия критериям включения. Из оставшихся 220 статей — 151 полнотекстовых статей, из которых 77 были исключены по причине отсутствия собственных данных и не соответствия критериям включения. Таким образом, в итоговый анализ было включено 74 статьи. В результате анализа были разделены на 2 группы: статьи о носимых УЗ-сканерах (26 статей), дистанционные оператор-управляемая УЗИ (48 статей). Схема процесса поиска и отбора исследований показана на рис. 2.

## НОСИМЫЕ УЗ — СКАНЕРЫ

Начиная с 2000 г. появляются портативные носимые УЗ-сканеры с весом менее 3 кг, которые



**Рисунок 2 — Результаты поиска: диаграмма PRISMA (the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).**

сразу находят свою нишу среди ультразвукового диагностического оборудования [6–10]. Во всех работах отмечалось удобство использования благодаря малым размерам. Нельзя не отметить, что качество УЗ-изображения у данных сканеров существенно уступало стационарным УЗ-системам. По этой причине данные устройства применялись преимущественно для скрининговых исследований. Так, носимые УЗ-приборы применялись для оценки пациента по протоколу «травма» — трехминутное исследование по 4 точкам с целью выявления внутрибрюшного кровотечения во время транспортировки пострадавшего в

медицинском вертолете [6] или полутора минутное сканирование на месте перед транспортировкой [11]. Также, носимые УЗ-сканеры нашли свое применение для скрининговых исследований у пациентов с «острым животом» — 1,5 минутное сканирование клиницистом, не имеющим специальной УЗ-подготовки [12]. Успешность выполнения исследований на портативном УЗ-сканере непрофессиональными специалистами объяснялась малым количеством оцениваемых параметров. Так, при исследовании селезенки оцениваются только линейные размеры [13], точность измерения составляет 77% [14].



По некоторым данным, портативные УЗ-сканеры находили широкое применение на транспорте. Nikolie и соавт. (2006) проводили исследование возможности экспресс-обучения моряков работе с портативными УЗ-сканерами с целью диагностики острой хирургической патологии. Результаты экспресс подготовки не соответствовали ожиданию: правильно вывести удалось только мочевой пузырь. Выведение почек и желчного пузыря вызывало сложности [15]. Тем не менее, авторы исследования уверены, что более углубленное обучение позволит достичь лучших результатов.

Еще одна область применения портативных УЗ-сканеров — прикроватные исследования клиницистами в стационаре: это и послеоперационный контроль для оценки плеврального выпота [10; 16; 17] и для контроля центрального венозного давления [18].

Отдельно выделяется группа исследований сердечно-сосудистой системы: 11 работ (8 работ по УЗИ сердца, 1 сердце и сосуды, 1 сосуды). Работы выполнялись на разном оборудовании: ACUSON P10, Sonosite, Vscan, OptiGo. Всего в исследования вовлечено было более 900 пациентов и здоровых добровольцев. Объединение результатов этих работ для совместного анализа невозможно, т.к. в качестве контроля в указанных работах использовались разные методы: сравнивались УЗ-изображения с таковыми от приборов hi-end уровня или проводилась субъективная оценка УЗ-изображений специалистами УЗ-диагностики. Использование портативного УЗ-сканера существенно повышало диагностические возможности клинициста, позволяя даже студенту проводить более точную многофункциональную оценку по сравнению со специалистом-кардиологом, но без данных ЭХО [19; 20]. Качество УЗ-изображения на портативном сканере ниже, чем на hi-end (стационарной) УЗ-системе, но удовлетворительное для рутинных исследований [8; 10; 21; 22]. Наиболее проста для визуализации сердца парастернальная позиция, из которой можно эффективно оценивать размеры левого желудочка и его систолическую функцию [23]. Корректная оценка размеров камер и фракция выброса возможна у 93% всех пациентов [24] и 75% пациентов кардиологического профиля [25]. Возможна оценка функции правого

желудочка [26]. Качество визуализации позволяет выявить в среднем на 21% кардиологической патологии меньше, чем экспертная (high-end) система [27]. Многие исследователи отмечают низкое качество доплеровского режима и указывают на существенное затруднение в оценке клапанных нарушений [8, 26, 28]. Установлено, что достоверная оценка возможна только в случае выраженной клапанной патологии [21]. Для оценки состояния сосудов на предмет атеросклеротических изменений использовали скрининговое исследование брахиоцефальных артерий. Для клиницистов не составило труда правильно верифицировать все кальцинированные атеросклеротические бляшки (АСБ), однако визуализация малых некальцинированных АСБ была крайне затруднительна [7]. Таким образом, мобильные УЗ-приборы могут применяться для скрининговых исследований пациентов из отдаленных регионов [9].

Портативные УЗ-сканеры могут комплектоваться линейным, конвексным и секторным датчиком, а при использовании соответствующего датчика на портативном сканере можно выполнять и трансвагинальные исследования [29]. Применение портативных УЗ-сканеров гораздо более широкое. Портативные УЗ-сканеры применяются в педиатрии для эхокардиографии [30]. Описаны случаи успешного применения портативных УЗ-систем для диагностики сердца плода [31]. Специалист УЗД может использовать данные устройства и в качестве альтернативы стационарному сканеру, а учитывая их низкую стоимость и возможность записи и передачи данных [29]. Появление таких устройств явилось катализатором роста количества телемедицинских консультаций. Подавляющее большинство телемедицинских исследований за последние 10 лет выполнялись на портативных УЗ-сканерах. Дистанционные оператор-управляемые ТелеУЗИ

При анализе статей было выделено несколько основных направлений применения технологии телеУЗИ. Наиболее значимое направление — проведение исследований в труднодоступных местах, где нет собственного специалиста по УЗ диагностике. Для изолированных удаленных организаций, не имеющих собственной диагностической службы в виду экономических соображений,

применение телеУЗИ остается единственным способом эффективно проводить диагностику, а в случае необходимости экстренную эвакуацию работников в специализированные лечебные учреждения. Примером таких организаций являются, например, полярные станции, на которых реализовали телеУЗИ [32]. Интересны телеУЗИ и с научной точки зрения там, где классическое исследование невыполнимо, например, на Международной Космической станции [33]. Также телеУЗИ позволяют проводить выездные консультации населения, не включая специалиста УЗИ в состав выездной бригады, например, при обследовании ВИЧ больных [34].

Особое значение имеет УЗИ беременных. Врач общей практики или гинеколог может провести качественное исследование УЗИ плода под дистанционным контролем специалиста [35–37]. При наличии качественной УЗ-аппаратуры в отдаленном медицинском центре возможно выполнить полноценную дистанционную ЭХОКГ плода [38–42], что позволяет существенно сократить расходы на обследование по сравнению с классической УЗД. Нельзя не отметить тот факт, что лишь в одной работе были обнаружены сведения о трудностях при проведении дистанционной ЭХОКГ плода: они касались трудности установления аудио-визуального контакта с родителями в случае обнаружения значительной патологии у их будущего ребенка — сочувствие на расстоянии сложно передать [40]. Показана высокая значимость телеУЗИ при проведении ЭХОКГ детям, в том числе новорожденным [43–48]. Это позволяет не только провести качественное УЗИ без необходимости транспортировки пациента в специализированный медицинский центр, но и получить опыт врачу, проводящему исследование с целью освоения новой методики [49]. УЗИ у детей имеет ряд особенностей, по сравнению с УЗИ у взрослых. По этой причине, в случае экстренной подозрения на аппендицит у ребенка, бригадой скорой медицинской помощи, может потребоваться дистанционная консультация специалиста, которую можно реализовать при помощи телеУЗИ [50]. Чувствительность и специфичность такой диагностики, как показали в ряде статей, не отличается от таковой в условиях стационара, когда исследование самостоятельно проводит врач-эксперт.

Еще одна сфера применения ТелеУЗИ в больнице во время отсутствия собственного специалиста по УЗД, например, во вне рабочее время. Такая необходимость чаще всего возникает в отделении интенсивной терапии [51; 52]. Способы связи могут быть как со специалистом посредством, например, мобильного телефона, так и со специальным радиологическим центром для проведения оперативного исследования и консультации [53]. В работах описываются возможности выполнения исследования врачом общей практики на уровне профессионала при УЗИ органов брюшной полости, малого таза, ЭХОКГ, молочных желез и лёгких [54–58]. ТелеУЗИ позволяло проводить столь сложное исследование как ЭХОКГ в качестве, приближенном к классическому исследованию [59].

ТелеУЗИ пользуется повышенным спросом в зарубежных клиниках: так, в одном из госпиталей Франции проводится 176 консультаций в год. Приоритетным направлением является УЗИ органов брюшной полости и малого таза (63% всех консультаций), на втором месте — вены нижних конечностей (25%) [60].

Время, затрачиваемое на одно телеУЗИ, больше, чем при классическом исследовании экспертом на месте. Его можно сократить путем проведения скрининговых исследований, т.к. в основном телеУЗИ применяют для выявления жизнеугрожающей патологии. Так, время на выполнение скринингового исследования ЭХО и УЗИ брюшной полости составляет от 6 до 10 минут и зависит от уровня подготовки и опыта медицинского работника, находящегося за аппаратом [61].

Отдельно выделяется группа исследований, демонстрирующих возможность проведения телеУЗИ парамедиками и немедицинскими работниками. Область таких исследований узкая и ограничивается в основном так называемым «FAST» протоколом при травме, длительность исследования редко превышает 5 минут [62–66]. Такое дистанционно контролируемое исследование не требовало столь длительного времени для подготовки и выполнялось более качественно, по сравнению с исследованиями по «FAST» протоколу без дистанционного контроля. ТелеУЗИ позволяют легко находить сложные для визуализации анатомические структуры. Так Y. Lee и соавт. (2017) показали, что под дистанционным

контролем, 82 из 90 волонтеров без опыта работы с УЗД корректно выводили аппендикс в течение 10 минут [67].

Во время пандемии COVID-19 особенно востребованными стали УЗИ легких, а в условиях ограниченных ресурсов выполнение данных исследований в дистанционном режиме является оптимальным решением. В работе Olivieri и соавт. (2020) получили высокие показатели корреляции (>90%) между результатами УЗИ, проведенных медицинскими сестрами по протоколу point-of-care ultrasound (POCUS) под дистанционным контролем врача УЗД и результатами трансторакальной эхокардиографией и компьютерной томографии. Проведение такого исследования у медсестер заняло 20–28,8 минут [68].

Обучение методики телеУЗИ несложное и по времени занимает 10–20 минут [69–70]. За это время обучающийся получает информацию, необходимую при работе с аппаратурой, все дальнейшие действия инструктируются во время исследования.

## ОБУЧЕНИЕ

В исследуемых статьях немало внимания уделяется процессу обучения работе с УЗ-аппаратурой. Обучение проводят как «на месте», так и дистанционно. На месте обучение по работе с мобильными УЗ-сканерами проводят преимущественно для парамедиков, реже для клиницистов. Разрабатываются различные учебные программы по ускоренной подготовке парамедиков и клиницистов для выполнения скрининговых исследований при помощи носимых УЗ-сканеров. [71] Сроки подготовки варьируют: 1 час [13], 7 часов [18; 19], 1 неделя [24]. Schott и соавт. (2006) в исследовании на 127 курсантах показали, что после 2,5 дневного курса POCUS полученные знания и практический опыт сохраняются на протяжении 8 месяцев после окончания тренировки вне зависимости от частоты практического использования [72]. Эффективность краткосрочной подготовки специалистов высока: ряд исследователей [13; 18; 19] отмечают результативность обучения, а навык сохранялся и при контроле спустя 7–8 недель [18]. Было показано, что срок обучения зависит от цели обучения и протокола исследования. Так, для освоения

эхокардиографии требуется намного больше времени, чем на остальные методы УЗИ [24].

ТелеУЗИ позволяет проводить дистанционное обучение УЗ диагностике, что актуально для начинающих специалистов [73; 74]. Отмечается, что визуальное инструктирование более ценно, по сравнению с устными инструкциями [75]. Оригинальный эффективный способ обучения предложен в работе Smith и соавт. (2018) при помощи мобильного телефона [76].

ТелеУЗИ сделало прорыв в обучении будущих специалистов УЗИ. Активно применяется 2 метода дистанционного обучения. Суть первого заключается в транслировании видео с УЗ-сканера и видео с камеры, показывающее расположение датчика. Второй способ заключается также в выведении двух каналов видео — канал с УЗ-изображением со сканера врача как эталона и видео со сканера у студента. Таким образом, студент быстрее развивает навык правильного получения УЗ-срезов [77].

## ОБСУЖДЕНИЕ

В данном обзоре было использовано 968 литературных источников, из которых лишь 17 на русском языке. В анализ была включена только 1 статья на русском языке об опыте применения телеУЗИ [78], но авторы исследования не являются гражданами РФ, и по сути она идентична одной из их других работ [79]. Остальные 16 работ из анализа были исключены, т.к. не содержали уникальных научных данных или являлись патентами. Стоит отметить, что ни одно из отечественных решений не имеет задокументированного дальнейшего практического применения. В ненаучных источниках появляются сообщения о единичных фактах использования телеУЗИ, но без надлежащего подтверждения эти данные в систематический обзор включены быть не могут. Причина, по которой российская медицина обходит телеУЗИ стороной, на наш взгляд, заключается в отсутствии соответствующей материально-технической базы и в кадровом дефиците. Несмотря на востребованность этой технологии, экономически целесообразнее обучить специалиста на курсе первичной переподготовки по УЗ-диагностике за 4 месяца. В дальнейшем этот специалист будет, возможно, единственным врачом УЗ-диагностики в своей медицинской организации. Этот факт лишает



возможности наставничества со стороны более опытных коллег с целью совершенствования практических навыков и поддержки в принятии решения. Применение технологии ТелеУЗИ позволило бы начинающему врачу УЗ-диагностики получить необходимую поддержку в сложных случаях. Необходимо отметить, что УЗД является оператор-зависимым методом и начинающий специалист без должного уровня практики нуждается также в контроле технического проведения УЗИ, что также возможно при помощи методики телеультразвукового исследования.

На наш взгляд, рассмотренные в обзоре группы диагностических ультразвуковых технологий с использованием телеУЗИ возможно прокомментировать следующим образом. Безусловно перспективным направлением будет использование УЗ-систем в неотложных состояниях, как внутри медицинской организации, так и во внебольничных условиях — «на скорой». Это обусловлено: а) экономическими условиями — портативные сканеры с ограниченной функциональностью стоят меньше, чем стационарные, б) простотой управления и обучения, в) сокращением времени на подготовку и проведение исследования, г) готовностью персонала использовать эти технологии. Остается достаточно дискуссионным вопросом — насколько качество получаемых изображений будет достаточным для правильной клинической интерпретации, т.к. в литературе, включенной в обзор не проводилась детальная оценка качества проводимых исследований в сравнении с традиционным УЗИ на большом количестве пациентов.

Отдельно стоит отметить актуальность телеУЗИ для удаленных и труднодоступных регионов. Население этих регионов, в случае необходимости, вынуждено пользоваться услугами санавиации, что влечёт существенное увеличение стоимости оказываемых медицинских услуг. Так, стоимость 1 летного часа составляет порядка 200 тысяч рублей [80]. Реализация телеУЗИ и телемедицинских технологий позволит этой категории населения получить необходимую медицинскую помощь и сократить расходы на транспортировку пациентов.

Второй тренд — использование узкими специалистами в своей клинической практике — кардиологи, эндокринологи (щитовидная

железа), урологи (мочевой пузырь и простата), гинекологи (малый таз). Данный тренд в рассмотренной выше литературе прослеживается примерно с 2010 г., объясняя вторую волну популярности телеУЗИ (Рис. 1). Как уже было упомянуто, с 2000 года в клиническую практику стали внедряться портативные УЗ-сканеры, которые стали активно применяться узкими специалистами. В дальнейшем портативные УЗ-сканеры совершенствовались, добавлялись новые функции, расширялась область применения. Также расширялся круг специалистов, работающих с этими УЗ-сканерами. Это явилось важной предпосылкой к применению портативных сканеров в телеУЗИ. Возможность получения дистанционной поддержки в проведении исследования и консультация по его результатам, позволила повысить качество проводимых исследований и дала возможность немедицинским работникам проводить телеУЗИ. В нашей стране портативные УЗ-сканеры применяются во многих медицинских организациях (особенно частных), но только специалистами, имеющими соответствующий сертификат.

Перспективным направлением в телеУЗИ будет внедрение в широкую практику ультрамобильных ультразвуковых аппаратов, которые представляют собой отдельные датчики, подключаемые к планшету или телефону, так называемый «ультразвук в кармане», и через специальную программу передающие полноценные исследования. Если обеспечить данным гаджетом врачей общей практики или кареты скорой помощи, а также организовать централизованное телемедицинское отделение врачей УЗД, которые будут проводить интерпретацию данных изображений, то это может помочь значительно сократить время до постановки правильного диагноза, но ни в коем случае не заменит полноценного ультразвукового исследования на экспертной (high-end) аппаратуре врачом УЗД. Ультрамобильные аппараты, судя по данным, приведенным в обзоре, уступают экспертной аппаратуре. Но несмотря на это, они могут быть использованы для скрининга лечащим врачом. Данное направление требует дополнительной проработки с точки зрения оценки эффективности в отечественной системе здравоохранения.

Третий тренд — дистанцирование обучения — это общее направление модернизации обучения — перенос акцента на дистанционное образование: обучение и дистанционный контроль полученных навыков. Дальнейшее развитие данного направления позволит проводить дистанционный аудит УЗИ. Дистанционный аудит представляет собой частный случай применения телемедицинских технологий для экспертной оценки и аудита деятельности медицинской организации. Целью оценки качества ультразвуковых исследований является повышение качества услуг, предоставляемых в отделениях ультразвуковой диагностики. Практическая реализация телеаудита УЗИ требует провести централизацию хранения данных УЗИ. Для этого не потребуются полного переоснащения отделений УЗД, т.к. большинство современных УЗ-сканеров имеют возможность передачи данных в формате DICOM. В качестве системы сбора, хранения и анализа данных могут быть рассмотрены существующие радиологические системы (например, Единая Радиологическая Информационная Система).

Применение технологии телеУЗИ для немедиков представляется нам утопичным, так как УЗИ, в отличие от остальных методов исследования медицинской визуализации, оказались наиболее операторзависимой и сложно интерпретируемой методикой.

### ОГРАНИЧЕНИЯ

Настоящий обзор содержит некоторые ограничения. Возможно, некоторые статьи не оценены на предмет соответствия требованиям из-за ограничений, касающихся доступности полнотекстовых вариантов, или потому, что не

изложены на английском или русском языке. Некоторые статьи могли быть не проиндексированы в библиографических базах данных.

Среди статей, включенных в обзор, отмечается существенная неоднородность, что связано с постановкой авторами различных целей и получением различающихся результатов и выводов. Применение УЗ-сканеров различных классов, режимов работы, а также способов оптимизации УЗ-изображений, привело к широкому разбросу данных при сравнении исследований. Многие из описанных результатов, связанных с качеством изображения, имели субъективную оценку авторами исследований. В большинстве случаев оценка диагностической точности проводилась путем сравнения УЗ-картины на аппаратах разных классов и специалистами разного уровня. Результаты таких сравнений не позволяют провести оценку метода в отдельности от оценки работы оператора.

Таким образом, описанные выше факты не позволяют провести качественную статистическую обработку этих исследований, а также мета-анализ.

### ВЫВОДЫ

Применение технологии телеультразвуковых исследований в текущих условиях в клинической практике возможно рассматривать по трем основным направлениям: телеконсультации, телеаудит и скрининговые УЗИ. При этом для практической реализации данных направлений требуется разработка методологических основ, а для реализации направления скрининговых УЗИ, выполняемых лечащим врачом требуются изменения в законодательной базе.

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Baker JP. The history of sonographers. *J. Ultrasound Med.* 2005; 24(1): 1–14. doi: 10.7863/jum.2005.24.1.1.
2. Курыгин А.А., Майстренко Н.А., Семенов В.В. История ультразвуковой диагностики в хирургии (к 50-летию создания отечественной методики) // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. — 2015. — Т.174. — №6. С. 100–101. [Kurygin A.A., Majstrenko N.A., Semenov V.V. Istoriya ul'trazvukovoj diagnostiki v hirurgii (k 50-letiyu sozdaniya otechestvennoj metodiki). Vestnik hirurgii imeni I.I. Grekova. 2015; 174(6): 100–101. (In Russ).]
3. Беленков Ю.Н. Эхокардиография. Как все начиналось (к тридцатилетию первого в России эхокардиографического исследования) // Атмосфера. Кардиология. — 2003. — Вып. 3. — С. 2–5. [Belenkov YUN. Ekhokardiografiya. Kak vse nachinalos' (k tridcatiletiiyu pervogo v Rossii ekhokardiograficheskogo issledovaniya). Atmosfera. Kardiologiya. 2003; 3: 2–5. (In Russ).]

4. Liberati A, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2009; 339: 2700–2700. doi: 10.1136/bmj.b2700.
5. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst. Rev*; 2016. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4.
6. Price DD, Wilson SR, Murphy TG. Trauma ultrasound feasibility during helicopter transport. *Air Med. J*. 2000; 19(4): 144–146. doi: 10.1016/s1067-991x(00)90008-7.
7. Kimura BJ, Fowler SJ, Amundson SA, Nguyen DT, DeMaria AN. Briefly trained physicians can screen for early atherosclerosis at the bedside using hand-carried carotid ultrasonography. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2003; 41(6): 318. doi: 10.1016/s0735-1097(03)82485-3.
8. Vignon P, et al. Hand-held echocardiography with Doppler capability for the assessment of critically-ill patients: is it reliable? *Intensive Care Med*. 2004; 30(4): 718–723. doi: 10.1007/s00134-003-2128-x.
9. Kimura BJ, Shaw DJ, Agan DL, Amundson SA, Ping AC, DeMaria AN. Value of a cardiovascular limited ultrasound examination using a hand-carried ultrasound device on clinical management in an outpatient medical clinic. *Am. J. Cardiol*. 2007; 100(2): 321–325. doi: 10.1016/j.amjcard.2007.02.104.
10. Gorcsan J, Pandey P, Sade LE. Influence of hand-carried ultrasound on bedside patient treatment decisions for consultative cardiology. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2004; 17(1): 50–55. doi: 10.1016/j.echo.2003.10.005.
11. Schleder S, et al. Diagnostic value of a hand-carried ultrasound device for free intra-abdominal fluid and organ lacerations in major trauma patients. *Emerg. Med. J*. 2013; 30(3): 20. doi: 10.1136/emered-2012-201258.
12. Schleder S, Jung EM, Heiss P, Stroszczyński C, Schreyer AG. Hand-carried and high-end ultrasound systems are equally inferior to abdominal radiography and multidetector computed tomography in the diagnosis of pneumoperitoneum. *Rofo*. 2014; 186(3): 219–224. doi: 10.1055/s-0033-1356222.
13. Lee M, et al. Estimation of spleen size with hand-carried ultrasound. *J. Ultrasound Med*. 2014; 33(7): 1225–1230. doi: 10.7863/ultra.33.7.1225.
14. Arishenkoff S, et al. Accuracy of Spleen Measurement by Medical Residents Using Hand-Carried Ultrasound. *J. Ultrasound Med*. 2015; 34(12): 2203–2207. doi: 10.7863/ultra.15.02022.
15. Nikolić N, Mozetić V, Modrcin B, and Jaksić S. Might teleultrasonography be a new useful diagnostic tool aboard merchant ships? A pilot study. *Int. Marit. Health*. 2006; 57(1–4): 1–4.
16. Piccoli M, et al. Bedside diagnosis and follow-up of patients with pleural effusion by a hand-carried ultrasound device early after cardiac surgery. *Chest*. 2005; 128(5): 3413–3420. doi: 10.1378/chest.128.5.3413.
17. Schleder S, et al. Diagnosis of pericardial effusion with a new generation hand-carried ultrasound device in cardiothoracic intensive care unit patients. *Acta Radiol*. 2012; 53(10): 1133–1136. doi: 10.1258/ar.2012.120343.
18. Martin LD, Ziegelstein RC, Howell EE, Martire C, Hellmann DB, Hirsch GA. Hospitalists' ability to use hand-carried ultrasound for central venous pressure estimation after a brief training intervention: a pilot study. *J. Hosp. Med*. 2013; 8(12): 711–714. doi: 10.1002/jhm.2103.
19. Kobal SL, et al. Comparison of Effectiveness of Hand-Carried Ultrasound to Bedside Cardiovascular Physical Examination. *Am. J. Cardiol*. 2005; 96(7): 1002–1006. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.05.060.
20. Decara JM, et al. Use of hand-carried ultrasound devices to augment the accuracy of medical student bedside cardiac diagnoses. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2005; 18(3): 257–263. doi: 10.1016/j.echo.2004.11.015.
21. Tsutsui JM, Maciel RR, Costa JM, Andrade JL, Ramires JF, Mathias WJ. Hand-carried ultrasound performed at bedside in cardiology inpatient setting — a comparative study with comprehensive echocardiography. *Cardiovasc. Ultrasound*. 2004; 2: 24. doi: 10.1186/1476-7120-2-24.
22. Spurney CF, Sable CA, Berger JT, Martin GR. Use of a hand-carried ultrasound device by critical care physicians for the diagnosis of pericardial effusions, decreased cardiac function, and left ventricular enlargement in pediatric patients. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2005; 18(4): 313–319. doi: 10.1016/j.echo.2004.10.016.

23. Razi R, Estrada JR, Doll J, Spencer KT. Bedside hand-carried ultrasound by internal medicine residents versus traditional clinical assessment for the identification of systolic dysfunction in patients admitted with decompensated heart failure. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2011; 24(12): 1319–1324. doi: 10.1016/j.echo.2011.07.013.
24. Croft LB, Duvall WL, Goldman ME. A pilot study of the clinical impact of hand-carried cardiac ultrasound in the medical clinic. *Echocardiography.* 2006; 23(6): 439–446. doi: 10.1111/j.1540-8175.2006.00240.x.
25. Egan M, Ionescu A. The pocket echocardiograph: a useful new tool? *Eur. J. Echocardiogr.* 2008; 9(6): 721–725. doi: 10.1093/ejehocardi/jen177.
26. Trambaiolo P, et al. A hand-carried cardiac ultrasound device in the outpatient cardiology clinic reduces the need for standard echocardiography. *Heart.* 2007; 93(4): 470–475. doi: 10.1136/hrt.2006.094201.
27. Chapman M, Gattas D, Suntharalingam G. Innovations in technology for critical care medicine. *Critical care (London, England).* 2004; 8(2): 74–76. doi: 10.1186/cc2843.
28. Scholten C, Rosenhek R, Binder T, Zehetgruber M, Maurer G, Baumgartner H. Hand-held miniaturized cardiac ultrasound instruments for rapid and effective bedside diagnosis and patient screening. *J. Eval. Clin. Pract.* 2005; 11(1): 67–72. doi: 10.1111/j.1365-2753.2004.00506.x.
29. Troyano Luque JM, Ferrer-Roca O, Barco-Marcellan MJ, Sabatel Lopez R, Perez-Medina T, Perez-Lopez FR. Modification of the hand-held Vscan ultrasound and verification of its performance for transvaginal applications. *Ultrasonics.* 2013; 53(1): 17–22. doi: 10.1016/j.ultras.2012.03.006.
30. Dalla Pozza R, Loeff M, Kozlik-Feldmann R, Netz H. Hand-carried ultrasound devices in pediatric cardiology: clinical experience with three different devices in 110 patients. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23(12): 1231–1237. doi: 10.1016/j.echo.2010.08.028.
31. Ippisch HM, Kimball TR. The impact of evolving hand-carried echocardiographic technology on outpatient physical examination accuracy in pediatric cardiology. *Congenit. Heart Dis.* 2007; 2(3): 170–178. doi: 10.1111/j.1747-0803.2007.00052.x.
32. Otto C, Shemanski R, Scott JM, Hartshorn J, Bishop S, and Viegas S. Evaluation of Tele-ultrasound as a Tool in Remote Diagnosis and Clinical Management at the Amundsen-Scott South Pole Station and the McMurdo Research Station. *Telemed. e-Health.* 2013; 19(3): 186–191. doi: 10.1089/tmj.2012.0111.
33. Jones JA, Johnston S, Campbell M, Miles B, Billica R. Endoscopic surgery and telemedicine in microgravity: Developing contingency procedures for exploratory class spaceflight. *Urology.* 1999; 53(5): 892–897. doi: 10.1016/S0090-4295(99)00024-2.
34. Janssen S, Grobusch MP, Heller T. Remote FASH' tele-sonography — A novel tool to assist diagnosing HIV-associated extrapulmonary tuberculosis in remote areas. *Acta Trop.* 2013; 127(1): 53–55. doi: 10.1016/j.actatropica.2013.03.014.
35. Landwehr JBJ, Zador IE, Wolfe HM, Dombrowski MP, Treadwell MC. Telemedicine and fetal ultrasonography: Assessment of technical performance and clinical feasibility. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1997; 177(4): 846–848. doi: 10.1016/s0002-9378(97)70280-1.
36. Chan FY, et al. Clinical value of real-time tertiary fetal ultrasound consultation by telemedicine: preliminary evaluation. *Telemed. J.* 2000; 6(2): 237–242. doi: 10.1089/107830200415171.
37. Long MC, Angtuaco T, Lowery C. Ultrasound in telemedicine: its impact in high-risk obstetric health care delivery. *Ultrasound Q.* 2014; 30(3): 167–172. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000073.
38. Grant B, et al. Remote diagnosis of congenital heart disease: the impact of telemedicine. *Arch. Dis. Child.* 2010; 95(4): 276–280. doi: 10.1136/adc.2008.146456.
39. Dowie R, Mistry H, Young TA, Franklin RCG, Gardiner HM. Cost implications of introducing a telecardiology service to support fetal ultrasound screening. *J. Telemed. Telecare.* 2008; 14(8): 421–426. doi: 10.1258/jtt.2008.080401.
40. McCrossan BA, Sands AJ, Kileen T, Cardwell CR, Casey FA. Fetal diagnosis of congenital heart disease by telemedicine. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* 2011; 96(6): 394–7. doi: 10.1136/adc.2010.197202.
41. Adriaanse B, et al. Interobserver agreement in detailed prenatal diagnosis of congenital heart disease by telemedicine using four-dimensional ultrasound with spatiotemporal image correlation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2012; 39(2): 203–209. doi: 10.1002/uog.9059.
42. Brown J, Holland B. Successful Fetal Tele-Echo at a Small Regional Hospital. *Telemed. e-Health.* 2017; 23(6): 485–492. doi: 10.1089/tmj.2016.0141.

43. Casey F, Brown D, Craig BG, Rogers J, Mulholland HC. Diagnosis of neonatal congenital heart defects by remote consultation using a low-cost telemedicine link. *J. Telemed. Telecare.* 1996; 2(3): 165–169. doi: 10.1258/1357633961930004.
44. Randolph GR, et al. Remote telemedical interpretation of neonatal echocardiograms: impact on clinical management in a primary care setting. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1999; 34(1): 241–245. doi: 10.1016/s0735-1097(99)00182-5.
45. Widmer S, et al. Tele-echocardiography in paediatrics. *Eur. J. Pediatr.* 2003; 162(4): 271–275. doi: 10.1007/s00431-003-1170-6.
46. Lewin M, et al. Accuracy of paediatric echocardiographic transmission via telemedicine. *J. Telemed. Telecare.* 2006; 12(8): 416–421. doi: 10.1258/135763306779378636.
47. Sekar P, Vilvanathan V. Telecardiology: Effective means of delivering cardiac care to rural children. *Asian Cardiovasc. Thorac. Ann.* 2007; 15(4): 320–323. doi: 10.1177/021849230701500411.
48. Vinayak S, Sande J, Nisenbaum H, Nolsoe CP. Training Midwives to Perform Basic Obstetric Point-of-Care Ultrasound in Rural Areas Using a Tablet Platform and Mobile Phone Transmission Technology-AWFUMB COE Project. *Ultrasound Med. Biol.* 2017; 43(10): 2125–2132. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2017.05.024.
49. Haley JE, et al. Remote diagnosis of congenital heart disease in Southern Arizona: Comparison between tele-echocardiography and videotapes. *Telemed. e-Health.* 2012; 18(10): 736–742. doi: 10.1089/tmj.2012.0037.
50. Kim C, Kang BS, Choi HJ, Lim TH, Oh J, Chee Y. Clinical application of real-time tele-ultrasonography in diagnosing pediatric acute appendicitis in the ED. *Am. J. Emerg. Med.* 2015; 33(10): 1354–1359. doi: 10.1016/j.ajem.2015.07.048.
51. Levine AR, McCurdy MT, Zubrow MT, Papali A, Mallema HA, and Verceles AC. Tele-intensivists can instruct non-physicians to acquire high-quality ultrasound images. *J. Crit. Care;* 2015. doi: 10.1016/j.jccr.2015.05.030.
52. Douglas TM, et al. Brief training increases nurses' comfort using tele-ultrasound: A feasibility study. *Intensive Crit. care Nurs.* 2019; 51: 45–49. doi: 10.1016/j.iccn.2018.11.004.
53. Becker C, Fusaro M, Patel D, Shalom I, Frishman WH, Scurlock C. The Utility of Teleultrasound to Guide Acute Patient Management. *Cardiol. Rev.* 2017. 25(3): 97–101. doi: 10.1097/CRD.0000000000000144.
54. Hussain P, Deshpande A, Shridhar P, Saini G, Kay D. The feasibility of telemedicine for the training and supervision of general practitioners performing ultrasound examinations of patients with urinary tract symptoms. *J. Telemed. Telecare.* 2004; 10(3): 180–182. doi: 10.1258/135763304323070850.
55. Parsai A, Zerizer I, Hohmann J, Bongartz G, Beglinger C, Sperandio G. Remote sonographic interpretation: comparison of standardized video clips to still images. *J. Clin. Ultrasound.* 2012; 40(8): 495–501. doi: 10.1002/jcu.21974.
56. Adambounou K, et al. Preliminary experience with tele-sonography and tele-mammography in Togo. *Diagn. Interv. Imaging.* 2012. 93(7–8): 639–642. doi: 10.1016/j.diii.2012.03.020.
57. Becker TK, Martin-Gill C, Callaway CW, Guyette FX, Schott C. Feasibility of Paramedic Performed Prehospital Lung Ultrasound in Medical Patients with Respiratory Distress. *Prehospital Emerg. care Off. J. Natl. Assoc. EMS Physicians Natl. Assoc. State EMS Dir.* 2018; 22(2): 175–179. doi: 10.1080/10903127.2017.1358783.
58. Sibert K, et al. The feasibility of using ultrasound and video laryngoscopy in a mobile telemedicine consult. *Telemed. J. E. Health.* 2008; 14(3): 266–272. doi: 10.1089/tmj.2007.0050.
59. Jensen SH, et al. Remote real-time supervision via tele-ultrasound in focused cardiac ultrasound: A single-blinded cluster randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 2019; 63(3): 403–409. doi: 10.1111/aas.13276.
60. Junca-Laplace-Valageas C, Gervaise A, Pernin M, Naulet P, Portron Y, Lapierre-Combes M. Addressing requests for emergency ultrasonographic examinations when implementing teleradiology services. *Diagn. Interv. Imaging.* 2015; 96(11): 1141–1146. doi: 10.1016/j.diii.2015.01.007.
61. Miyashita T, et al. Realtime ultrasound screening by satellite telecommunication. *J. Telemed. Telecare.* 2003; 9(1): 60–1. doi: 10.1258/135763303322196376.
62. Boniface KS, Shokoohi H, Smith ER, and Scantlebury K. Tele-ultrasound and paramedics: Real-time remote physician guidance of the Focused Assessment with Sonography for Trauma examination. *American Journal of Emergency Medicine;* 2011. doi: 10.1016/j.ajem.2009.12.001.



63. Song KJ, et al. Clinical applicability of real-time, prehospital image transmission for FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma). *J. Telemed. Telecare*. 2013; 19(8): 450–455. doi: 10.1177/1357633X13512068.
64. Sargsyan AE, et al. FAST at MACH 20: clinical ultrasound aboard the International Space Station. *J. Trauma*. 2005; 58(1): 35–39. doi: 10.1097/01.ta.0000145083.47032.78.
65. Hurst VW, et al. Concept of operations evaluation for using remote-guidance ultrasound for exploration spaceflight. *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2015; 86(12): 1034–1038. doi: 10.3357/AMHP.3244.2015.
66. Kirkpatrick AW, et al. Remote just-in-time telementored trauma ultrasound: a double-factorial randomized controlled trial examining fluid detection and remote knobology control through an ultrasound graphic user interface display. *Am. J. Surg.* 2016; 211(5): 894–902. doi: 10.1016/j.amjsurg.2016.01.018.
67. Lee Y, Kim C, Choi HJ, Kang B, Oh J, Lim TH. A Feasibility Study of Telementoring for Identifying the Appendix Using Smartphone-Based Telesonography. *J. Digit. Imaging.* 2017; 30(2): 148–155. doi: 10.1007/s10278-016-9921-x.
68. Olivieri PP, Verceles AC, Hurley JM, Zubrow MT, Jeudy J, McCurdy MT. A Pilot Study of Ultrasonography-Naïve Operators' Ability to Use Tele-Ultrasonography to Assess the Heart and Lung. *J. Intensive Care Med.* 2020; 35(7): 672–678. doi: 10.1177/0885066618777187.
69. Ramsingh D, et al. Feasibility Evaluation of Commercially Available Video Conferencing Devices to Technically Direct Untrained Nonmedical Personnel to Perform a Rapid Trauma Ultrasound Examination. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2019; 9(4). doi: 10.3390/diagnostics9040188.
70. Boniface KS, Shokoohi H, Smith ER, Scantlebury K. Tele-ultrasound and paramedics: Real-time remote physician guidance of the Focused Assessment with Sonography for Trauma examination. *Am. J. Emerg. Med.* 2011; 29(5): 477–481. doi: 10.1016/j.ajem.2009.12.001.
71. Wong F, Franco Z, Phelan MB, Lam C, David A. Development of a pilot family medicine hand-carried ultrasound course. *WMJ.* 2013; 112(6): 257–261.
72. Schott CK, et al. Retention of Point-of-care Ultrasound Skills among Practicing Physicians: Findings of the VA National Point-of-care Ultrasound Training Program. *Am. J. Med.* 2020. doi: 10.1016/j.amjmed.2020.08.008.
73. Hussain P, Melville D, Mannings R, Curry D, Kay D, Ford P. Evaluation of a training and diagnostic ultrasound service for general practitioners using narrowband ISDN. *J. Telemed. Telecare.* 1999; 5(1): 95–9. doi: 10.1258/1357633991932757.
74. Cone SW, Hummel R, Leon J, Merrell RC. Implementation and evaluation of a low-cost telemedicine station in the remote Ecuadorian rainforest. *J. Telemed. Telecare.* 2007; 13(1): 31–34. doi: 10.1258/135763307779701220.
75. Sheehan FH, Ricci MA, Murtagh C, Clark H, Bolson EL. Expert visual guidance of ultrasound for telemedicine. *J. Telemed. Telecare.* 2010; 16(2): 77–82. doi: 10.1258/jtt.2009.090313.
76. Smith A, et al. Remote Mentoring of Point-of-Care Ultrasound Skills to Inexperienced Operators Using Multiple Telemedicine Platforms: Is a Cell Phone Good Enough? *J. Ultrasound Med.* 2018; 37(11): 2517–2525. doi: 10.1002/jum.14609.
77. Winn S, et al. Remote, Synchronous, Hands-On Ultrasound Education. *Telemed. J. E. Health.* 2015; 21(7): 593–597. doi: 10.1089/tmj.2014.0050.
78. Eadie LH, Mort A, Regan L, Macaden AS, Wilson P. Догоспитальные дистанционные ультразвуковые исследования: реальновременная коммуникационная технология для изолированных и сельских населенных пунктов // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. — 2015. — Вып. 1. — С. 54–56. [Eadie LH, Mort A, Regan L, Macaden AS, Wilson P. Dogospital'nye distancionnye ul'trazvukovye issledovaniya: real'novremennaya kommunikacionnaya tekhnologiya dlya izolirovannyh i sel'skih naselennyh punktov. *ZHurnal telemeditsiny i elektronogo zdravoohraneniya.* 2015; 1: 54–56. (In Russ).]
79. Eadie L, Mort A, Regan L, MacAden AS, Wilson P. Remotely supported prehospital ultrasound: Real-time communication for diagnosis in remote and rural communities. *CEUR Workshop Proceedings.* 2016; 1574:53–60.
80. Трофимова Н. Региональные аспекты программы санитарной авиации // Вертолётная индустрия. — 2019. — Ноябрь. — С. 14–17. [Trofimova N. Regional'nye aspekty programmy sanitarnoj aviacii. *Vertolyotnaya industriya.* 2019. Now: 14–17. (In Russ).]

**ЛЕНИВЦЕВА Ю.Д.,**

Национальный Центр Когнитивных Разработок, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: lenivezzki@gmail.com

**КОПАНИЦА Г.Д.,**

к.т.н., Национальный Центр Когнитивных Разработок, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА АЛЛЕРГИИ НА ОСНОВАНИИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ЗАПИСЕЙ

DOI: 10.25881/ITP.2021.44.51.002

**Аннотация.**

*Использование разных форматов данных затрудняет стандартизацию и обмен медицинских данных. Более того, большая часть медицинских данных хранится в виде неструктурированных медицинских записей, что затрудняет их обработку. В данной работе мы решаем задачу категоризации неструктурированных аллергологических анамнезов по категориям, предоставленным в стандарте обмена FHIR. Была разработана двухэтапная модель классификации на основе размеченных вручную медицинских записей. На первом этапе модель фильтрует записи с информацией об аллергии, а на втором этапе классифицирует каждую запись. Модель показала высокую точность. Развитие предложенного подхода обеспечит вторичное использование и обмен данными.*

**Ключевые слова:** стандартизация медицинских данных, FHIR, аллергия и непереносимость, обработка естественного языка, интероперабельность.

**Для цитирования:** Ленивцева Ю.Д., Копаница Г.Д. Определение типа аллергии на основании неструктурированных медицинских записей. *Врач и информационные технологии.* 2021; 1: 18–24. doi: 10.25881/ITP.2021.44.51.002.

**LENIVTCEVA I.D.,**

National Center for Cognitive Technologies, ITMO University, Saint-Petersburg, Russia,  
e-mail: lenivezzki@gmail.com

**KOPANITSA G.D.,**

PhD, National Center for Cognitive Technologies, ITMO University, Saint-Petersburg, Russia,  
e-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

## **AUTOMATIC ALLERGY CLASSIFICATION BASED ON RUSSIAN MEDICAL FREE TEXTS**

DOI: 10.25881/ITP.2021.44.51.002

**Abstract.**

*Different data formats are challenging for the standardization and exchange of medical data. In addition, most medical data in medical information systems (MIS) or databases is stored in an unstructured way, causing difficulties in processing the data. The article proposes an approach for categorizing unstructured medical records of patients with allergies into the categories provided in the FHIR exchange standard. We developed a two-stage classification model based on manually labelled medical records. The method is based on machine learning algorithms, as well as international standards for the exchange of medical data. The model has shown high accuracy. The development of the presented approach for structuring medical texts will ensure the reuse and interoperability of medical data.*

**Keywords:** *medical data structuring, allergy, machine learning, unstructured texts analysis, interoperability.*

**How to cite:** *Lenivtceva ID, Kopanitsa GD. Automatic allergy classification based on Russian medical free texts. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 18–24. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.44.51.002.*

## ВВЕДЕНИЕ

Преимуществом медицинской помощи требует связи и обмена данными для обеспечения высококачественного медицинского обслуживания [1]. Основная проблема возникает из-за использования разных форматов данных, когда возникает необходимость в обмене медицинскими данными между несколькими агентами, предоставляющими услуги одному и тому же пациенту. Международные терминологические стандарты, такие как SNOMED CT [2] и LOINC [3], логические модели данных, такие как openEHR [4], ISO13606 [5], стандарты HL7 [6] и подробные клинические модели, такие как ISO 13972 [7], были разработаны для решения проблемы интероперабельности медицинских данных. Одним из наиболее перспективных стандартов обмена данными является HL7 FHIR [8].

Принято считать, что около 80% медицинских данных хранятся в виде неструктурированных медицинских записей, которые сложнее обрабатывать по сравнению со структурированной информацией [9]. Однако эти записи содержат полезную информацию для моделирования и исследований [10]. Фильтрация записей вручную, а также обработка и извлечение информации требует много времени и не исключают влияние человеческого фактора на точность. Таким образом, эта задача требует использования методов обработки естественного языка и машинного обучения.

Извлечение информации и классификация текста — это задачи, специфичные для языка и предметной области. Нейронные сети показывают высокую производительность для классификации медицинских текстов. А. Дудченко и др. [11] использовали глубокие классификаторы для выявления диагноза по медицинским записям в произвольном порядке на русском и немецком языках и достигли точности более 95%. Основное ограничение при использовании нейронных сетей заключается в необходимости иметь большой размеченный набор данных. Классификация на основе графовых моделей, выполненная Н. Шанавасом и др. [12], показала 0,86 F-меру и почти 0,87 точность. Простые классификаторы также хорошо подходят для классификации текста. М. Олейник и др. [13] описали в работе классификаторы на

основе логистической регрессии со значением F-меры 0,80, а также на основе метода опорных векторов с F-мерой 0,81 в задаче фенотипирования пациентов. В.-Х. Вэнг и др. [14] получили значение F-меры 0,93 в задаче классификации медицинских субдоменов. А.Р. Тафти [15] сообщил о точности 0,82 логистической регрессии в классификации предложений биомедицинской тематики.

Целью данной работы является разработка метода определения категории аллергии на основе русскоязычного неструктурированного текста аллергологических анамнезов для стандартизации медицинских данных.

## МЕТОДЫ

Текстовый анамнез аллергии и непереносимости можно сопоставить с ресурсом AllergyIntolerance стандарта FHIR. Он включает информацию о нежелательных реакциях на различные вещества. Задача данной работы выявить категорию аллергии на основе текста медицинской записи согласно атрибутам, выделенным в FHIR. На рисунке 1 представлены четыре категории аллергии в FHIR. Биологическая аллергия не представлена в наборе данных. Таким образом, исследование ограничено категориями аллергии на продукты питания, лекарства и окружающую среду.

Российские медицинские карты более 250 тысяч пациентов предоставлены Национальным медицинским исследовательским центром им. А.А. Алмазова (Санкт-Петербург, Россия). Личная информация пациентов была удалена. Записи содержат фрагменты истории

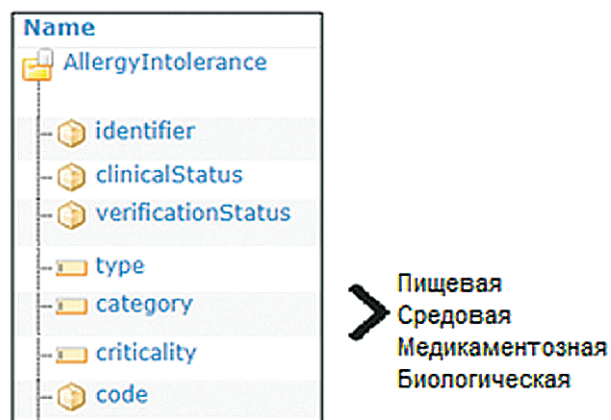


Рисунок 1 — Категории аллергий.

Таблица 1 — Записи и разметка

Запись	Аллергия	Пищевая	Средовая	Медикамент
Аллергический анамнез. Аллергической реакции не отмечено	✗	—	—	—
Аллергия на препараты пенициллина — крапивница (шоколад, яйца)	✓	✓	✗	✓
Аллергическая реакция на пыль и пыльцу, сезонная чувствительность	✓	✗	✓	✗
Аллергическая бронхиальная астма неустановленного генеза	✓	✗	✗	✗
Непереносимость спиртных напитков — аллергические высыпания на коже и отеки	✓	✓	✗	✗

болезни и анамнез жизни, включая аллергологический анамнез. В таблице 1 приведены примеры аллергоанамнезов и их разметки согласно выделенным категориям. Чтобы получить необходимые записи:

- Мы отфильтровали записи пациентов с аллергией и непереносимостью, используя ключевые слова и регулярные выражения («аллергия», «(не)переносимость»).
- Обрезали записи до одного предложения, включающего ключевое слово, чтобы уменьшить информационный шум.
- Удалили полные дубликаты и похожие шаблоны в записях.

После этих шагов мы получили 12590 медицинских записей. Все эти записи были вручную размечены двумя экспертами. В случае разногласий решение принималось на основе консенсуса.

Предварительная обработка:

- Очистка записей от лишних символов и лишних пробелов.
- Исправление синтаксических ошибок, ошибок регистра и пробелов, используя регулярные выражения.
- Исправление пробелов и орфографических ошибок с помощью питоновской библиотеки «sumspellpy» (на основе словаря).
- Токенизация и нормализация слов с помощью библиотек «nltk» и «rutmorphu2».
- Представление текста в виде мешка слов.

Подход к определению категории аллергии состоит из двух этапов.

- Бинарный классификатор, определяющий, связана ли запись с аллергией или непереносимостью.

- Три бинарных классификатора, определяющих, относится ли запись к одной из трех категорий аллергии.

Для обоих видов классификаторов мы использовали модель на основе логистической регрессии с  $C = 3$ ,  $penalty = 'l2'$ ,  $solver = 'saga'$ ,  $max\_iter = 4000$ ,  $multi\_class = 'ovr'$  из реализации «scikit-learn».

Для оценки классификаторов использовались F-мера, точность и полнота.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На рисунке 2а представлены диаграммы с распределением размеченных записей по наличию аллергии. На втором этапе каждой записи можно присвоить несколько категорий. Некоторые записи не содержат сведений о природе аллергена и не имеют категории. Мы удалили записи без категории, и, таким образом, набор данных для категоризации аллергии содержит 9140 записей. На рисунке 2б показано распределение количества категорий, которые были упомянуты внутри одной записи. Сообщается, что у пациента есть все три типа аллергии, если записи присвоены три категории. Например, 7741 запись в наборе данных размечена одной категорией, а 1307 записей содержат информацию о двух разных категориях аллергии (продукты питания и лекарства или продукты питания и окружающая среда).

На рисунке 3 представлены диаграммы распределения количества записей по категориям аллергий.

В таблице 2 представлены характеристики примененных классификаторов. После классификации мы получили списки ключевых слов



для каждой категории аллергии. Самые распространенные ключевые слова по категориям показаны в таблице 3.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

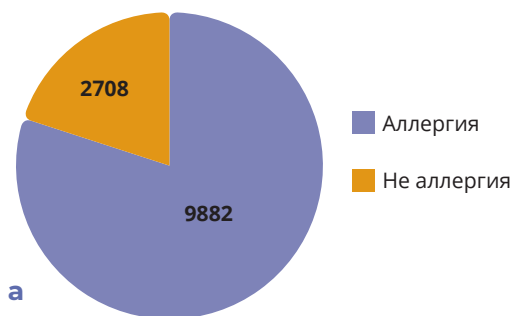
На рисунке 2а показано, что после фильтрации по ключевым словам и регулярным выражениям более 20% записей не имеют отношения к аллергии. Это означает, что необходим дополнительный классификатор для фильтрации записей в наборе данных. Мы выбрали в качестве показателей F-меру, точность и полноту, поскольку они не чувствительны к дисбалансу классов.

Мы разработали один фильтрующий классификатор и три классификатора для категоризации неструктурированного аллергологического анамнеза. Согласно рисунку 2б количество категорий, присвоенных записи, различается и зависит от количества типов аллергенов, упомянутых в записи, также присутствуют записи без категории. Обычно в таких записях

указывается только реакция, диагноз, связанный с аллергией, или аллерген неизвестен. Мы не включили такие записи в набор данных для категоризации. На рисунке 3 показано, что большинство записей (более 75%) связано с аллергией на лекарства, только 15% связаны с пищевой аллергией и 22% связаны с аллергией на объекты окружающей среды.

Разработанные модели показывают высокие значения метрик, однако также имеют место ошибки в классификации. Например, запись «Аллергия на пыльцу, аллергия на лекарства отсутствует» будет классифицироваться без тега аллергии из-за отрицания. Многие ситуации неверного присвоения тэга связаны с конкретной структурой предложения в медицинских записях. Одна и та же запись может сообщать, что у пациента есть пищевая аллергия, но нет аллергии на лекарства. Таким образом, производительность моделей можно улучшить, применив классификаторы к значимому сегменту предложения.

Количество записей в размеченном наборе данных



Количество категорий в одной записи

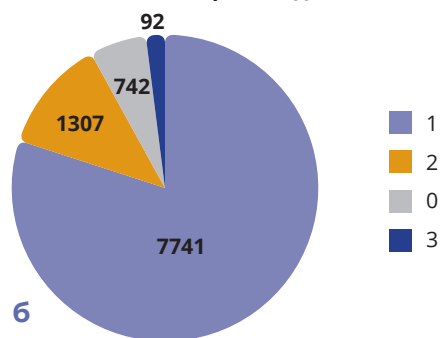
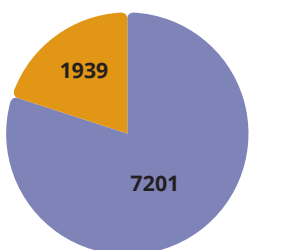
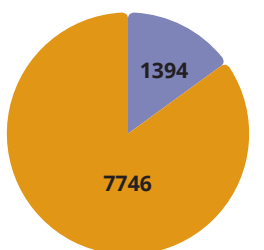


Рисунок 2 — Распределение в размеченном наборе данных: а) количество записей, б) количество категорий на запись (0-3).

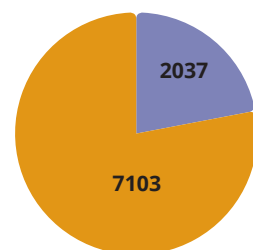
Медикаментозная аллергия.  
Количество записей



Пищевая аллергия.  
Количество записей



Средовая аллергия.  
Количество записей



■ Медикаментозная ■ Другое

■ Пищевая ■ Другое

■ Средовая ■ Другое

Рисунок 3 — Количество записей по категориям.

Таблица 2 — Характеристики классификаторов

Классификатор	F-мера	Точность	Полнота
Аллергия	0.945	0.923	0.945
Пищевая аллергия	0.953	0.932	0.953
Средовая аллергия	0.932	0.902	0.932
Медикаментозная аллергия	0.962	0.944	0.962

Таблица 3 — Слова, определяющие категорию аллергии в записи

Категория	Ключевые слова
Пищевая	Клубника, пищевой, шоколад, лактоза, цитрусовые, продукт, молоко, мед, рыба, красный, алкоголь, яйцо, орехи
Медикаментозная	Лекарство, новокаин, пенициллин, полиаллергия, антибиотик, бициллин, йод, лекарство, анальгин, аспирин, дифенгидрамин
Средовая	Домашний, пластик, шерсть, цветение, холод, пыль, пыльца, металлы, укус, солнце, краска, насекомое

Таблица 3 содержит списки наиболее важных ключевых слов для каждой категории аллергии, сформированных после классификации. В основном каждый список содержит аллергены, которые встречались в записях соответствующих категорий. Эти списки полезны для сопоставления терминологических кодов медицинским понятиям (SNOMED CT) в автоматическом или полуавтоматическом режиме.

Производительность подхода (таблица 2) близка к производительности глубоких классификаторов, например, точность более 95% в работе А. Дудченко [11]. Разработанные классификаторы превосходят простые классификаторы. И. Уе и др. [16] представили в своей работе значение полноты 0,8 и близкую к 0,9 точность классификации. В.Х. Вэнг и др. в [14] представили неглубокий классификатор, показавший 0,87 F-меры, что ниже результатов предлагаемого подхода. Однако многие исследователи используют англоязычные терминологические базы данных, такие как UMLS, что повышает эффективность классификации. Так, классификатор с концепциями UMLS в [14] показал 0,93 F-меру. Эти базы данных не имеют русских версий и не доступны для задач на русскоязычных текстах. Однако использование международной терминологии и идентификаторов является важной частью семантической интероперабельности.

Предлагаемые решения по стандартизации медицинских данных в виде неструктурированных текстов должны иметь практическое значение. Для достижения полной совместности и подготовки данных для интеграции мы планируем разработать модель для присвоения стандартных терминологических кодов, таких как SNOMED CT и МКБ-10. Поскольку русскоязычной версии SNOMED CT нет, для этой задачи требуется ее перевод. Также будут разработаны инструменты извлечения данных для извлечения аллергенов и нежелательных реакций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе мы разработали и оценили метод автоматизированного определения категории аллергии из русскоязычных неструктурированных медицинских записей. Двухэтапный метод показал хорошие результаты и сопоставим с современными результатами.

Такой подход к классификации является частью модуля стандартизации русского текста. В дальнейшем стандартизованные данные можно использовать для построения прогностических и автоматизированных моделей назначения терапии, предоставляющих рекомендации для врачей. Развитие этого подхода обеспечит вторичное использование данных и функциональную совместимость неструктурированных медицинских карт.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Douglas HE, et al. Implementing information and communication technology to support community aged care service integration: Lessons from an Australian aged care provider. *J. Integr. Care. Igitur, Utrecht Publishing and Archiving Services.* 2017; 17(1).
2. Fung KW, et al. Using SNOMED CT-encoded problems to improve ICD-10-CM coding—A randomized controlled experiment. *J. Med. Inform. Elsevier Ireland Ltd.* 2019; 126: 19–25.
3. Fiebeck J, et al. Implementing LOINC: Current status and ongoing work at the Hannover Medical School. *Studies in Health Technology and Informatics. IOS Press.* 2019; 258: 247–248.
4. Mascia C, et al. OpenEHR modeling for genomics in clinical practice. *J. Med. Inform. Elsevier Ireland Ltd.* 2018; 120: 147–156.
5. Santos MR, Bax MP, Kalra D. Building a logical EHR architecture based on ISO 13606 standard and semantic web technologies. *Studies in Health Technology and Informatics. IOS Press.* 2010; 160(1): 161–165.
6. Ulrich H, et al. Metadata repository for improved data sharing and reuse based on HL7 FHIR. *Studies in Health Technology and Informatics. IOS Press.* 2017; 228: 162–166.
7. Huff S.M, et al. Integrating detailed clinical models into application development tools. *Stud. Health Technol. Inform. IOS Press.* 2004; 107: 1058–1062.
8. Hong N, et al. Standardizing Heterogeneous Annotation Corpora Using HL7 FHIR for Facilitating their Reuse and Integration in Clinical NLP. *AMIA. Annu. Symp. proceedings.* 2018; 2018: 574–583.
9. Lenivtceva ID, Kopanitsa G. Evaluating Manual Mappings of Russian Proprietary Formats and Terminologies to FHIR. *Methods Inf. Med.* 2019; 58: 4–5.
10. Wang Y, et al. Clinical information extraction applications: A literature review. *Journal of Biomedical Informatics.* 2018; 77: 34–49.
11. Dudchenko A, Ganzinger M, Kopanitsa G. Diagnoses Detection in Short Snippets of Narrative Medical Texts. *Procedia Computer Science.* 2019; 156: 150–157.
12. Shanavas N, et al. Ontology-based enriched concept graphs for medical document classification. *Inf. Sci. (Ny).* 2020; 525: 172–181.
13. Oleynik Michel , et al. Evaluating shallow and deep learning strategies for the 2018 n2c2 shared task on clinical text classification. *Journal of the American Medical Informatics Association. Oxford Academic.* 2013; 26(11): 1247–1254.
14. Weng W-H, et al. Medical subdomain classification of clinical notes using a machine learning-based natural language processing approach. *BMC Med. Inform. Decis. Mak.* 2017; 17(1): 155.
15. Tafti AP, et al. BigNN: An open-source big data toolkit focused on biomedical sentence classification. *Proceedings–2017 IEEE International Conference on Big Data. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.* 2017; 2018: 3888–3896.
16. Ye Y, et al. Influenza detection from emergency department reports using natural language processing and Bayesian network classifiers. *J. Am. Med. Informatics Assoc. BMJ Publishing Group.* 2014; 21(5): 815–823.

**КУРАКОВА Н.Г.,**

д.б.н., РАНХиГС, г. Москва, Россия,<sup>1</sup>  
e-mail: kurakova-ng@ranepa.ru

**ЧЕРЧЕНКО О.В.,**

ФГБНУ «Дирекция НТП», г. Москва, Россия,<sup>2</sup>  
e-mail: olya.cherchenko@mail.ru

**ЦВЕТКОВА Л.А.,**

к.б.н., ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава России, г. Москва, Россия,  
e-mail: idmz@mednet.ru

## ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ЗДРАВООХРАНЕНИИ: ПОЗИЦИИ РОССИИ НА ГЛОБАЛЬНОМ ПУБЛИКАЦИОННОМ ЛАНДШАФТЕ

DOI: 10.25881/ITP.2021.59.48.003

**Аннотация.**

Целью настоящего исследования была оценка положения России на глобальном ландшафте, созданном публикациями, посвященными вопросам использованию технологии блокчейна в здравоохранении. Определено место Российской Федерации по удельному весу в общем числе статей, индексируемых в международной базе данных Web of Science.

Обнаружено 957 релевантных публикаций, проиндексированных в международной базе данных Web of Science Core Collection (WOS CC) за период с 2014 г. (год появления первой статьи) до конца 2020 г. Анализ распределения этих публикаций по странам аффилиации показал, что 23% портфеля публикаций подготовлено исследователями из США, 20% опубликовали ученые и разработчики Китая, 10% — Индии. Россия с показателем 11 публикаций занимает скромное 27-е место, уступая Саудовской Аравии (10-е место), Пакистану (11-е место), Бразилии (12-е место), Румынии (23-е место), Вьетнаму (26-е место).

Выполнен анализ сегмента высокоцитируемых публикаций (Highly Cited Papers), посвященных преимуществам и рискам применения блокчейна в здравоохранении, сформировавших фронты исследования за последние пять лет.

**Ключевые слова:** технологии блокчейна, здравоохранение, публикационная активность, фронты исследований, высокоцитируемые публикации, периодические издания, кварталы, публикационные стратегии, научно-технологическая политика, Россия, академическое лидерство

**Для цитирования:** Куракова Н.Г., Черченко О.В., Цветкова Л.А. Технологии блокчейн в здравоохранении: позиции России на глобальном публикационном ландшафте. *Врач и информационные технологии.* 2021; 1: 25–39. doi: 10.25881/ITP.2021.59.48.003.

<sup>1</sup> Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС.

<sup>2</sup> Статья подготовлена в рамках выполнения инициативной научно-исследовательской работы государственного задания ФГБНУ Дирекция НТП.

**KURAKOVA N.G.,**

DSc, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia,<sup>1</sup>  
e-mail: kurakova-ng@ranepa.ru

**CHERCHENKO O.V.,**

SSTP Directorate, Moscow, Russia,<sup>2</sup>  
e-mail: olya.cherchenko@mail.ru

**TSVETKOVA L.A.,**

PhD, Federal Research Institute for Health Organization and Informatics of Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia, e-mail: idmz@mednet.ru

## BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES IN HEALTHCARE: RUSSIA'S POSITION ON THE GLOBAL PUBLISHING LANDSCAPE

DOI: 10.25881/ITP.2021.59.48.003

**Abstract.**

*The aim of the study was to assess the position of Russia on the global landscape, created by publications devoted to blockchain technology applied in healthcare. The authors determined the place of the Russian Federation by its share in the total number of articles indexed in the international database «Web of Science».*

*The international database «Web of Science Collection» (WOS CC) includes 957 relevant publications in the period from 2014 (the year of the first article) to the end of 2020. The analysis of the distribution of these publications by affiliated country showed that researchers from the United States contributed 23% of the publication portfolio, scientists and developers from China published 20%, with India providing 10%. Russia is ranked 27th with 11 publications, behind Saudi Arabia (10th), Pakistan (11th), Brazil (12th), Romania (23rd), and Vietnam (26th).*

*Authors analysed the sorted list of highly-cited publications (Highly Cited Papers) on the advantages and risks of blockchain application in healthcare which formed the research basis during the past five years.*

**Keywords:** *blockchain technologies, healthcare, publication activity, research fronts, highly cited publications, periodicals, quartiles, publication strategies, science and technology policy, Russia, academic leadership.*

*How to cite: Kurakova NG, Cherchenko OV, Tsvetkova LA. Blockchain technologies in healthcare: Russia's position on the global publishing landscape. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 25–39. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.59.48.003.*

---

<sup>1</sup> The article was prepared as part of the research work of the state assignment of the RANEPA.

<sup>2</sup> The article was prepared as part of the implementation of the initiative research work of the state assignment of SSTP Directorate.



## ВВЕДЕНИЕ

Одна из ключевых целей национально-го проекта «Наука и образование», утверждение которого ожидается в апреле 2021 г., сформулирована как «Обеспечение присутствия Российской Федерации в числе десяти ведущих стран мира по объему научных исследований и разработок». Среди целевых показателей, на достижение которых влияет национальный проект, отметим «Место Российской Федерации по удельному весу в общем числе статей, индексируемых в международных базах данных» [1].

В серии публикаций 2019 г., оценивающих возможность достижения пятого места в мире по удельному весу в общем числе статей, индексируемых в международных базах данных», а именно такой целевой показатель был заявлен в паспорте национального проекта «Наука» [2], авторы настоящей статьи показали, что для дисциплин, входящих в предметную область «клиническая медицина», выполнение данного целевого показателя до 2024 г. практически невозможно. Так, на конец 2019 г. по объему национального портфеля статей по всем дисциплинам клинической медицины, проиндексированным в Web of Science Core Collection (WOS CC), Российская Федерация занимала в среднем 36-ую позицию в мире. В частности, по дисциплине «Сердечно-сосудистая система» — 21-ое место, «Клеточная и тканевая инженерия» — 33-е место, «Генетика и наследственность» — 21-ое место, «Онкология» — 39-ое, «Репродуктивная биология» — 44-ое место, «Трансплантология» — 46-ое место в мире [3–5].

Гипотезой исследования является тезис о том, что для достижения целевого показателя «Обеспечение присутствия Российской Федерации в числе десяти ведущих стран мира по объему научных исследований и разработок» российским ученым, специализирующимся в области медицины и здравоохранения, следует, в первую очередь, обращать внимание на новые исследовательские тренды и завоевывать публикационное лидерство в относительно недавно сформировавшихся и динамично развивающихся направлениях исследований, к числу которых в настоящее время относится использование технологий блокчейн (далее — БЧ) в здравоохранении.

Перечень исследовательских фокусов этого направления достаточно широк: среди перспективных сценариев использования технологии — обеспечение защиты информации при ведении электронных медицинских карт, контроль цепочки поставок лекарств, борьба с контрафактом, контроль за распределением донорских органов, проведение клинических и биомедицинских исследований, удаленный мониторинг пациентов, процедуры страхования и анализа медицинских данных [6–9]. В качестве преимущества БЧ для здравоохранения авторы публикаций, чаще всего, отмечают управляемость пациентом медицинских записей. Пациент владеет медицинскими данными и контролирует доступ к ним, имеет возможность копирования медицинских записей, передачи их поставщикам медицинских услуг или любым другим заинтересованным сторонам. БЧ может гарантировать, что медицинские данные не были изменены или дискредитированы кем-либо, в том числе врачами и самими пациентами. Поскольку записи о пациентах хранятся в децентрализованной сети, данные более устойчивы к утрате и хакерским атакам [10]. БЧ способен совершить революцию и в медицинских клинических исследованиях: технология может ускорить их проведение, открыть доступ к данным, а также усилить контроль за результатами [11].

Активному использованию БЧ в здравоохранении препятствует ряд барьеров: низкий уровень доверия к технологии на фоне угроз информационной безопасности и утраты личных данных, консерватизм некоторых медицинских учреждений по отношению к нововведениям и цифровизации процессов, отсутствие нового технологического оборудования в некоторых городах и регионах, а также сложности в совместимости технологических решений от различных поставщиков. Барьерами для широкого применения БЧ в здравоохранении являются также проблемы масштабируемости, задержки передачи данных, взаимодействия между различными системами, безопасности данных и конфиденциальности [9; 12–15]. Все перечисленные аспекты, риски и барьеры применения БЧ в системе здравоохранения также становятся предметом исследований, генерирующих стремительно растущий публикационный поток.

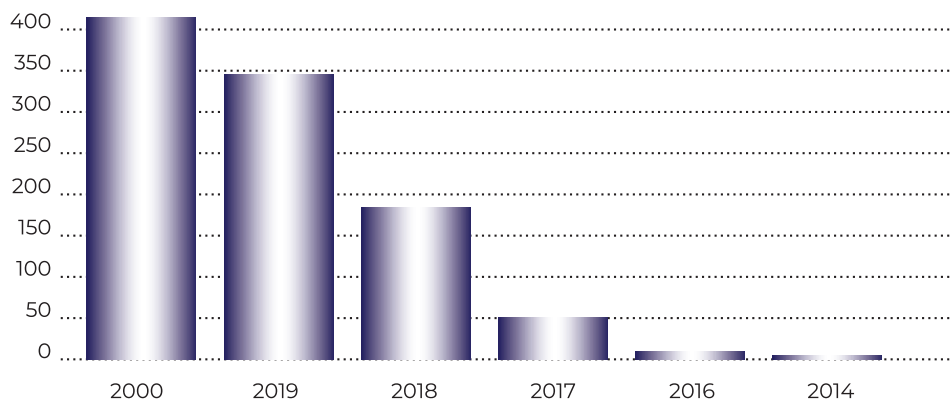
Как и в других индустриях, БЧ в здравоохранении находится на ранней стадии внедрения, лучшие практики применения технологии пока не сформированы. Согласно результатам опроса 146 медицинских учреждений в Европе, только 4% из них уже используют БЧ в своей практике, еще 14% планируют начать использовать с 2021 г. Наиболее интегрированным в практическое здравоохранение эксперты считают совместный проект MIT Media Lab и Beth Israel Deaconess Medical Center «MedRec», результатом реализации которого стало решение, позволяющее пациентам полностью контролировать свои данные и самостоятельно определять, кто может получить к ним доступ [16]. Аналогичные прикладные задачи решаются в проектах Healthbank, Factom, Gem Health Network (GHN), HealthCombix и др. [16].

Министерство здравоохранения ОАЭ создает систему на БЧ, позволяющую отследить происхождение донорских органов, а также убедиться, что донор дал согласие на их использование [17]. Компании Pfizer и Sanofi используют БЧ для упрощения процесса сбора данных у пациентов, которые готовы дать согласие на участие в клинических испытаниях. [18]. В Эстонии реализован проект Guardtime, использующий БЧ-платформу для хранения медицинских данных более чем миллиона граждан: решение основано на уже существовавшей в стране системе электронного здравоохранения [9].

Российские БЧ-проекты в области здравоохранения пока немногочисленны, находятся на начальной стадии и реализуются в основном в рамках частных инициатив. Информация о конкретных результатах, достигнутых в рамках анонсированных проектов, недоступна. Среди известных БЧ-инициатив российских медицинских учреждений — применение БЧ для хранения медицинских данных в ОАО «Медицина» в 2018 г., а также использование технологии для контроля медицинских услуг сетью «Открытая клиника» [19].

В качестве региональных проектов следует выделить использование БЧ для мониторинга оборота лекарств в больнице Новгородской области. В течение семи месяцев после запуска проект сэкономил около 12% бюджета программы льготного лекарственного обеспечения [20]. Московская область в 2017 г. анонсировала планы по использованию БЧ для хранения медицинских карт граждан [21].

Целью настоящего исследования была оценка положения России на глобальном ландшафте, созданном публикациями, рассматривающими вопросы использования технологии БЧ в здравоохранении. Для достижения цели были решены следующие задачи: определено место Российской Федерации по удельному весу в общем числе статей, индексируемых в международной базе данных WOS CC; выполнен анализ сегмента высокоцитируемых публикаций



**Рисунок 1 —Динамика публикационной активности в области использования БЧ в здравоохранении: 2014–2020 гг.**

(Highly Cited Papers) по БЧ в здравоохранении, сформировавших фронты исследования за последние пять лет (2015–2019 гг.). Анализ распределения этих публикаций по странам аффилиации (таблица 1) показал, что 23% портфеля подготовлено исследователями из США, 20% опубликовали ученые и разработчик Китая, 10% — Индии. Россия с показателем 11 публикаций занимает скромное 27-мое место, уступая Саудовской Аравии (10-тое место), Пакистану (11-тое место), Бразилии (12-тое место), Румынии (23-тее место), Вьетнаму (26-тое место).

В топ-10 организаций, активно разрабатывающих вопросы использования БЧ в здравоохранении, заметно доминирование университетов Китая, которым уступают ведущие университеты США (Калифорнийский, Гарвардский, МТИ), традиционно захватывающие лидерство по самым трендовым новым направлениям исследований (таблица 2). Что касается публикаций крупных ИТ-компаний, то их доля тоже пока не велика: CSIRO и IBM опубликовали пока по 6 статей, что свидетельствует о раннем этапе формирования технологического направления.

**Таблица 1 – Распределение публикаций, посвящённых использованию БЧ в здравоохранении, по странам аффилиации: 2014–2020 гг.**

Рейтинг/Страна	Число публикаций, проиндексированных в WOS CC	Доля от публикаций, проиндексированных в WOS CC (%)
1. США	225	22.750
2. КНР	197	19.919
3. Индия	104	10.516
4. Великобритания	81	8.190
5. Южная Корея	65	6.572
6. Австралия	64	6.471
7. Канада	58	5.865
8. Италия	43	4.348
9. Тайвань	36	3.640
10. Саудовская Аравия	35	3.539
11. Пакистан	34	3.438
12. Бразилия	30	3.033
13. Германия	26	2.629
14. ОАЭ	26	2.629
16. Португалия	26	2.629
15. Испания	25	2.528
17. Франция	23	2.326
18. Греция	23	2.326
19. Япония	23	2.326
20. Малазия	20	2.022
21. Норвегия	19	1.921
22. Нидерланды	19	1.921
23. Швеция	16	1.618
24. Румыния	15	1.517
25. Швейцария	13	1.314
26. Вьетнам	12	1.213
27. Российская Федерация	11	1.112

Источник данных: БД WOS CC, данные актуальны на 12.01.2021 г.

**Таблица 2 – Распределение публикаций, посвящённых использованию БЧ в здравоохранении, по организациям аффилиации: 2014–2020 гг.**

Организация	Число публикаций, проиндексированных в WOS CC	Доля публикаций, проиндексированных в WOS CC (%)
1. UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	20	2.022
1. CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	17	1.719
3. UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM	17	1.719
4. UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE TECHNOLOGY OF CHINA	15	1.517
5. PENNSYLVANIA COMMONWEALTH SYSTEM OF HIGHER EDUCATION PCSHE	14	1.416
6. UNIVERSITY OF LONDON	13	1.314
7. IMPERIAL COLLEGE LONDON	12	1.213
8. NIRMA UNIVERSITY	12	1.213
9. ASIA UNIVERSITY TAIWAN	11	1.112
10. KING SAUD UNIVERSITY	11	1.112
11. KHALIFA UNIVERSITY OF SCIENCE TECHNOLOGY	11	1.112
12. BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY	10	1.011
13. COMMONWEALTH SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION CSIRO	10	1.011
14. COMSATS UNIVERSITY ISLAMABAD CUI	10	1.011
15. UNIVERSITY OF CALIFORNIA SAN DIEGO	10	1.011
16. UNIVERSITY OF CHINESE ACADEMY OF SCIENCES CAS	10	1.011
17. UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES SYDNEY	10	1.011
18. UNIVERSITY OF TEXAS AT SAN ANTONIO UTSA	10	1.011
19. UNIVERSITY SYSTEM OF GEORGIA	10	1.011
20. BEIJING UNIVERSITY OF POSTS TELECOMMUNICATIONS	9	0.910
21. DEAKIN UNIVERSITY	9	0.910
22. XIDIAN UNIVERSITY	9	0.910
23. HARVARD UNIVERSITY	8	0.809
24. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY MIT	8	0.809%
25. STATE UNIVERSITY SYSTEM OF FLORIDA	8	0.809

Тематическая кластеризация 957 публикаций, посвящённых использованию БЧ в здравоохранении, проиндексированных в БД WOS CC в 2014–2020 гг., выполненная с использованием классификации Web of Science Research Areas, позволяет большую их часть отнести к дисциплине «Computer science» (58,6%) (таблица 3).

#### **МИРОВЫЕ ФРОНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БЧ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ**

В качестве базы исследований для этого вида наукометрического анализа использованы

данные информационно-аналитического приложения Essential Science Indicators (ESI) Clarivate Analytics, в котором группа высокоцитируемых публикаций (Highly Cited Papers) вычленяется методом кластерного анализа и объединяется по тематическому признаку на основе ко-цитирования [22]. В кластер Highly Cited Papers попадает 1% от общего числа статей, опубликованных в журналах, индексируемых WOS CC за последние 10 лет и текущий интервал актуального года, получивших устойчивое цитирование, показатель которого превышает средний мировой уровень

**Таблица 3 – Тематическая кластеризация публикаций, посвященных использованию БЧ в здравоохранении, проиндексированных в WOS CC: 2014–2020 гг.**

Области исследований	Число публикаций, проиндексированных в WOS CC	Доля публикаций, проиндексированных в WOS CC (%)
COMPUTER SCIENCE	580	58.645
ENGINEERING	348	35.187
TELECOMMUNICATIONS	250	25.278
MEDICAL INFORMATICS	109	11.021
HEALTH CARE SCIENCES SERVICES	96	9.707
BUSINESS ECONOMICS	38	3.842
CHEMISTRY	37	3.741
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	33	3.337
INSTRUMENTS INSTRUMENTATION	30	3.033
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	19	1.921
INFORMATION SCIENCE LIBRARY SCIENCE	19	1.921
OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE	19	1.921
PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	16	1.618
PHYSICS	15	1.517
AUTOMATION CONTROL SYSTEMS	13	1.314
MATHEMATICAL COMPUTATIONAL BIOLOGY	13	1.314
ENERGY FUELS	10	1.011
MATERIALS SCIENCE	10	1.011
BIOCHEMISTRY MOLECULAR BIOLOGY	9	0.910
EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH	9	0.910
GENERAL INTERNAL MEDICINE	9	0.910
GENETICS HEREDITY	9	0.910
PHARMACOLOGY PHARMACY	9	0.910
BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY	8	0.809
MATHEMATICS	6	0.607

Источник данных: БД WOS CC, данные актуальны на 12.01.2021 г.

в соответствующей предметной области на аналогичном промежутке времени. В том случае, если статья, обнародованная в течение последних двух лет, получает аномально высокое число ссылок («горячее цитирование») на протяжении предшествующих date выполнения анализа двух месяцев, такая публикация причисляется к категории Hot Papers (в среднем, число статей с максимальным цитированием не превышает 0,1% от общего числа всех цитируемых в ESI публикаций).

Разработчики ESI в фокус своего анализа помещают именно публикации со стабильно высоким уровнем цитируемости (Highly Cited Papers),

а не Hot Papers, «взрывная» цитируемость которых не всегда объяснима. По их мнению, показатели влиятельности публикаций Highly Cited Papers позволяют присваивать их авторским коллективам статус мировых лидеров.

Система ESI вычленяет до 10 тыс. тематических направлений (фронтов исследований, Research Fronts), которые соответствуют передовому рубежу современных исследований. Фронт исследований — это совокупность высоко цитируемых статей (highly cited papers) за пятилетний период, называемых «ключевыми статьями (core papers)», по специализированной теме, определяемой кластерным анализом. Кластеры

формируются путем отбора всех статей, которые могут быть связаны между собой заданным порогом совместного цитирования.

Название фронта формируется с помощью полуавтоматического процесса, основанного на анализе частовстречающихся ключевых слов и фраз в названиях статей, и дает представление о предметном содержании и тематической направленности данной области.

Фронты исследований предлагают альтернативную схему классификации для часто цитируемых статей (Highly Cited Papers), поскольку отнесение статей к фронту исследования не основано на областях исследований, используемых в Essential Science Indicators. Анализ фронта исследований не позволяет выявить все области исследований или все статьи в данной области. Однако он может помочь в выявлении областей, в которых ведется важная работа и на которых сосредоточено внимание научного сообщества.

Число основных документов, формирующих фронт исследования, указывает на размер исследовательского фронта, а также иллюстрирует скорость актуализации базы знаний в исследовательских областях. Средний год публикации (Mean year) и распределение основных документов по времени демонстрируют новизну тренда.

Согласно данным ESI, актуальным на 28.12.2020 г., среди 11195 фронтов по всем

предметным областям глобальной науки 13 фронтов посвящены анализу различных аспектов использования БЧ, из них 3 сформированы высокоцитируемыми публикациями (Highly Cited Papers), посвященными применению БЧ в здравоохранении (Таблица 4).

Первый и самый обширный из выявленных фронтов исследований образован десятью публикациями [23–32], посвященными обзору и описанию новейших биомедицинских / медицинских приложений БЧ-технологий, позволяющих обеспечить безопасный доступ к медицинским данным без нарушения конфиденциальности. Статьи фронта посвящены, в частности, исследованию потенциала использования технологии блокчейн для защиты медицинских данных, размещенных в облаке, использованию смарт-контрактов на основе БЧ, сравнительному обзору популярных БЧ-платформ для приложений здравоохранения и биомедицинских исследований. Средний возраст публикаций — 2017–2018 гг.

Наибольший интерес профессионального сообщества вызвала публикация этого фронта, описывающая основанную на БЧ архитектуру приложения Healthcare Data Gateway (HGD), которая позволяет пациенту легко и безопасно владеть, контролировать и делиться своими собственными данными без нарушения

**Таблица 4 – Фронты исследований, сформированные высокоцитируемыми публикациями (Highly Cited Papers), посвященными применению БЧ в здравоохранении**

Фронты исследований	Число высокоцитируемых статей (Highly Cited Papers)	Средний год публикации (Mean Year)	Публикации, сформировавшие фронт
Healthcare Blockchain System; Healthcare Cloud-Based Data Security; Blockchain Distributed Ledger Technologies; Healthcare Data Gateways; Blockchain Consensus	10	2017,8	23–32
Blockchain-Based Electronic Healthcare Record System; Smart Contract Privacy Protection; Blockchain-Based Smart Applications; Privacy Protection; Blockchain System	5	2019,8	33–37
Blockchain-Based Secure Image Encryption Scheme; IOT-Based Blockchain Integrity Management Platforms; Patient Vital Signs Based; Remote Monitoring; Smart Hospitals	2	2020	38–39

Источник: составлено авторами по данным ESI Clarivate Analytics, актуальным на 28.12.2020 г.



конфиденциальности [23]. Со дня публикации (октябрь 2016 г.) на момент обновления данных о фронтах исследований в ESI (24.11.2020 г.) эта статья получила 153 цитирования, а по данным WOS на 11.01.2021 г. ее цитируемость достигла уже 291, увеличившись всего за неполных 2 месяца почти вдвое (в 1,9 раза). В целом активно растущей цитируемостью характеризуются все статьи этого фронта.

Во второй фронт вошли 5 публикаций [33–37], посвященных системе электронной записи здравоохранения на основе БЧ; защите конфиденциальности умного контракта; обзору современных предложений интернета-вещей (IoT) с поддержкой 5G в качестве промышленной автоматизации на основе БЧ, внедрению машинного обучения для повышения устойчивости интеллектуальных приложений на базе БЧ к атакам. Средний возраст публикаций — 2019–2020 гг.

Опубликованная в январе 2019 г. статья, в которой анализируются угрозы конфиденциальности при использовании БЧ и обсуждаются существующие механизмы криптографической защиты, то есть анонимности и сохранения конфиденциальности транзакций, уже к 11.01.2021 г. получила 71 цитирование [33]. Опубликованная в феврале 2020 г. статья, предлагающая обзор решений для устранения текущих ограничений в системах здравоохранения с использованием БЧ, и принципы моделирования среды для реализации системы обмена электронными медицинскими записями, уже к концу декабря 2020 г. получила 31 ссылку [34].

Третий фронт сформирован двумя публикациями [38–39], посвященными вопросам безопасного шифрования изображений на основе БЧ; платформам управления целостностью БЧ на основе интернета вещей; жизненно важным показателям пациентов в формате удаленного мониторинга. Обе публикации датированы 2020 гг.

### **АНАЛИЗ ПОРТФЕЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ, ПОСВЯЩЕННЫХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БЧ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ**

По итогам 2020 г. Россия занимает 27-ое место в мире по числу публикаций, посвященных вопросам применения БЧ в здравоохранении, проиндексированных в WOS CC. Национальный

портфель насчитывает всего 11 публикаций, в том числе подготовленных в 2018 г. (3 публикации), 2019 г. (6 публикаций) и в 2020 г. (2 публикации), большая часть которых (10) написаны на английском языке. Российские исследователи размещают свои публикации преимущественно в тезисах международных конференций (50%) и периодических изданиях третьего-четвертого квартала, тогда как зарубежные публикации, получающие максимально высокое цитирование, опубликованы в журналах первого-второго кварталов WOS CC (таблица 5).

В таблице 6 представлены периодические издания, в которых опубликованы статьи, вошедшие во фронты исследований (таблица 4), а также перечень журналов и сборников международных конференций, в которых были опубликованы статьи и доклады российских исследователей вопросов применения БЧ в здравоохранении.

### **ОБСУЖДЕНИЕ**

Всего 4 из 11 статей, подготовленных участниками российских авторов и проиндексированных в WOS CC, получили цитирование с момента публикации и по состоянию на середину января 2021 г. Наиболее цитируемой оказалась статья, подготовленная авторским коллективом из Мурманского арктического государственного университета и Кольского научного центра РАН, опубликованная в журнале AGRICULTURE-BASEL, относящаяся ко второму кварталу — 7 ссылок за полтора года с момента публикации (август 2019 г.). Доклад на конференции Knowledge-based and intelligent information & engineering systems (KES-2018), опубликованный в 2018 г. сотрудниками Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова Минздрава России, Научного центра экспертизы лекарственных средств Минздрава России и Центрального научно-исследовательского института организации и информатизации здравоохранения Минздрава России, принес его авторам 5 ссылок. Доклад, размещенный в IEEE International conference quality management, transport and information security, information technologies (IT&QM&IS) (Брянский государственный инженерно-технологический университет), с момента публикации в 2018 г. цитировался трижды. Публикация в бесквартальном журнале

**Таблица 5 – Организации, аффилиация с которыми указана в публикациях, посвященных использованию БЧ в здравоохранении, проиндексированных в WOS CC: 2014–2020 гг.**

Российские организации, аффилиации с которыми указана в публикациях	Число публикаций, проиндексированных в WOS
1. Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения Минздрава России (FED RES INST HLTH ORG INFORMAT)	2
2. Научный центр экспертизы средств медицинского применения Минздрава России (SCIENTIFIC CENTRE FOR EXPERT EVALUATION OF MEDICINAL PRODUCTS)	2
3. Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (SECHENOV FIRST MOSCOW STATE MEDICAL UNIVERSITY)	2
4. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (HSE UNIVERSITY NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY HIGHER SCHOOL OF ECONOMICS)	2
5. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY)	1
6. Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко (NN BURDENKO NATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTER OF NEUROSURGERY)	1
7. Брянский государственный инженерно-технологический университет (BRYANSK STATE TECHNOL UNIV ENGN)	1
8. Санкт-Петербургский политехнический университет (PETER THE GREAT ST PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY)	1
9. Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (Immanuel Kant Baltic Fed Univ)	1
10. Российский университет дружбы народов (PEOPLES FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA)	1
11. Кольский научный центр РАН (KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES)	1
12. Институт информатики и математического моделирования ФИЦ КНЦ РАН (INSTITUTE FOR INFORMATICS MATHEMATICAL MODELING KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES)	1
13. Мурманский арктический государственный университет (MURMANSK ARCTIC STATE UNIVERSITY)	1
14. Группа «Борлас» (BORLAS GRP)	1
15. СБЕРБАНК (CYBER CONGRES)	1
16. INVITRO	1

Источник данных: БД WOS CC, данные актуальны на 12.01.2021 г.

Journal of institutional studies принесла авторам из МГУ 1 ссылку.

Анализ кластера высокоцитируемых публикаций, образовавших фронты исследований по вопросам использования БЧ в здравоохранении, позволяет отметить, что все они за редким исключением размещены в журналах первого-второго квартилей WOS CC (таблица 6). Из 11 российских публикаций в журнале первого квартиля опубликована лишь одна статья сотрудника ЦНИИОИЗ Минздрава России

И.В. Рябова (журнал PEERJ COMPUTER SCIENCE), которая, с нашей точки зрения, заслуживает особого внимания. И.В. Рябов является инженером, а не научным сотрудником института и, согласно данным РИНЦ, имеет весьма скромный портфель публикаций (всего 11), поэтому его стремительную публикационную карьеру (от региональных периодических изданий до журнала первого квартиля WOS CC) следует рассматривать как уникальную. Еще более сенсационным является тот факт, что первым из трех авторов

**Таблица 6 – Периодические издания, в которых опубликованы Highly Cited статьи по вопросам использования БЧ в здравоохранении**

Периодические издания, публикующие Highly Cited Papers in Field		Периодические издания, выбранные для отечественных публикаций	
Журнал	Индексация, Квартиль	Индексация, Квартиль	Индексация, квартал, аффилиация
JOURNAL OF MEDICAL SYSTEMS	Q1	Advances in Intelligent Systems and Computing (Шпрингер)	Scopus, WoS-CPCI.
JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL INFORMATICS ASSOCIATION	Q1	«Современные технологии в медицине» (Sovremennyye Tehnologii V Medicine)	WoS CC (Q – нет), Scopus
IEEE ACCESS	Q1	IEEE Transactions On Engineering Management	WoS CC Q2 (ВШЭ)
IEEE CLOUD COMPUTING	Q1	PEERJ Computer Science	WoS CC Q1 (ЦНИИОИЗ)
SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY	Q1	Agriculture-Basel	WoS CC Q2 (Мурманский арктический государственный университет; Кольский научный центр)
COMPUTATIONAL AND STRUCTURAL BIOTECHNOLOGY JOURNAL	Q1	Health Informatics Vision: From Data Via Information To Knowledge – Серия книг: Studies in Health Technology and Informatics	Proceedings Paper Конференция
HEALTH INFORMATICS JOURNAL	Q2	Education Excellence And Innovation Management Through Vision	Proceedings Paper Конференция
JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS	Q1	33rd International-Business-Information-Management-Association (IBIMA) Conference Местоположение: Granada, SPAIN публ.: APR 10-11, 2019 Education Excellence And Innovation Management Through Vision 2020	Proceedings Paper Конференция
JOURNAL OF INFORMATION SECURITY AND APPLICATIONS	Q3	Proceedings Of The Future Technologies Conference (FTC)	Proceedings Paper Конференция
MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING	Q1	Journal Of Institutional Studies	WoS CC (Q – нет) (МГУ)
ENTROPY	Q2	IEEE International Conference Quality Management, Transport And Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS)	Proceedings Paper Конференция
SENSORS	Q2	Economic And Social Development (Esd. 2018): 33rd International Scientific Conference On Economic And Social Development "Managerial Issues In Modern Business" - Серия книг: International Scientific Conference on Economic and Social Development	Proceedings Paper Конференция
		Knowledge-Based And Intelligent Information & Engineering Systems (KES-2018) - Серия книг: Procedia Computer Science	Proceedings Paper Конференция

этой статьи заявлен студент Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова Минздрава России, вообще не имеющий ни одной публикации, проиндексированной в РИНЦ.

Отдельного комментария заслуживает уровень владения академическим письмом российскими авторами рассматриваемых публикаций, поскольку речь идет об одной из самых сложных форм письменного английского языка, которая существенно отличается от других стилей текстов своей структурированностью и формализацией. Все публикации россиян, посвященные использованию БЧ в здравоохранении, написаны достаточно простым английским языком: краткое интервьюирование российских авторов показало, что у редакций даже высококвартильных изданий не возникло замечаний к тексту, выполненному службами перевода российских вузов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В середине 2020 г. Минобрнауки России разработало и представило Программу стратегического академического лидерства (далее — ПСАЛ), в основу которой легли принципы интеграции и кооперации научных и образовательных организаций и повышения их глобальной конкурентоспособности с целью трансформации российских вузов в университеты «лидерского» уровня [40]. При всем многообразии концепций и практик достижения академического лидерства («исследовательского превосходства») в оценку университетов и научных организаций всегда интегрирована аналитика научных публикаций, включающая выявление принадлежности публикаций к перечням высокоцитируемых, что позволяет оценить значимость проводимых научных исследований. Например, методология рейтинга Performance Ranking of Scientific Papers for World Universities (НЕЕАСТ) для формализации критерия «Исследовательское превосходство», использует индикатор «Количество высокоцитируемых статей» (т.е. количество статей, входящие в 1 % самых цитируемых за последние 10 лет в каждой предметной категории») [41]. В качестве показателей научно-исследовательского потенциала вузов в ПСАЛ Минобрнауки России также использовал индикатор «количество публикаций, входящих в 1% самых цитируемых за предыдущие 10 полных лет до отчетного года,

в научных изданиях, индексируемых в: Web of Science Core Collection (Highly Cited Papers), в расчете на одного научно-педагогического работника [42]. Таким образом, в Российской Федерации для формализации исследовательского превосходства планируется использовать принятый во всем мире индикатор.

Многолетний опыт анализа мировых фронтов исследований позволяет нам сделать заключение, что публикации, их формирующие, как правило, размещены в журналах первого и второго квартиля, т.е. в наиболее влиятельных и цитируемых периодических журналах. Таким образом, достижение академического лидерства («исследовательского превосходства») практически невозможно без публикаций в высокоимпактных изданиях. Доля отклоненных публикаций в таких журналах доходит до 99%. Поэтому существуют три способа попасть в 1% авторских коллективов удостоенных чести опубликовать статью в самых влиятельных журналах мира: сделать прорывное открытие, принять участие в глобальной коллаборации и, наконец, стать исследователями нового направления на ранних стадиях его становления. К числу таких направлений сегодня, без сомнения, относится БЧ в здравоохранении.

В 1956 г. в Президиуме РАН академик П.Л. Капица произнес речь, посвященную вопросам лидерства в науке, отметив, что это явление имеет свою, совершенно особую специфику. Для объяснения сути академического лидерства П.Л. Капица использовал следующую метафору: «Лидерство в науке — это не караван судов, идущих в открытом море, но караван судов, идущих во льду, где переднее судно должно прокладывать путь, разбивая лед. Оно должно быть наиболее сильным и должно выбирать правильный путь. И хотя разрыв между первым и вторым судном небольшой, но значение и ценность работы переднего судна совершенно иные» [43]

Представляется, что авторские коллективы, публикации которых формируют мировые фронты исследований, в наиболее полной мере соответствуют образу судов, прокладывающих во льду правильный путь для дальнейших исследований. Поэтому анализ кластера высокоцитируемых публикаций в рамках конкретной предметной области, а также создаваемых ими фронтов целесообразно использовать, прежде всего, для актуализации исследовательских стратегий.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Паспорт национального проекта «Наука и университеты» (проект). [Pasport nacional'nogo proekta «Nauka i universitety» (proekt). (In Russ).] Доступно по: [https://ipfran.ru/files/10591/new\\_np\\_sci\\_uni.pdf](https://ipfran.ru/files/10591/new_np_sci_uni.pdf).
2. Паспорт национального проекта «Наука» утверждён решением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 года. [Pasport nacional'nogo proekta «Nauka» utverzhdyon resheniem prezidiuma Soveta pri Prezidente Rossijskoj Federacii po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nym proektam 24 dekabrya 2018 goda. (In Russ).] Доступно по: <http://government.ru/info/35565>. Ссылка активна на 07.03.2019.
3. Стародубов В.И., Кураков Ф.А., Цветкова Л.А., Полякова Ю.В. Оценка позиции Российской Федерации в мировом рейтинге публикационной активности по приоритетным направлениям в области биомедицины // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2019. — №5. — С.120–127. [Starodubov VI, Kurakov FA, Cvetkova LA, Polyakova YUV. Ocenka pozicii Rossijskoj Federacii v mirovom rejtinge publikacionnoj aktivnosti po prioritetnym napravleniyam v oblasti biomeditsiny. Hirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2019; 5:120–127. (In Russ).]
4. Стародубов В.И., Кураков Ф.А., Цветкова Л.А., Полякова Ю.В. Оценка достижимости пятого места в мировом рейтинге публикационной активности по приоритетным направлениям в области биомедицины // Менеджер здравоохранения. — 2019. — №6. — С.49–57. [Starodubov VI, Kurakov FA, Cvetkova LA, Polyakova YUV. Ocenka dostizhimosti pyatogo mesta v mirovom rejtinge publikacionnoj aktivnosti po prioritetnym napravleniyam v oblasti biomeditsiny. Menedzher zdavoohraneniya. 2019; 6: 49–57. (In Russ).]
5. Стародубов В.И., Кураков Ф.А. Определение базового значения целевого показателя национального проекта «Наука», связанного с публикационной активностью Российской Федерации в приоритетных областях // Экономика науки. — 2019. — Т.5. — №2. — С. 101–113. [Starodubov VI, Kurakov FA. Opredelenie bazovogo znacheniya celevogo pokazatelya nacional'nogo proekta «Nauka», svyazannogo s publikacionnoj aktivnost'yu Rossijskoj Federacii v prioritetnyh oblastyah. Ekonomika nauki. 2019; 5(2):101–113. (In Russ).]
6. Колобаев С.А., Лебедев Г.С. Обзор технологий блокчейн и биткоин в возможности использования в медицинском менеджменте и организации здравоохранения // Вопросы здравоохранения. — 2018. — № 1. — С. 14–19. Kolobaev SA, Lebedev GS. Obzor tekhnologij blokchejn i bitkoin v vozmozhnosti ispol'zovaniya v medicinskom menedzhmente i organizacii zdavoohraneniya. Voprosy zdavoohraneniya. 2018; 1: 14–19. (In Russ).]
7. Логвинов Ю.И., Шматов Е.В. Преимущества и возможности применения блокчейн технологий в сфере здравоохранения // Виртуальные технологии в медицине. — 2018. — № 2(20). — С. 65–66. [Logvinov YUI., SHmatov EV. Preimushchestva i vozmozhnosti primeneniya blokchejn tekhnologij v sfere zdavoohraneniya. Virtual'nye tekhnologii v medicine. 2018; 2(20): 65–66. (In Russ).]
8. Кузнецова В.П., Вардомацкая Л.П., Тропинова Е.А. Блокчейн в здравоохранении // Экономика и управление. — 2018. — № 7(153). — С. 16–20. [Kuznecova VP, Vardomackaya LP, Tropinova EA. Blokchejn v zdavoohranenii. Ekonomika i upravlenie. 2018; 7(153): 16–20. (In Russ).]
9. Agbo CC, Mahmoud QH, Eklund JM. Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. Healthcare. 2019; 7(2): 56. Available at: <file:///C:/Users/L236B~1.TSV/AppData/Local/Temp/MicrosoftEdgeDownloads/2d96e114-bd0c-405f-b1ec-26d1dd61a4d7/healthcare-07-00056.pdf>.
10. Цыганов С.Н. Применение технологии блокчейн для хранения данных электронных медицинских карт пациентов // Фундаментальные исследования. 2017. № 11-2. С. 338–343.
11. Беляев А.М., Стилиди И.С., Каприн А.Д. и др. Блокчейн в здравоохранении: возможности для использования в клинических исследованиях // Лечебное дело. — 2018. — № 2. — С. 100–105. [Belyaev AM, Stilidi IS, Kaprin AD, et al. Blokchejn v zdavoohranenii: vozmozhnosti dlya ispol'zovaniya v klinicheskikh issledovaniyah. Lechebnoe delo. 2018; 2: 100–105. (In Russ).]
12. Engelhardt MA. Hitching Healthcare to the Chain: An Introduction to Blockchain Technology in the Healthcare Sector. Technol. Innov. Manag. Rev. 2017; 7: 22–34. Available at: <https://timreview.ca/article/1111>.



13. Gordon WJ, Catalini C. Blockchain Technology for Healthcare: Facilitating the Transition to Patient-Driven Interoperability. *Comput. Struct. Biotechnol. J.* 2018; 16: 224–230. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S200103701830028X?via%3DIhub>.
14. Xia Q, Sifah EB, Smahi A, Amofa S, Zhang X. BBDS: Blockchain-Based Data Sharing for Electronic. Available at: <https://www.mdpi.com/2078-2489/8/2/44>.
15. Esposito C, De Santis A, Tortora G, Chang H, Choo K-K.R. Blockchain: A Panacea for Healthcare Cloud-Based Data Security and Privacy? *IEEE Cloud Comput.* 2018; 5: 31–37. Available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8327543>.
16. Azaria A, Ekblaw A, Vieira T, Lippman A. MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*; 2016 August 22–24; Vienna, Austria. pp. 25–30.
17. Блокчейн в медицине // TADVISER. Доступно по: <https://www.tadviser.ru/a/442663>. 17. [Blokchejn v medicine // TADVISER. Available at: <https://www.tadviser.ru/a/442663>. (In Russ).]
18. Prashant Ram Top 5 Blockchain Use Cases in Pharma and Healthcare — that you should know about! Real world Use Cases of Blockchain in Pharma and Healthcare. *Blockchain Bistro.* 2018 Aug 28. Available at: <https://medium.com/blockchainbistro/top-5-use-cases-of-blockchain-in-pharma-and-healthcare-that-you-should-know-about-77ccdd76369b>.
19. Мельникова Ю. На здравоохранение надвигается блокчейн // ComNews. [Mel'nikova YU. Na zdavoohranenie nadvigaetsya blokchejn // ComNews. (In Russ).] Доступно по: <https://www.comnews.ru/content/205022/2020-03-16/2020-w12/zdravookhranenie-nadvigaetsya-blokcheyn>. Ссылка активна на 16.03.2020.
20. В Новгородской области запустили мониторинг оборота лекарств с помощью системы блокчейна. [V Novgorodskoj oblasti zapustili monitoring oborota lekarstv s pomoshch'yu sistemy blokchejna. (In Russ).] Доступно по: <https://tass.ru/ekonomika/5123036>. Ссылка активна на 13.04.2018.
21. Носов Н. Медицинские карты на блокчейне: Московская область планирует использовать технологии распределенного реестра для хранения медицинских карт граждан. [Nosov N. Medicinskie karty na blokchejne: Moskovskaya oblast' planiruet ispol'zovat' tekhnologii raspredelennogo reestra dlya hraneniya medicinskih kart grazhdan. (In Russ).] Доступно по: <https://www.iksmedia.ru/news/5503527-Medicinskie-karty-na-blokchejne.html> Ссылка активна на 04.06.2018.
22. Clarivate Analytics: Incites Essential science indicators help. Available at: <http://help.incites.clarivate.com/incitesLiveESI/ESIGroup/indicatorsGroup/indicatorsESI.html>.
23. Yue X, Wang HJ, Jin DW, Li MQ, Jiang W. Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control. *Journal of medical systems.* 2016; 40(10). doi: 10.1007/s10916-016-0574-6.
24. Kuo Tt, Kim He, Ohno-Machado L. Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the American medical informatics association.* 2017; 24(6): 1211–1220. doi: 10.1093/jamia/ocx068.
25. Xia Q, Sifah EB, Asamoah KO, Gao JB, Du XJ, Guizani M. Medshare: trust-less medical data sharing among cloud service providers via blockchain. *IEEE ACCESS* 5: 14757-14767 2017. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2730843.
26. Esposito C, De Santis A, Tortora G, Chang H, Choo Kkr. Blockchain: a panacea for healthcare cloud-based data security and privacy? *IEEE cloud computing.* 2018; 5(1): 31–37.
27. Griggs KN, Ossipova O, Kohlios CP, Baccarini AN, Howson EA, Hayajneh T. Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring. *Journal of medical systems.* 2018; 42(7). doi: 10.1007/s10916-018-0982-x.
28. Guo R, Shi HX, Zhao QL, Zheng D. Secure attribute-based signature scheme with multiple authorities for blockchain in electronic health records systems. *IEEE ACCESS* 6: 11676-11686 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2801266.
29. Dagher GG, Mohler J, Milojkovic M, Marella PB. Ancile: privacy-preserving framework for access control and interoperability of electronic health records using blockchain technology. *Sustainable cities and society.* 2018; 39: 283–297. doi: 10.1016/j.scs.2018.02.014.



30. Zhang P, White J, Schmidt DC, Lenz G, Rosenbloom ST. Fhircchain: applying blockchain to securely and scalably share clinical data. *Computational and structural biotechnology journal*. 2018; 16: 267–278. doi: 10.1016/j.csbj.2018.07.004.
31. Patel V. A framework for secure and decentralized sharing of medical imaging data via blockchain consensus. *Health informatics journal*. 2019; 25(4): 1398–1411. doi: 10.1177/1460458218769699.
32. Kuo TT, Rojas HZ, Ohno-Machado L. Comparison of blockchain platforms: a systematic review and healthcare examples. *Journal of the American medical informatics association*. 2019; 26(5): 462–478. doi: 10.1093/jamia/ocy185.
33. Feng Q, He DB, Zeadally S, Khan MK, Kumar N. A Survey on privacy protection in blockchain system. *Journal of network and computer applications*. 2019; 126: 45–58. doi: 10.1016/j.jnca.2018.10.020.
34. Tanwar S, Parekh K, Evans R. Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. *Journal of information security and applications*. 2020;50. doi: 10.1016/j.jisa.2019.102407.
35. Mistry I, Tanwar S, Tyagi S, Kumar N. Blockchain for 5G-enabled IOT for industrial automation: a systematic review, solutions, and challenges. *Mechanical systems and signal processing*. 2020;135. doi: 10.1016/j.ymssp.2019.106382.
36. Tanwar S, Bhatia Q, Patel P, Kumari A, Singh PK, Hong WC. Machine learning adoption in blockchain-based smart applications: the challenges, and a way forward. *IEEE ACCESS* 8: 474-488 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2961372.
37. Gupta R, Tanwar S, Al-Turjman F, Italiya P, Nauman A, Kim SW. Smart contract privacy protection using AI in cyber-physical systems: tools, techniques and challenges. *IEEE ACCESS* 8: 24746-24772 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970576.
38. Khan PW, Byun Y. A Blockchain-based secure image encryption scheme for the industrial internet of things. *Entropy*. 2020; 22(2). doi: 10.3390/e22020175.
39. Jamil F, Ahmad S, Iqbal N, Kim DH. Towards a remote monitoring of patient vital signs based on IOT-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals. *Sensors*. 2020; 20(8). doi: 10.3390/s20082195.
40. Валерий Фальков представил дизайн Программы стратегического академического лидерства. [Valerij Fal'kov predstavil dizajn Programmy strategicheskogo akademicheskogo liderstva. (In Russ).] Доступно по: [https://minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id\\_4=2809](https://minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=2809). Ссылка активна на 10.07.2020.
41. Дорога к академическому совершенству: Становление исследовательских университетов / Под ред. Ф. Дж. Альтбаха, Д. Салми; пер.с англ. — М.: Весь Мир, 2012. [Doroga k akademicheskomu sovershenstvu: Stanovlenie issledovatel'skih universitetov. FDzh. Al'tbah, D. Salmi, editors. M.: Ves' Mir. 2012. (In Russ).]
42. Фальков В.П. Программа стратегического академического лидерства. Москва, 2020. [Fal'kov VP. Programma strategicheskogo akademicheskogo liderstva. Moskva, 2020. (In Russ).] Доступно по: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/method/Program\\_strategy\\_leadership.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/method/Program_strategy_leadership.pdf).

**КАРПОВ О.Э.,**

член-корреспондент РАН, д.м.н., профессор, ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: nmhc\_director@mail.ru

**ЗАМЯТИН М.Н.,**

д.м.н., профессор, ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: zamyatinmn@pirogov-center.ru

**ВАХРОМЕЕВА М.Н.,**

д.м.н., профессор, ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: vakhromeevamn@pirogov-center.ru

**СИВОХИНА Н.Ю.,**

к.м.н., ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: sivokhinanu@pirogov-center.ru

**СУББОТИН С.А.,**

ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: SubbotinSA@pirogov-center.ru

## ЦИФРОВАЯ ЭКГ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ. ЧАСТЬ 1

DOI: 10.25881/ITP.2021.64.62.004

**Аннотация.**

*Электрокардиография (ЭКГ) является одним из самых распространенных видов инструментальной диагностики, и специализированные кардиографические информационные системы являются важным элементом цифровой клиники. В статье изложены результаты проведенного в ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Центр) исследования готовности поставщиков ЭКГ-оборудования и программного обеспечения к включению в сложный информационный и технологический ландшафт крупной многопрофильной клиники.*

*В первой части рассмотрены общие положения технологии цифровой ЭКГ и результаты сравнения периферического оборудования.*

**Ключевые слова:** электрокардиография, кардиологические информационные системы, периферийное кардиографическое оборудование.

**Для цитирования:** Карпов О.Э., Замятин М.Н., Вахромеева М.Н., Сивохина Н.Ю., Субботин С.А. Цифровая ЭКГ: перспективы развития, преимущества и недостатки. Часть 1. Врач и информационные технологии. 2021; 1: 40–46. doi: 10.25881/ITP.2021.64.62.004.

**KARPOV O.E.,**

Corresponding Members of the RAS, DSc, Professor, Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia, e-mail: karpov\_oe@mail.ru

**ZAMYATIN M.N.,**

DSc, Professor, Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia, e-mail: zamyatinmn@pirogov-center.ru

**VAKHROMEeva M.N.,**

DSc, Professor, Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia, e-mail: vakhromeevamn@pirogov-center.ru

**SIVOKHINA N.YU.,**

PhD, Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia, e-mail: sivokhinanu@pirogov-center.ru

**SUBBOTIN S.A.**

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow, Russia, e-mail: SubbotinSA@pirogov-center.ru

## **DIGITAL ECG: DEVELOPMENT PROSPECTS, ADVANTAGES, AND DISADVANTAGES. PART 1**

DOI: 10.25881/ITP.2021.64.62.004

**Abstract.**

*Electrocardiography (ECG) is one of the most common types of instrumental diagnostics, so the creation of specialized cardiographic information systems is an important step towards a digital clinic. The article presents the results of the study conducted at "N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center" on the commitment of ECG equipment and software suppliers to be included in the complex information and technological landscape of a large multidisciplinary clinic.*

*The article begins with the general requirements of digital ECG technology, and the results of comparative research on the technical characteristics of peripheral equipment.*

**Keywords:** *electrocardiography, cardiological information systems, peripheral cardiography equipment.*

**How to cite:** *Karpov OE, Zamyatin MN, Vakhromeeva MN, Sivokhina NYu, Subbotin SA. Digital ECG: development prospects, advantages and disadvantages. Part 1. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 40–46. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.64.62.004.*

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях методика традиционной регистрации и хранения ЭКГ на бумаге уже не соответствует требованиям и ожиданиям медицинского персонала, так как существенно ограничивает или исключает такие возможности как:

- централизованный доступ к ЭКГ и результатам ее анализа;
- автоматическое сохранение результатов в электронной истории болезни;
- автоматизация процесса интерпретации доступа к предыдущим ЭКГ для их сравнения и т.д.

Более того, современные требования к привычной электрокардиографии не ограничиваются только контролем стандартных показателей в текущий момент времени, а возрастают до необходимости получения и сохранения максимально полной информации, позволяющей наблюдать за состоянием пациента в динамике, что, в свою очередь, уточняет и ускоряет диагностику патологических состояний миокарда [1].

Научно обоснованная разработка требований к кардиологическим информационным системам (КИС) на международном уровне ведется уже почти двадцать лет [2]. В настоящее время использование подобных решений специфицировано самой авторитетной международной организацией в сфере цифровой трансформации здравоохранения — Обществом информационных и управленческих систем здравоохранения (Healthcare Information and Management Systems Society — HIMMS, на декабрь 2019 г. объединяло более 80000 индивидуальных членов, 480 поставщиков услуг, в первую очередь разработчиков профильных информационных систем и цифровых сервисов, 650 медицинских учреждений, а также почти 500 некоммерческих партнеров). HIMMS разработала ряд моделей, которые используются во всем мире для оценки уровня информатизации медицинских организаций. Все они содержат 8 уровней — от нулевого, когда информационные технологии вообще не используются, до максимального седьмого, относящегося к полностью безбумажной «умной клинике», все процессы в которой оптимизированы и оцифрованы. Ключевыми для рассмотрения цифровой ЭКГ являются:

- модель внедрения электронной медицинской карты (Electronic Medical Record Adoption Model — EMRAM) [3];

- модель внедрения технологий работы с цифровыми изображениями (Digital Imaging Adoption Model — DIAM) [4].

## ОЖИДАЕМЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЦИФРОВОЙ ЭКГ

Наличие кардиологической информационной системы (КИС) относится в этой модели к первому, фактически начальному уровню EMRAM и DIAM [3; 4]. При этом HIMMS определяет следующее ключевое требование к КИС — «...обеспечивает предоставление медицинских изображений врачам через интернет и вытесняет все изображения на основе бумаги...», что полностью соответствует используемому в настоящей статье понятию цифровой ЭКГ. КИС не только предоставляет возможность в любой момент времени иметь обобщенную информацию по всем электрокардиографическим исследованиям, выполненным в разных отделениях стационара, клиниках и городах, но и обеспечивает консолидацию других визуализирующих исследований, прикрепленных к идентификатору пациента.

Использование традиционной, так называемой «бумажной технологии» приводит:

- к некорректному учету ЭКГ-исследований;
- к отсутствию детального контроля, следствием чего является:
  - потеря ЭКГ;
  - появление/увеличение числа нерасшифрованных ЭКГ;
  - отсутствие унифицированного подхода к измерению и интерпретации ЭКГ;
  - отсутствие возможности формирования базы данных;
- к отсутствию возможности корректно выгружать статистику и т.д.

Цифровая технология, напротив, имеет целый ряд преимуществ (таблица 1) и позволяет многим процессам выполняться быстрее, вести детальный контроль за количеством и качеством ЭКГ, формировать базы данных, выгружать статистику, организовывать учебный процесс специалистов на «живых» данных и т.д.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РЕШЕНИЙ ЦИФРОВОЙ ЭКГ

К сожалению, в реальной клинической практике использовать в полном объеме эти

Таблица 1 – Основные преимущества технологии «Цифровая ЭКГ»

Параметры	Стандартная ЭКГ (бумажная технология)	Технология «Цифровая ЭКГ»
1. Регистрация ЭКГ	На автономных обособленных электрокардиографах	Цифровая регистрация ЭКГ с передачей информации в хранилище медицинских данных
2. Вывод ЭКГ	На экране кардиографа и на термобумаге	На экране ПК и офисной бумаге формата А4
3. Передача ЭКГ	В ручном режиме на бумажном носителе	По локальной сети / на бумажном носителе
4. Интерпретация данных и заключение специалиста	Пишется от руки на бумажном носителе	Вносится в цифровом виде и печатается на принтере
5. Статистика	Сбор статистики крайне трудоемок	Вывод статистики «в разрезе» по пациентам, нозологиям, диагнозам, нарушениям и т.д.
6. Сравнение ЭКГ в динамике	Сопоставление бумажных носителей	Сопоставление цифровых записей
7. Архивирование ЭКГ	Пополнение бумажных архивов	Цифровой архив
8. Срочное описание ЭКГ	Затрата времени на доставку бумажного носителя специалисту и обратную связь	Интерактивное уведомление специалиста
9. Выдача дубликата ЭКГ	Не возможна	Возможна в любом количестве
10. Интеграция с медицинской информационной системой (МИС)	Не предполагается	Возможна в нескольких вариантах

преимущества «Цифровой ЭКГ» удастся далеко не всегда, несмотря на то, что на рынке есть много предложений таких устройств от российских и зарубежных производителей.

Выбор конкретного оборудования автоматизированной системы ЭКГ для любого лечебного учреждения — задача непростая. Все системы существенно отличаются между собой по функциональным возможностям, оборудованию, программному обеспечению (ПО) и, соответственно, стоимости. Наряду с учетом соотношения цены / качества / функциональных возможностей конкретного оборудования, необходимо четкое представление задач, которые будут решаться с помощью данной системы. Ситуация усугубляется еще и тем, что каждая из них представляет собой единый программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий возможность интерпретации данных, полученных только со «своего» оборудования. Это приводит к зависимости потребителя от конкретного производителя в плане приобретения, как периферического оборудования, так и программного продукта, а также создает проблемы интеграции каждого

из комплексов с МИС, усложняет сравнительный анализ данных ЭКГ одного пациента, снятых в разное время на разных приборах.

Указанные вопросы и проблемы послужили основанием для проведения пилотного тестирования оборудования по автоматизированной системе ЭКГ различных производителей с целью:

- многостороннего анализа основных преимуществ и недостатков существующих систем на всех этапах маршрутизации ЭКГ-данных от регистрации до архивирования,
- разработки стандартизированных подходов для обеспечения интеграции уже реализованных и вновь создаваемых российских систем «Цифровой ЭКГ».

В процессе исследования в ФГБУ «НМХЦ имени Н.И. Пирогова» Минздрава России были проанализированы и сопоставлены возможности 5 систем «Цифровой ЭКГ», в том числе 3 системы отечественных («Атес Медика», «Миокард-12», «Кардиометр-МТ») и 2 — зарубежных («Muse» от GE Healthcare и «IntelliSpase Cardiovascular» от Philips) производителей. В ходе работ было выполнено 2620 исследований ЭКГ.

Сравнительный анализ всех представленных систем включал:

- оценку периферического оборудования для регистрации и передачи данных ЭКГ (результаты рассмотрены в этой части);
- оценку программного обеспечения (ПО) для интерпретации, архивирования и хранения ЭКГ-данных (результаты представлены в следующей части).

При сопоставлении оборудования мы намеренно не указали название систем, поскольку основной задачей исследования является не выявление преимуществ и недостатков конкретного решения, а определение наиболее функциональных параметров для обеспечения качественной и стандартизированной работы с ЭКГ, а также возможностей интеграции систем цифровой ЭКГ.

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Сравнительный анализ периферического оборудования всех испытанных решений (образцы № 1–5) по основным параметрам представлен в таблице 2. При проведении исследований использовались материалы производителей [5–9]. Оборудование для регистрации ЭКГ в ряде систем было представлено в виде специализированных медицинских электрокардиографов со встроенным комплексом для регистрации ЭКГ, передачи данных по Wi-Fi, LAN и с помощью сим-карты (при наличии GSM-модуля) только в двух образцах. В других системах регистрация ЭКГ осуществлялась через USB-устройство в комплексе с ноутбуком, планшетом или смартфоном с аналогичными возможностями передачи данных (табл. 2, параметр 1). Как показал наш опыт, наличие надежного специализированного медицинского оборудования для регистрации ЭКГ в условиях многопрофильного стационара, является обязательным и имеет целый ряд преимуществ.

При регистрации ЭКГ с помощью специализированных электрокардиографов отсутствует «привязка» к бытовому компьютеру, его операционной системе, что позволяет оперативно регистрировать ЭКГ в «цитовых» ситуациях. В ходе ознакомительного испытания, мы неоднократно сталкивались с тем, что планшеты / ноутбуки, зачастую, «зависали», требовалась перезагрузка

всей системы и даже замена оборудования, что недопустимо при выполнении экстренных исследований в стационаре или при работе в реанимационных отделениях.

На специализированных электрокардиографах всегда есть возможность оперативной распечатки ЭКГ на термобумаге (табл. 2, параметр 2), нажав одну кнопку в нужный момент времени, например, чтобы зафиксировать возникшие нарушения ритма у пациента. Среди представленных систем два образца были оборудованы встроенным термопринтером, в трех остальных термопринтеры прилагались в качестве отдельного «аксессуара». Быстрая регистрация ЭКГ в такой комплектации не представлялась возможной, поскольку требовала время на подключение принтера к регистрирующему оборудованию, загрузке самой системы, занесения данных пациента и только после этого регистрации ЭКГ. Понятно, что в таких ситуациях момент фиксирования патологических изменений на ЭКГ может быть упущен. Во время работы мы также с этим неоднократно сталкивались. И хотя, в целом, переход на технологию «Цифровая ЭКГ» предполагает вывод ЭКГ и ее печать на офисной бумаге формата А4, что существенно экономичнее, чем использование дорогостоящей оригинальной термобумаги любых производителей, возможность распечатки ЭКГ на термобумаге, обязательно должна быть предусмотрена для «цитовых» ситуаций.

Важным преимуществом использования специализированного медицинского оборудования по сравнению с ПК, ноутбуками и смартфонами, является возможность их использования в клиникеских отделениях, особенно в отделениях анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, где действуют особые санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, а приборы систематически обрабатываются дезинфицирующими средствами (табл. 2, параметр 3). Другим важным достоинством в таких условиях может быть наличие прорезиненной клавиатуры с эргономической клавиатурой («хороший отклик» клавиш), что позволяет без проблем регистрировать ЭКГ в медицинских перчатках.

Наличие возможности проведения контроля качества регистрации ЭКГ до передачи данных (табл. 2, параметр 4) в различных вариантах мы увидели во всех системах, но лишь в одном



**Таблица 2 – Сравнительный анализ основных параметров периферического оборудования испытанных образцов систем цифровой ЭКГ**

№ п/п	Основные параметры	Испытанные образцы				
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1.	Наличие или отсутствие специализированного медицинского оборудования для регистрации и передачи данных ЭКГ	+	+	-	-	-
2.	Возможность распечатки ЭКГ на термобумаге	+	+	±	±	±
3.	Возможность обработки периферического оборудования с помощью дезинфицирующих средств	+	+	-	-	-
4.	Контроль качества регистрации ЭКГ до передачи данных	+	±	±	±	±
5.	Возможность визуального контроля ЭКГ на экране регистрирующего устройства в 12-ти отведениях	+	+	-	-	-
6.	Автоматическая интерпретация данных с выдачей заключения	+	±	±	±	±

**Примечание:** представленный параметр реализован (+), отсутствует (-), не доработан / не удобен в использовании / не доказан на базе клинических исследований или в ходе испытательных работ (±).

образце представленная опция нам показалась полностью доработанной и удобной в использовании.

Схемы наложения электродов, интеллектуальные подсказки, система «светофор» с красной, желтой и зеленой индикацией, сигнализирующие о неправильном наложении электродов, их отрыве, наличии наводок и т.д. существенно облегчают процесс регистрации ЭКГ за счет удобной и легкой визуализации качества ЭКГ-сигнала. Медицинской сестре нет необходимости переснимать ЭКГ и дожидаться перезаписи циклического буфера, т.к. качество ЭКГ она может оценивать в режиме on-line и отправлять ЭКГ на интерпретацию врачу только при соответствующем сигнале интеллектуальной подсказки. С другой стороны, наличие такой опции позволяет проконтролировать и оценить работу среднего медицинского персонала, выявить персонализированные систематические ошибки или нарушения при регистрации ЭКГ для проведения повторного инструктажа или обучения.

Кроме того, визуализация ЭКГ на экране регистрирующего устройства в 12-ти отведениях (табл. 2, параметр 5) также необходима для контроля качества регистрации ЭКГ. Медицинская сестра сразу видит на экране кардиографа проблему и своевременно может ее исправить. На наших образцах такая опция была представлена только на специализированном медицинском

оборудовании. У трех остальных систем на регистрирующих устройствах экраны отсутствуют, и возможность контроля регистрируемой ЭКГ имелась только на ноутбуке, планшете или ПК при условии наличия связи, что, как показал наш опыт, не всегда осуществимо.

Автоматическая интерпретация данных (табл. 2, параметр 6) в той или иной степени, была представлена во всех системах. Однако, по данным открытых источников только у одного образца была заявлена диагностическая точность с указанием алгоритма автоматической интерпретации измерений и базы клинических испытаний. В данной системе автоматическая интерпретация, как правило, крайне редко требовала дополнений, изменений и поправок, что существенно сокращало время на формирование окончательного заключения.

В качестве заключения следует отметить, что наличие или отсутствие представленных основных параметров регистрирующих ЭКГ устройств существенно влияет на качество и эффективность работы специалистов функциональной диагностики. Более того, такие параметры как контроль качества регистрации ЭКГ и точность автоматической интерпретации являются чрезвычайно важными и необходимыми опциями, особенно в условиях отсутствия медицинских сотрудников узкой специализации — врачей-кардиологов, врачей функциональной диагностики, медицинских сестер функциональной

диагностики. Это дает возможность среднему медицинскому персоналу без специализации по функциональной диагностике с помощью «подсказок» качественно снять ЭКГ, а, например,

врачу-хирургу общей практики или врачу-гинекологу принять решение о кардиологическом событии и своевременно обратиться к врачу-эксперту.

#### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Рябыкина Г.В., Соболев А.В., Сахнова Т.А. и др. Применение систем дистанционной регистрации и централизованного анализа ЭКГ в условиях крупного стационара и медицинских учреждений сельской местности. Методическое пособие для врачей / Под ред. Е.И.Чазова. М, 2013. [Ryabykina GV, Sobolev AV, Sahnova TA, et al. Primenenie sistem distancionnoj registracii i centralizovannogo analiza EKG v usloviyah krupnogo stacionara i medicinskih uchrezhdenij sel'skoj mestnosti. Metodicheskoe posobie dlya vrachej. EI.CHazova, editor. M; 2013. (In Russ).]
2. Van der Putten SM, Wood N, Boersma D, Bassand EJ. The Cardiology Information System: the need for data standards for integration of systems for patient care, registries and guidelines for clinical practice. *European heart journal*. 2002; 23: 1148–52.
3. Electronic Medical Record Adoption Model. Available at: <https://www.himssanalytics.org/emram>. Accessed Mar 03, 2020.
4. Digital Imaging Adoption Model. Available at: <https://www.himssanalytics.org/north-america/digital-imaging-adoption-model>. Accessed Mar 03, 2020.
5. Телемедицинские системы дистанционной регистрации и централизованного анализа ЭКГ. [Telemedicine systems for remote recording and centralized ECG analysis. (In Russ).]. Доступно по: <https://atesmedica.ru/catalog/modulnye-sistemy-udalennogo-analiza-ekg>. Ссылка активна на 03.08.2020.
6. Комплекс аппаратно-программный анализа электрокардиограмм «МИОКАРД-12». [Hardware & software system for analysis of electrocardiograms «MIOCARD-12» (In Russ).]. Доступно по: <http://myocard.ru/mi12.html>. Ссылка активна на 03.08.2020.
7. Кардиометр-МТ // <https://www.micard.ru/produktsiya/kardiometr-mt> // (дата обращения 03.08.2020) [«Cardiometer-MT» (In Russ).]. Доступно по: <https://www.micard.ru/produktsiya/kardiometr-mt>. Ссылка активна на 03.08.2020.
8. MUSE v9 Cardiology Information System [cited 2020 Aug 03]. Available at: <https://www.gehealthcare.com/products/diagnostic-ecg/cardio-data-management/muse-v9>.
9. Philips IntelliSpace Cardiovascular [cited 2020 Aug 03]. Available at: <https://www.philips.com/a-w/about/news/media-library/20190829-Philips-IntelliSpace-Cardiovascular.html>.

**СОЛОНЕНКО Т.А.,**

Министерство здравоохранения Краснодарского края, г. Краснодар, Россия, e-mail: mz@krasnodar.ru

**КОРОГОД М.А.,**

к.п.н., ГБУЗ «Медицинский-информационно-аналитический центр» Министерства здравоохранения Краснодарского края, г. Краснодар, Россия, e-mail: miac@mail.ru

**ЯЛУПЛИН М.Д.,**

к.ф.-м.н., ГБУЗ «Медицинский-информационно-аналитический центр» Министерства здравоохранения Краснодарского края, г. Краснодар, Россия, e-mail: ymd-rus@mail.ru

**ГАНИН А.В.,**

ООО «Брегис», г. Москва, Россия, e-mail: ganin@bregis.ru

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ

DOI: 10.25881/ITP.2021.89.52.005

**Аннотация.**

*Поставлена задача разработки моделей построения облачной системы информатизации лабораторных служб (далее — ОСИЛС) медицинских организаций и размещения составляющих её компонентов. Как показано, это открывает широкие возможности и перспективы при проектировании лабораторных информационных систем (далее — ЛИС) регионального уровня, так как позволяет конкретной клинко-диагностической лаборатории не зависеть от специфики функционирования той или иной ЛИС, а гибко настраивать взаимодействие с ОСИЛС, используя ту или иную модель, учитывая различные факторы как внутри самой медицинской организации так факторы региона в целом.*

**Ключевые слова:** лабораторная информационная система, клинко-диагностическая лаборатория, медицинская информационная система.

**Для цитирования:** Солоненко Т.А., Корогод М.А., Ялуплин М.Д., Ганин А.В. Региональная лабораторная информационная система. Особенности построения. Врач и информационные технологии. 2021; 1: 47–63. doi: 10.25881/ITP.2021.89.52.005.

**SOLOPENKO T.A.,**

Ministry of Health of the Krasnodar Region, Krasnodar, Russia, e-mail: mz@krasnodar.ru

**KOROGOD M.A.,**

PhD, Medical Information and Analytical Center, Krasnodar, Russia,  
e-mail: miac@mail.ru

**YALUPLIN M.D.,**

PhD, Medical Information and Analytical Center, Krasnodar, Russia,  
e-mail: ymd-rus@mail.ru

**GANIN A.V.,**

LLC « Bregis» Moscow, Russia, e-mail: ganin@bregis.ru

## REGIONAL LABORATORY INFORMATION SYSTEM. FEATURES OF CONSTRUCTION

DOI:10.25881/ITP.2021.89.52.005

**Abstract.**

*The aim of the study was to develop models of a cloud-based information system for laboratory services (CISLS) implemented at medical facilities. The study results showed wide opportunities and prospects for the design of laboratory information systems (LIS) at a regional level. A clinical diagnostic laboratory will not depend on the functioning specifics of a particular LIS, but configure flexible interaction with CISLS, creating another model considering various factors both within the medical facility and the regional factors.*

**Keywords:** *laboratory information system, clinical diagnostic laboratory, medical information systems.*

**How to cite:** *Solonenko TA, Korogod MA, Yaluplin MD, Ganin AV. Regional laboratory information system. Features of construction. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 47–62. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.89.52.005.*

## ВВЕДЕНИЕ

Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» (далее — ЕЦК) открыл большие перспективы в части информатизации направлений здравоохранения, которым ранее в силу объективных причин (отсутствие необходимого финансирования, типовых требований к подходу и пр.) не уделялось достаточного внимания для развития и автоматизации. Эти подсистемы стояли особняком: не входили в программы развития [1; 2], прорабатывались на недостаточно глубоком уровне и тем самым не позволяли создать замкнутый цикл информатизации здравоохранения в целом.

В проекте ЕЦК определены ряд ключевых подсистем, требующих полной цифровизации, создание которых позволит оптимизировать ряд процессов как внутри медицинской организации, так и на уровне региона в целом.

Так, одной из ключевых подсистем является централизованная система «Лабораторные исследования» субъекта Российской Федерации. Данная подсистема предполагает создание замкнутого контура внутри лабораторной службы региона с полной автоматизацией процессов данной службы как внутри самих клиничко-диагностических лабораторий (далее — КДЛ), так и внутри медицинской организации и региона в целом [3–5].

Как показал проведенный анализ лабораторных информационных систем (далее — ЛИС) в настоящее время нет решений регионального уровня, позволяющих полностью автоматизировать и информатизировать бизнес-процессы деятельности КДЛ региона, связать все звенья в единое информационное пространство и создать замкнутый контур между КДЛ медицинской организации, ЛИС, медицинской информационной системой (далее — МИС) и региональной медицинской информационной системой (далее — РМИС) [12; 13].

В настоящее время одним из перспективных направлений являются облачные решения, позволяющие централизованно на уровне региона развернуть ту или иную систему и далее за счет масштабирования, развития и модернизации расширять её

функциональные и технические возможности. Это позволяет решать задачи не только в конкретных точечных проблемных местах, но и автоматизировать направления деятельности служб в целом.

Таким образом, создание облачной системы информатизации лабораторных служб медицинских организаций (далее — ОСИЛС), как одной из ключевых составляющих компонент РМИС, является актуальной задачей как в рамках реализации мероприятий проекта ЕЦК, так и в рамках автоматизации процесса функционирования КДЛ региона в целом.

**Целью** настоящей работы является создание моделей построения ОСИЛС и её компонентов, позволяющих автоматизировать деятельность всех КДЛ региона и процессы их взаимодействия с МИС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать текущий уровень информатизации службы КДЛ региона;
- исследовать информационные потоки от процесса формирования медицинским работником направления на лабораторное исследование до возврата результата исследования на рабочее место врача. Проанализировать процессы взаимодействия ЛИС с МИС;
- разработать модели построения ОСИЛС и её компонентов и выполнить их анализ;
- разработать рекомендации по выбору модели и построению ОСИЛС и её компонентов (Рис. 1).

Перейдём далее к анализу службы КДЛ региона.

## СЛУЖБА КДЛ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

На момент запуска Федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» в регионе насчитывалось 153 КДЛ медицинских организаций (Рис.1).

По уровню информатизации данный перечень КДЛ условно можно разделить на:

- полностью автоматизированы процессы КДЛ;
- частично автоматизированы процессы КДЛ.

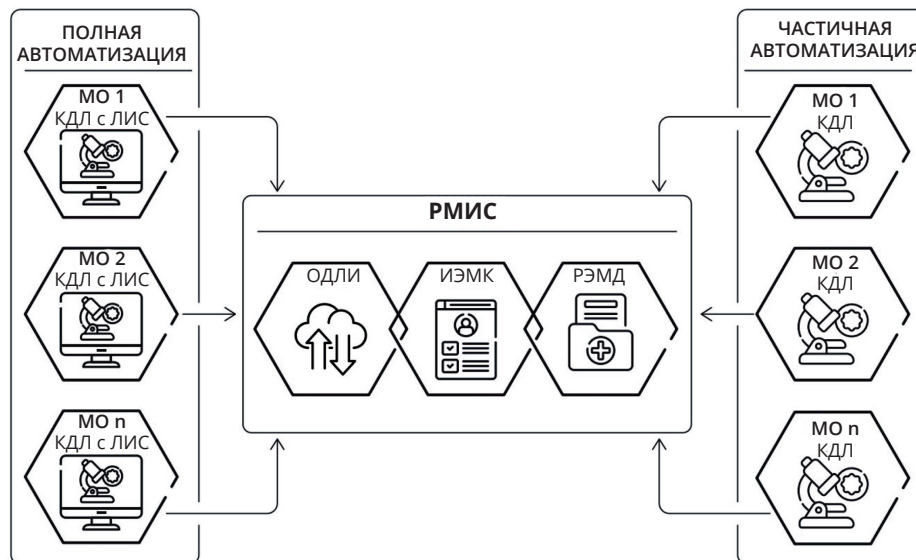


Рис. 1 – Группы службы КДЛ.

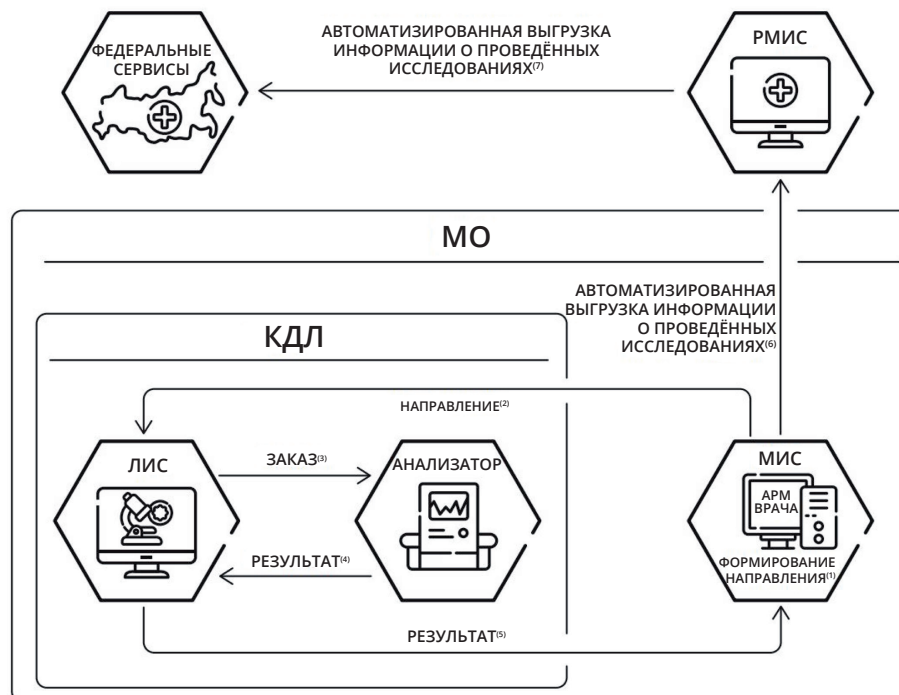


Рис. 2 – Группа КДЛ с автоматизацией процессов.

К первой группе относятся около 7% КДЛ — учреждения краевого уровня и крупные городские больницы, в которых ранее уже были внедрены ЛИС и реализован замкнутый круг с основными процессами (Рис. 2):

– назначение исследования и формирования направления на лабораторное исследование лечащим врачом в медицинской информационной системе (далее — МИС);



- автоматическая передача информации о направлении и наборе выполняемых исследований из МИС в эксплуатируемую ЛИС медицинской организации;
- передача в автоматизированном режиме результатов исследований из анализаторов в ЛИС;
- автоматическая передача результатов лабораторных исследований из ЛИС в МИС — АРМ врача;
- автоматизированная выгрузка информации о проведенных исследованиях в подсистемы РМИС (ИЭМК, РЭМД, ОДЛИ);
- автоматизированная выгрузка информации о проведенных исследованиях в федеральные сервисы (ИЭМК, РЭМД, ОДЛИ).

В данной группе к ручной не автоматизированной работе следует отнести только маркировку биоматериала штрих-кодом в процедурном кабинете с последующей привязкой данного биоматериала в лаборатории к его направлению из МИС, обычно на практике это решается использованием сканера штрих-кода. Однако при изменении законодательства

данный процесс также может быть значительно упрощен [6].

Ко второй группе относятся медицинские организации КДЛ, которые не имеют в своём составе ЛИС. В регионе к данной группе относятся 142 КДЛ, разнесенные по 212 юридическим адресам. В указанных КДЛ располагается около 1000 единиц лабораторного оборудования, имеющего возможность подключения к ЛИС. В данных медицинских организациях не автоматизированы следующие процессы (Рис. 3):

- формирования направления с перечнем требуемых услуг на лабораторное исследование лечащим врачом в медицинской информационной системе (далее — МИС);
- внесение сотрудником лаборатории информации в АРМ лаборанта МИС информации о выполненных лабораторных исследованиях;
- выгрузка информации о проведенных исследованиях в подсистемы РМИС (ИЭМК, РЭМД, ОДЛИ);
- выгрузка информации о проведенных исследованиях в федеральные сервисы (ИЭМК, РЭМД, ОДЛИ).

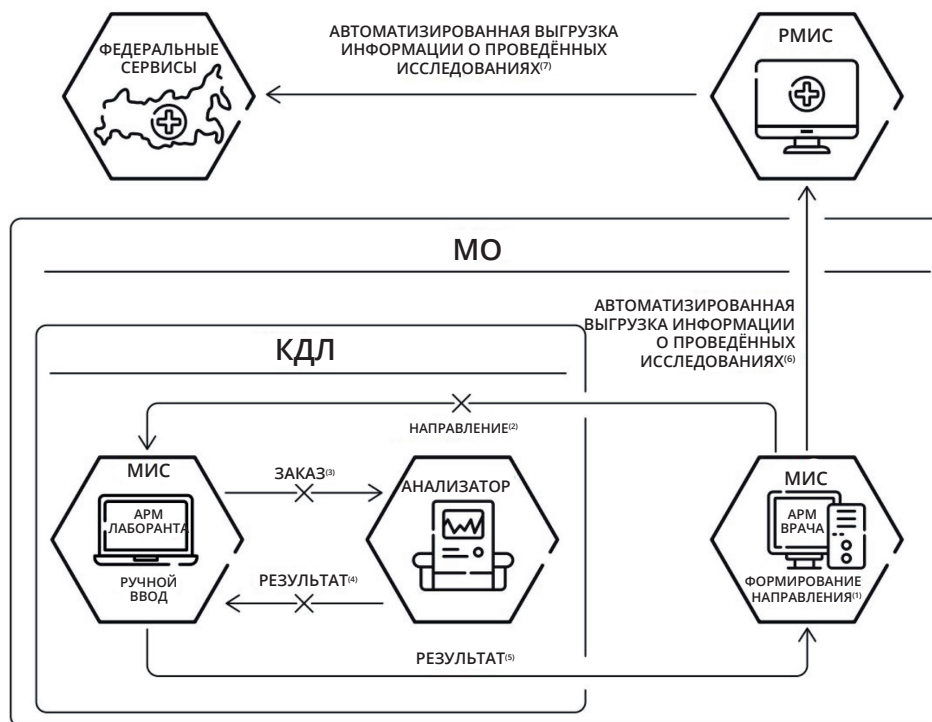


Рис. 3 – Группа КДЛ с не автоматизированными процессами.

Как показал проведенный анализ, в данной группе КДЛ процессы внутри лаборатории и процессы взаимодействия ЛИС с МИС медицинской организации не автоматизированы, выделим некоторые из них:

- передача информации о направлении и наборе выполняемых исследований из МИС в эксплуатируемую ЛИС медицинской организации;
- результаты исследований в автоматизированном режиме не попадают в ЛИС из анализаторов, имеющих возможность подключения к ЛИС;
- передача результатов лабораторных исследований из ЛИС в МИС — АРМ врача.

В данной группе КДЛ зачастую персонал лаборатории выполняет большой объем ручной рутинной работы, из которой можно выделить следующие наиболее ресурсоемкие операции:

- регистрация биоматериала, подлежащего исследованиям, в специально заведенных журналах;
- ввод в анализатор информации о проводимых исследованиях/тестах и персональных данных пациента;
- валидация и верификация полученных результатов в процессе выполнения исследований;
- ввод информации, полученной из анализаторов, в МИС для дальнейшего её предоставления в АРМ врача и выгрузки в региональные и федеральные сервисы.

Указанные процессы приводят не только к усложнению технологического процесса функционирования КДЛ, но и к снижению производительности и повышению трудозатрат персонала лаборатории, к возможному возникновению ошибок при анализе лабораторных исследований. Данные негативные факторы особенно остро проявляют себя при выполнении больших объемов исследований.

Также одной из важнейших задач деятельности КДЛ является оперативный анализ и мониторинг информации о лабораторных исследованиях как внутри конкретной КДЛ, так и службы КДЛ региона в целом.

До запуска проекта по созданию ОСИЛС эта задача решалась формированием ручных мониторингов и сборов информации по запросам в не автоматизированном режиме. Как

показывает практика, это не всегда позволяет сформировать требуемую аналитическую информацию оперативно, к тому же качество данных, получаемых зачастую не из первоисточника, зачастую низкого уровня достоверности и требует дополнительных трудозатрат на их выверку и анализ. Указанные проблемы решаются внедрением ОСИЛС, позволяющей автоматизировать, оптимизировать и упростить описанные выше процессы за счет:

- автоматизации деятельности служб КДЛ медицинских организаций;
- созданием и использованием единых интеграционных профилей для поставщиков информации;
- реализации принципа единоразового ввода информации и её многократного использования;
- созданием единых регламентов взаимодействия для всех участников процесса;
- внедрения автоматизированных алгоритмов обработки информации поступающей в централизованное хранилище ОСИЛС от поставщиков;
- предоставления возможности оперативного доступа как к точечной информации по конкретному гражданину, так и формирования сводной аналитической и отчетной информации регионального уровня;
- предоставления инструментов мониторинга деятельности и активности КДЛ медицинских организаций в режиме реального времени;
- обеспечения интеграции и выгрузки в региональные/федеральные сервисы ЕГИСЗ информации, полученной в центральном хранилище от различных поставщиков, согласно, предоставленных интеграционных профилей [8].

Из проведенного анализа видно, что автоматизация процессов деятельности КДЛ медицинских организаций является актуальной задачей и требует глубокой проработки процессов взаимодействия между МИС, ЛИС и РМИС. Внедрение в КДЛ медицинских организаций ЛИС позволит автоматизировать указанные выше ручные операции, значительно снизить нагрузку и количество рутинной трудоемкой работы с сотрудниками лабораторий, оптимизировать процессы самих КДЛ

и процессы взаимодействия с МИС медицинских организаций, а также взаимодействие с региональными и федеральными сервисами ЕГИСЗ. В свою очередь создание ОСИЛС с правильным построением составляющих её компонентов, позволит централизовать информацию, формируемую КДЛ на уровне медицинских организаций за счет внедрения в них ЛИС, и на её основе формировать требуемые достоверные региональные своды, отчеты и прочую аналитическую информацию, в том числе и оперативную для принятия необходимых управленческих решений.

Остановимся далее кратко на архитектуре РМИС Краснодарского края. В регионе используется интеграционный подход к реализации РМИС (Рис. 4) [9].

Центральное ядро РМИС Краснодарского края — интеграционная платформа, разработанная на модульной основе: ее компоненты, надежно и эффективно функционируя в составе единого решения, обеспечивают текущее выполнение необходимых функций и возможность добавления нужных инструментов и механизмов.

Одним из базовых компонентов платформы является подсистема по обмену данными лабораторными исследованиями (далее — ОДЛИ) [7].

В настоящее время к основному назначению сервиса ОДЛИ следует отнести функции транспорта между медицинскими организациями и федеральным сервисом ОДЛИ для передачи сведений о выполненных лабораторных исследованиях. Данная подсистема не позволяет выполнять глубокий анализ как точечных проведенных исследований по конкретному пациенту, так и централизованный анализ на уровне региона, формировать требуемые аналитические и сводные данные по выполненным лабораторным исследованиям. Необходимо решение, которое позволит объединить существующие подсистемы РМИС, МИС и КДЛ для централизации всей информации службы КДЛ региона и создания инструментов по её анализу.

Очевидно, что внедрение ОСИЛС с глубокой модернизацией подсистемы РМИС ОДЛИ позволят автоматизировать, оптимизировать и упростить указанные ранее процессы и проблемы.

Перейдём далее к рассмотрению моделей построения ОСИЛС.

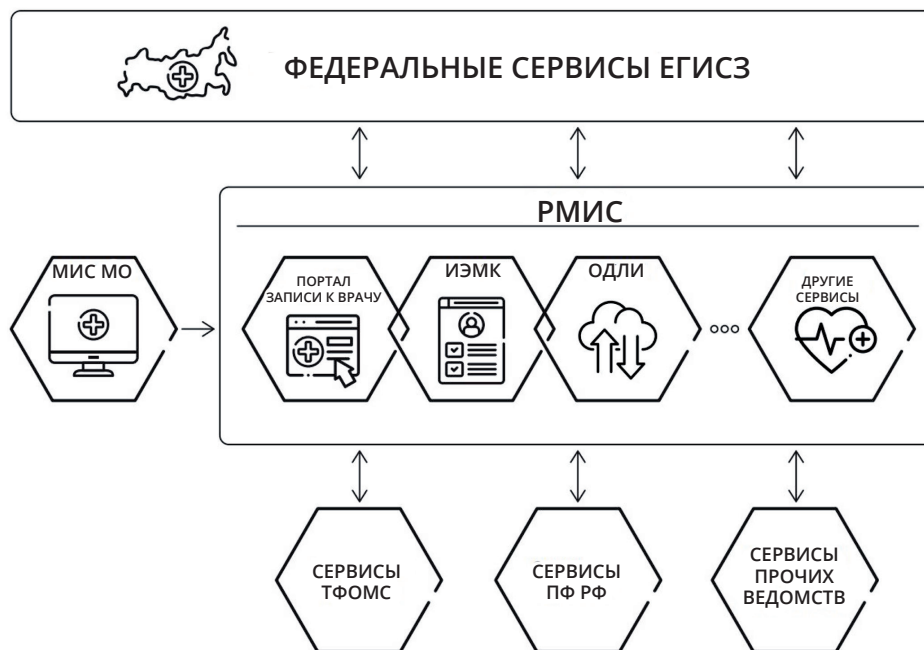


Рис. 4 – РМИС Краснодарского края.

## МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ ОСИЛС И СОСТАВЛЯЮЩИХ ЕЁ КОМПОНЕНТОВ

При формировании архитектуры ОСИЛС и её компонентов необходимо принимать во внимание особенности среды, где данная ОСИЛС будет функционировать. При анализе необходимо учитывать такие факторы как:

- территориальные особенности региона, в котором планируется внедрение ОСИЛС (протяженность, расстояние между региональным центром обработки данных (далее — ЦОД) и серверами медицинских организаций, а также между медицинскими организациями и расположением их КДЛ);
- каналы связи между точками взаимодействия;
- нагрузку на лабораторное оборудование и среднесуточный объем выполняемых исследований и тестов;
- серверные мощности медицинских организаций, имеющих в своём составе КДЛ. Для описания моделей построения ОСИЛС выделим её базовые компоненты (Рис. 5):
- ЛИС;
- комплекс модулей информатизации лабораторных служб (далее — КМИЛС);
- лабораторный облачный узел (далее — ЛОУ).

Рассмотрим далее каждую из компонент более детально.

ЛИС — это компьютерные системы, созданные специально для лабораторий медицинских организаций и обеспечивающие накопление, обработку и хранение информации, автоматизацию технологических процессов КДЛ, а также процессов управления и коммуникации. В современных условиях работы лабораторной службы от ЛИС требуется автоматизировать не только производственно-технологический цикл, но также экономическую, финансовую и административную службы, обеспечить интеграцию с бухгалтерий и внешними информационными системами [10; 11].

ЛИС обычно поставляются в виде инсталляционного пакета с набором необходимых для автоматизации деятельности КДЛ компонентов. При этом ЛИС может быть развернута в виде облачного решения в ЦОД либо локально в конкретной медицинской организации. ЛИС, развернутая в ЦОД может автоматизировать деятельность одной, нескольких или всех КДЛ медицинских организаций региона. Последние два варианта возможны, если в ЛИС будут выделены субкомпоненты КМИЛС. ЛИС, развернутая локально в конкретной медицинской организации, имеющей в своём составе КДЛ (Рис. 6),

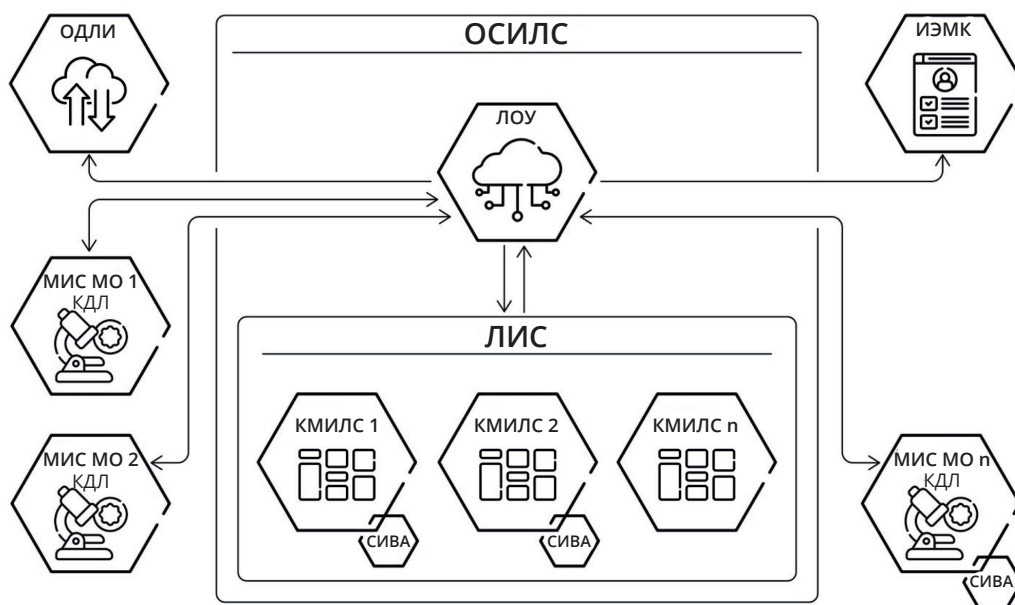


Рис. 5 – Базовые компоненты ОСИЛС.

зачастую предназначена для автоматизации деятельности отдельно взятой КДЛ. Следующим важным компонентом ОСИЛС является КМИЛС (Рис. 7). Данный компонент представляет собой выделенный сегмент (субкомпоненту) ЛИС для организации работы одной или нескольких

КДЛ медицинских организаций с ЛИС. Другими словами КМИЛС помимо служб для обработки данных получаемых с анализаторов также представляет собой фрагмент базы данных ЛИС, выделенный для хранения информации с одной или нескольких КДЛ медицинских организаций.

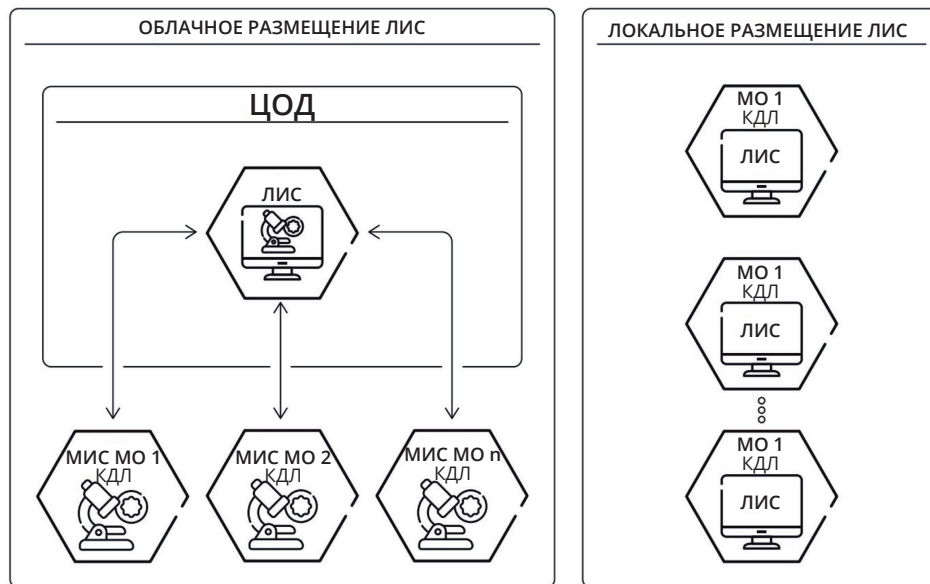


Рис. 6 – Способы развертывания ЛИС.

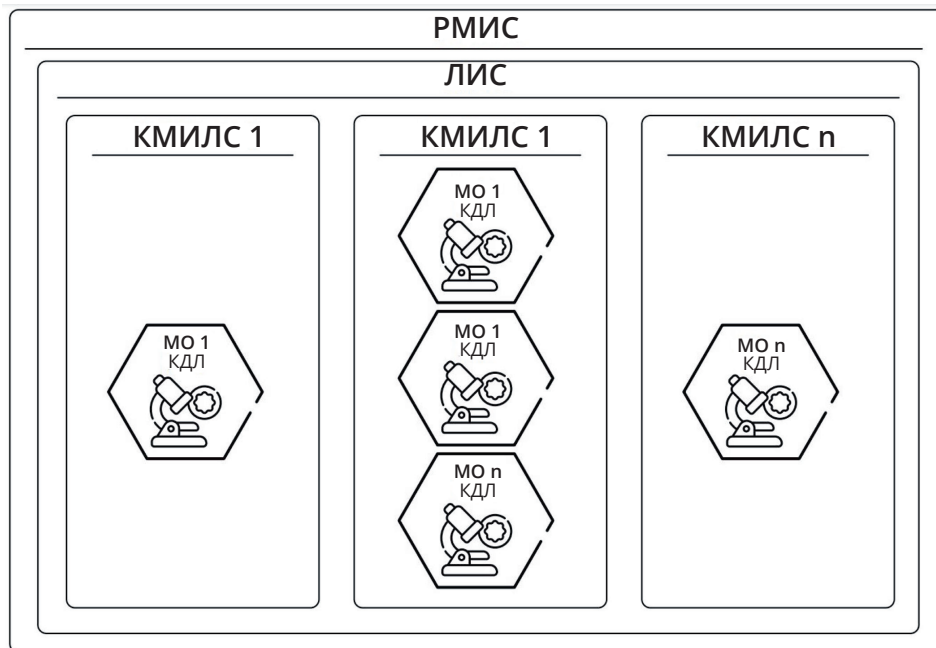


Рис. 7 – Организация КМИЛС в ЛИС.

КМИЛС может располагаться как в ЦОД, так и удаленно: на мощностях медицинской организации. Выбор размещения КМИЛС и составляющих его компонентов будет рассмотрен далее.

Относительно автоматизируемых КМИЛС технологических процессов — основными из них являются:

- прием направления на исследование из МИС МО;
- регистрация направлений, маркирование, первичная обработка и сортировка биоматериала и пр.;
- регистрация результатов в процессе выполнения исследований в автоматическом и ручном режимах;
- обработка и печать результатов исследований;
- передача результатов исследования в МИС МО;
- архивирование результатов и составление отчетности.

КМИЛС в своем составе имеет несколько модулей (Рис. 5). Один из этих модулей заслуживает отдельного внимания — система информационного взаимодействия с анализаторами (далее — СИВА). Это модуль, осуществляющий информационное взаимодействие с лабораторным диагностическим оборудованием. Предназначен для приема от анализаторов данных результатов исследований, отправки в анализатор заданий на выполнение тестов, обработки полученных результатов. Содержит в себе драйвера для взаимодействия с лабораторным оборудованием. В зависимости от стабильности информационных каналов связи между медицинской организацией и ЦОД региона модуль СИВА может быть установлен в ЦОД в составе своего КМИЛС, либо вынесен локально в лабораторию медицинской организации и взаимодействовать со своим КМИЛС посредством каналов связи. На этапе информатизации лабораторий «слабым» звеном являются анализаторы, которые требовательны к стабильности информационного канала. Стабильность канала между медицинской организацией и ЦОД и определяет расположение СИВА: в медицинской организации для нестабильного канала, в ЦОД для стабильного.

Рассмотрим далее ЛОУ — базовый компонент ОСИЛС, являющийся центральным звеном

при формировании ОСИЛС. Данный компонент размещается в облачной инфраструктуре РМИС и предназначен для выполнения следующих базовых функций:

- непрерывное взаимодействие с КМИЛС в части передачи направлений от МИС в КМИЛС;
- передача результатов исследований от КМИЛС в МИС МО;
- автоматическое распределение направлений, полученных от МИС между субкомпонентами ЛИС — КМИЛС;
- непрерывный мониторинг в режиме реального времени услуг и измерений (тестов), выполняемых в каждой КМИЛС;
- единый интеграционный шлюз между МИС, ОСИЛС, ОДЛИ, ИЭМК. Мы проанализировали базовые компоненты ОСИЛС, показали их основные автоматизируемые процессы и функции.

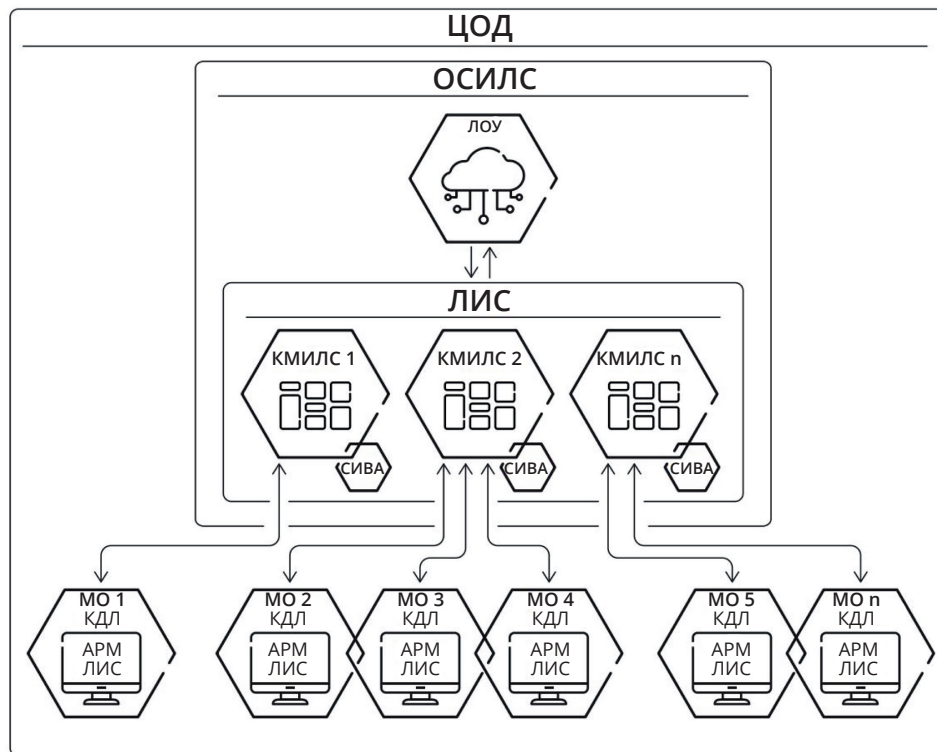
Очевидно, что модели построения ОСИЛС будут определяться размещением её базовых компонент. Перейдём далее к их рассмотрению и анализу.

Следует сразу отметить, что центральное ядро ЛИС и ЛОУ всегда будут размещаться на мощностях ЦОД региона. Соответственно, модели построения будут определяться размещением КМИЛС и его СИВА относительно друг друга и КДЛ медицинских организаций.

В первой модели построения размещение КМИЛС выполнено в ЦОД, при этом СИВА входит в состав КМИЛС (далее — облачная модель). Взаимодействие с КДЛ и лабораторным оборудованием происходит удаленно (Рис. 8). Данную модель рекомендуется использовать в лабораториях со стабильным каналом связи не менее 20 Мбит/с с потоками материалов до 500 в сутки, либо со стабильным каналом связи меньшей пропускной способности (до 10 Мбит/с), но с потоком материалов до 200 в сутки и оснащением не более 5-ти анализаторов.

Следует отметить, что в данной модели КМИЛС может быть дополнительно сегментирован для использования несколькими КДЛ. При использовании данной модели внутри КДЛ медицинской организации необходимо развернуть только АРМ врача-лаборанта и настроить удаленное взаимодействие со своим КМИЛС, выделение дополнительных серверных





**Рис. 8 – Организация КМИЛС в ЛИС. КМИЛС и СИВА расположены в ЦОД.**

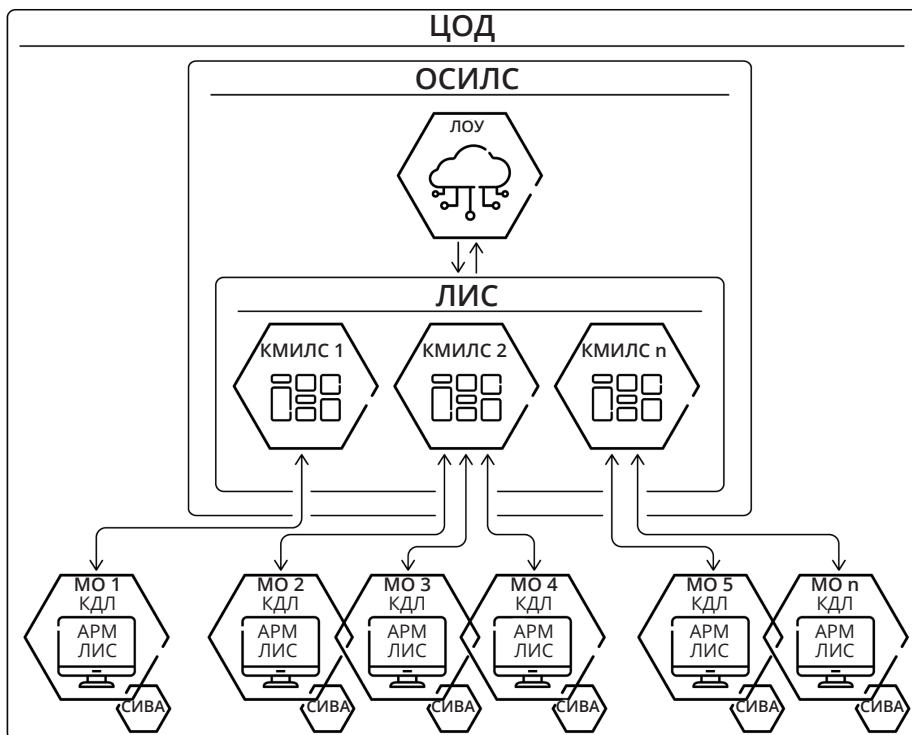
мощностей в медицинской организации не требуется.

Очевидно, что для использования данной модели основным условием является стабильный канал связи между КМИЛС, развернутым в ЦОД, и КДЛ медицинской организации. Данный фактор является базовым для обеспечения бесперебойного взаимодействия компонента КМИЛС СИВА и анализаторов, расположенных в КДЛ, так как обрывы связи будут приводить к потерям данных передаваемых от лабораторного оборудования в КМИЛС для обработки.

Таким образом, видно, что данная модель может быть применима для автоматизации деятельности небольших КДЛ при обеспечении стабильного канала связи между лабораторным оборудованием КДЛ и компонентом КМИЛС СИВА, расположенным в ЦОД. Также реализация данного подхода не требует выделения дополнительных вычислительных ресурсов в медицинских организациях, т.к. все операции по обработке данных выполняются в ЦОД.

Вторая модель построения базируется на первой — описанной выше и может быть

применима к такому же типу КДЛ медицинских организаций (далее — распределенная модель). Её основным отличием является размещение компонента КМИЛС СИВА локально на мощностях медицинских организаций (Рис. 9). Даная схема обеспечивает стабильность работы лабораторного оборудования с компонентом СИВА при возможных обрывах или использовании нестабильных каналов связи. В этом случае остановки в работе анализаторов не произойдёт, данные будут буферизированы в СИВА и при восстановлении соединения с КМИЛС, расположенным в ЦОД, будут переданы для дальнейшей обработки в КМИЛС и получения результата обратно в КДЛ. Что касается выделения дополнительных вычислительных мощностей, то, как показывает практика, для компонента КМИЛС СИВА не требуется выделения значительных серверных мощностей, зачастую достаточно ресурсов в виде обычного персонального компьютера, используемого для АРМ врача с ОЗУ не более 4 Гб и бесплатной ОС семейства Linux CentOS версии 7 и выше.



**Рис. 9 – Организация КМИЛС в ЛИС. СИВА расположена локально в МО.**

В отличие от рассмотренной ранее первой модели главным фактором использования данной является отсутствие стабильных каналов связи, что может приводить к потере важных данных. Следует отметить, что за счет локального использования в медицинской организации компонента КМИЛС СИВА (выполняющего роль буфера данных) данный подход может быть также использован для более крупных КДЛ, выполняющих измерения для 500-1000 материалов в сутки.

При обеспечении возможности выделения на уровне медицинской организации требуемых серверных мощностей следует рассмотреть модель построения компонентов ОСИЛС (Рис.10) при которой субкомпонента ЛИС КМИЛС разворачивается локально в медицинской организации (далее — локальная модель). Данная модель может быть применима в лабораториях, выполняющих большие объемы исследований (более 1000 материалов в сутки). Известно, что такие КДЛ особенно критичны к стабильности каналов связи. Также в этом случае отпадает необходимость в постоянной отправке/получении больших объемов данных между всеми компонентами ОСИЛС

и медицинской организацией, где расположена КДЛ, особенно если она размещена в десятках или сотнях километров от ЦОД.

В регионах с большим количеством медицинских организаций, структурные подразделения которых (имеющие в своём составе КДЛ) могут быть территориально распределены на большие расстояния и имеют различные каналы связи, в ряде случаев нестабильные — следует рассмотреть гибридную модель построения ОСИЛС (Рис. 11), позволяющую объединять ранее рассмотренные модели при создании ОСИЛС.

Для реализации данной модели необходимо выполнить анализ КДЛ медицинских организаций и разбить их на три группы в соответствии с ранее описанными моделями и в зависимости от:

- каналов связи между КДЛ и ЦОД;
- объемов выполняемых тестов в сутки;
- количества используемого лабораторного оборудования;
- доступных вычислительных мощностей медицинских организаций.

После формирования групп в соответствии с моделями необходимо выполнить работы по

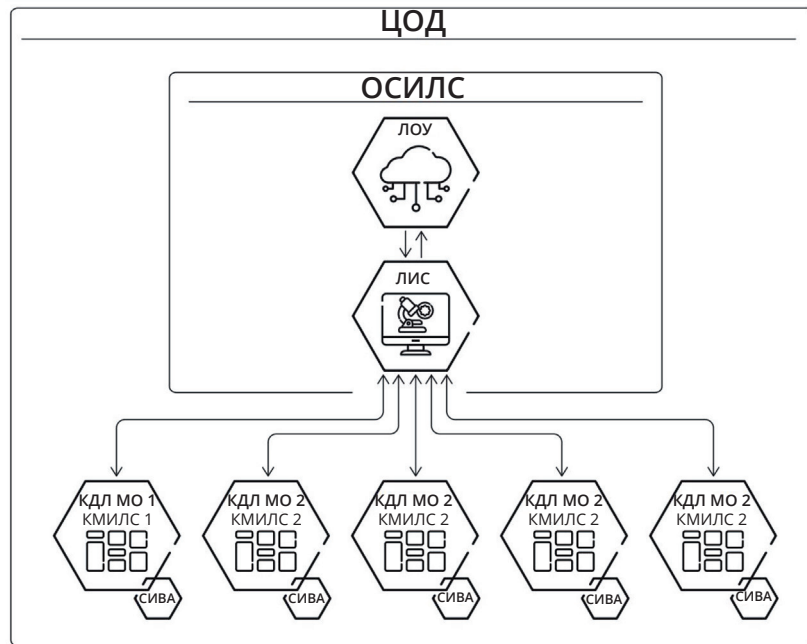


Рис. 10 – Организация КМИЛС в ЛИС. Субкомпоненты ЛИС КМИЛС расположены локально в МО.

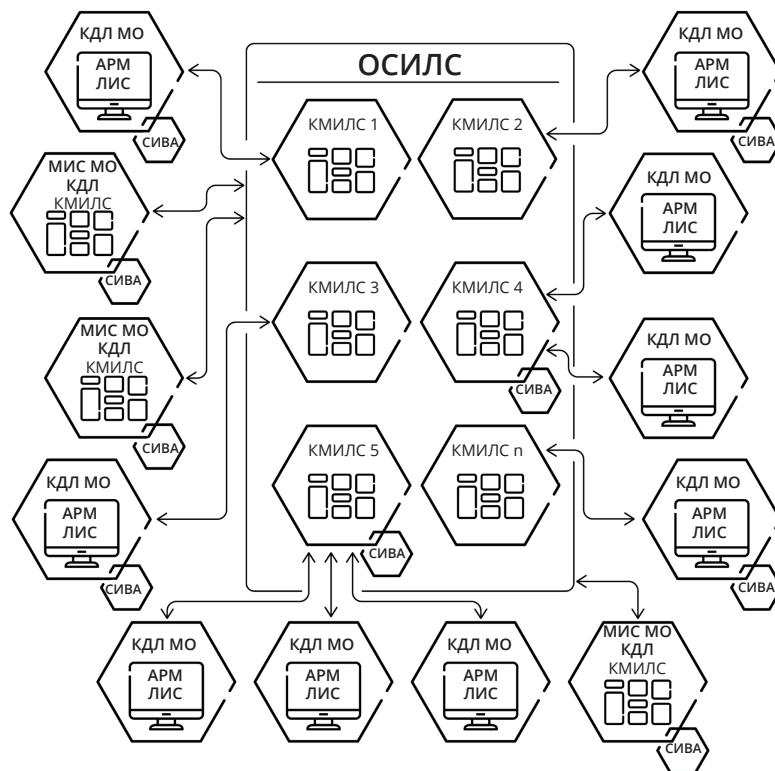


Рис. 11 – Организация КМИЛС в ЛИС. Гибридная модель.

построению ОСИСЛ и размещению её компонентов:

- КМИЛС структурных подразделений в состав которых входят КДЛ, соответствующие облачной модели, полностью размещаются на мощностях ЦОД в соответствующих субкомпонентах ЛИС (Рис. 11-1).
- КМИЛС структурных подразделений в состав которых входят КДЛ, соответствующие распределенной модели, размещаются на мощностях ЦОД в соответствующих субкомпонентах ЛИС, а их компонент СИВА на мощностях медицинских организаций КДЛ которых подлежат автоматизации (Рис. 11-2).
- КМИЛС структурных подразделений в состав которых входят КДЛ, соответствующие локальной модели, размещаются на мощностях медицинских организаций КДЛ которых подлежат автоматизации (Рис. 11-3).

Рассмотренная гибридная модель обеспечивает возможность использования одной или одновременного нескольких моделей размещения КМИЛС в рамках ОСИСЛ при подключении к ней КДЛ медицинских организаций:

- полное размещение субкомпоненты ЛИС КМИЛС на уровне ЦОД региона;
- размещение субкомпоненты ЛИС КМИЛС на уровне ЦОД региона и компоненты КМИЛС СИВА на мощностях медицинской организации;
- полное (локальное) размещение субкомпоненты ЛИС КМИЛС на мощностях медицинской организации.

Это открывает широкие возможности и перспективы при проектировании ЛИС регионально-го уровня. Так как позволяет конкретной КДЛ независимо от специфики функционирования той или иной ЛИС, а гибко настраивать взаимодействие с ОСИСЛ, используя ту или иную модель, учитывая различные факторы как внутри самой медицинской организации так факторы региона в целом.

## Выводы

В результате выполнения работы достигнуты следующие результаты:

1. Проведен анализ текущего уровня информатизации службы КДЛ региона. Определены группы КДЛ по уровню автоматизации: с полностью автоматизированными процессами

(КДЛ где внедрены ЛИС) и с частично-автоматизированными процессами (КДЛ, не имеющие в своем составе ЛИС). Приведено обоснование поставленной цели настоящей работы.

2. Исследованы основные информационные потоки от процесса формирования медицинским работником направления на лабораторное исследование до возврата результата исследования на рабочее место врача. Показано, что при отсутствии автоматизации этих процессов на медицинский персонал накладывается значительный объем рутинной трудоемкой работы, что приводит к снижению производительности и повышению трудозатрат персонала лаборатории и к возможному возникновению ошибок при анализе лабораторных исследований. Установлено, что создание ОСИСЛ с подключением к ней КДЛ региона позволит значительно оптимизировать деятельность службы КДЛ региона.

3. Разработаны модели построения ОСИСЛ и размещения её базовых компонентов. Показано, что для КДЛ с не большой нагрузкой (не более 500 исследований в сутки) и стабильными каналами связи может быть применима облачная модель построения. Для КДЛ с не стабильным каналом связи и выполняющей до 1000 тестов в сутки может быть использована распределенная модель. Что касается лабораторий, выполняющих большое количество исследований (более 1000 в сутки), медицинские организации которых имеют возможность выделения дополнительных серверных мощностей, наиболее подходящей может оказаться локальная модель построения. И наконец, для регионов с большим количеством разнородных КДЛ (каналы связи, объемы исследований, территориальная удаленность и пр.) может быть применима гибридная модель построения, позволяющая на уровне ОСИСЛ для каждой отдельной КДЛ использовать ту или иную модель построения.

4. Разработаны рекомендации по выбору моделей построения ОСИСЛ и её компонентов. Показано, что выбор верной модели базируется на глубоком анализе основных факторов уникальных для каждой КДЛ медицинской организации, таких как:

- каналы связи между КДЛ и ЦОД;
- объемы выполняемых тестов в сутки;
- количество используемого лабораторного оборудования;
- доступные вычислительные мощности медицинских организаций.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Распоряжение Правительства РФ от 12.04.2018 N 659-р «Об утверждении распределения иных межбюджетных трансфертов, предоставляемых из резервного фонда Правительства РФ бюджетам субъектов РФ в целях внедрения в 2018 году медицинских информационных систем, соответствующих устанавливаемым Минздравом России требованиям, в медицинских организациях государственной и муниципальной систем здравоохранения, оказывающих первичную медико-санитарную помощь». [Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 12.04.2018 N 659-r «Ob utverzhdenii raspredeleniya inyh mezhbyudzhetnyh transfertov, predostavlyаемых iz rezervnogo fonda Pravitel'stva RF byudzhetaм sub»ektov RF v celyah vnedreniya v 2018 godu medicinskih informacionnyh sistem, sootvetstvuyushchih ustanavlivaemym Minzdravom Rossii trebovaniyam, v medicinskih organizacijah gosudarstvennoj i municipal'noj sistem zdavoohraneniya, okazyvayushchih pervichnyu mediko-sanitarnuyu pomoshch'». (In Russ).]
2. План мероприятий («дорожная карта») по развитию Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения в 2015-2018 гг. [Plan meropriyatij («dorozhnaya karta») po razvitiyu Edinoj gosudarstvennoj informacionnoj sistemy v sfere zdavoohraneniya v 2015-2018 gg. (In Russ).]
3. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе ЕГИСЗ». [Federal'nyj proekt «Sozdanie edinogo cifrovogo kontura v zdavoohranenii na osnove EGISZ». (In Russ).]
4. Постановление Правительства РФ от 05.05.2018 № 555 «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения». [Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 05.05.2018 № 555 «O edinoj gosudarstvennoj informacionnoj sisteme v sfere zdavoohraneniya». (In Russ).]
5. Приказ Минздрава России от 24.12.2018 №911н «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций». [Priказ Minzdrava Rossii ot 24.12.2018 №911n «Ob utverzhdenii Trebovanij k gosudarstvennym informacionnym sistemam v sfere zdavoohraneniya sub»ektov Rossijskoj Federacii, medicinskim informacionnym sistemam medicinskih organizacij i informacionnym sistemam farmacevticheskikh organizacij». (In Russ).]
6. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18 мая 2010 г. N 58 «Об утверждении СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность». [Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 18 maya 2010 g. N 58 «Ob utverzhdenii SanPiN 2.1.3.2630-10 «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k organizacijam, osushchestvlyayushchim medicinskuyu deyatel'nost'». (In Russ).]
7. Приказ Министерства здравоохранения Краснодарского края от 20 февраля 2017 года №790 «О введении в эксплуатацию подсистемы «Региональный сервис обмена лабораторными исследованиями» РС ЕГИСЗ Краснодарского края». [Priказ Ministerstva zdavoohraneniya Krasnodarskogo kraja ot 20 fevralya 2017 goda №790 «O vvedenii v ekspluatatsiyu podsystemy «Regional'nyj servis obmena laboratornymi issledovaniyami» RS EGISZ Krasnodarskogo kraja». (In Russ).]
8. Зарубина Т. В., Швырев С. Л. и др. Интегрированная электронная медицинская карта: состояние дел и перспективы // Врач и информационные технологии. — 2016. — №2. С. 35–43. [Zarubina TV, SHvyrev SL, et al. Integrirrovannaya elektronnyaya medicinskaya karta: sostoyanie del i perspektivy. Vrach i informacionnye tekhnologii. 2016; 2: 35–43. (In Russ).]
9. Солоненко Т.А., Корогод М.А., Ялуплин М.Д. Механизм уведомления участкового врача в медицинской информационной системе при поступлении нового медицинского документа в региональную медицинскую информационную систему // Врач и информационные технологии. — 2020. — №3. С. 6–12. [Solonenko TA, Korogod MA, YAluplin MD. Mekhanizm uvedomleniya uchastkovogo vracha v medicinskoj informacionnoj sisteme pri postuplenii novogo medicinskogo dokumenta v regional'nuyu medicinskuyu informacionnyu sistem. Vrach i informacionnye tekhnologii. 2020; 3: 6–12. (In Russ).]

10. Гусев А.В., Новицкий Р.Э. Обзор отечественных лабораторных информационных систем // Врач и информационные технологии. — 2008. — №2. — С. 24–32. [Gusev AV, Novickij RE. Obzor otechestvennyh laboratornyh informacionnyh system. Vrach i informacionnye tekhnologii. 2008; 2: 24–32. (In Russ).]
11. Гулиев А.Я. Лабораторные информационные системы и задачи интеграции с медицинским оборудованием // Программные системы: теория и приложения. — 2010. — №4(4). — С. 33–44. [Guliev AYа. Laboratornye informacionnye sistemy i zadachi integracii s medicinskim oborudovaniem. Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya. 2010; 4(4): 33–44. (In Russ).]
12. Мошкин А.В., Вершинина М.Г. и др. Требования к лабораторной информационной системе для эффективного управления процессами лаборатории // Лабораторная служба. — 2017. — № 6(4). — С. 19–23. [Moshkin AV, Vershinina MG, et al. Trebovaniya k laboratornoj informacionnoj sisteme dlya effektivnogo upravleniya processami laboratorii. Laboratornaya sluzhba. 2017; 6(4): 19–23. (In Russ).] doi:10.17116/labs20176419-23.
13. Ильин А.В. Опыт внедрения лабораторной информационной системы в единый информационный комплекс // Лабораторная служба. — 2016. — №5(4). — С. 46–49. [Il'in AV. Opyt vnedreniya laboratornoj informacionnoj sistemy v edinyj informacionnyj kompleks. Laboratornaya sluzhba. 2016; 5(4): 46–49. (In Russ).]



**АБДУЛЛАЕВ Н.Т.,**

д.т.н., доцент, Азербайджанский Технический Университет, г. Баку, Азербайджанская Республика,  
e-mail: nabdullayev.46@mail.ru

**ПАШАЕВА, К.Ш.,**

к.т.н., доцент, Бакинская Высшая Школа Нефти, г. Баку, Азербайджанская Республика,  
e-mail: is\_kamalya@yahoo.com

**МУСЕВИ У.Н.,**

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, г. Баку,  
Азербайджанская Республика

## НЕЧЕТКАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПАРАЗИТАРНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА

DOI: 10.25881/ITP.2021.96.89.006

**Аннотация.**

Диагностика заболеваний при неточности признаков и симптомов является основанием для проектирования нечеткой логической медицинской системы. Нечеткие логические выводы представляют собой способ обработки информации на базе экспертных правил, задаваемых в нечетком виде. Рассматривается возможность использования нечеткой экспертной системы в медицинской диагностике в области паразитарных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Рассматривается нечеткая диагностическая система для диагностирования энтеробиоза, как одного из самых распространенных детских паразитарных заболеваний желудочно-кишечного тракта. С этой целью выявлены основные симптомы заболевания энтеробиозом. Разработан алгоритм функционирования нечеткой экспертной системы для диагностики паразитарных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Используется база знаний нечеткой экспертной системы диагностики, состоящей из структурированной информации. Затем осуществляется процесс преобразования входных данных в лингвистические переменные с помощью функции принадлежности в нечеткой базе знаний. С этой целью выбран треугольный тип фаззификатора. Определен интервал нечетких значений лингвистических переменных. Разработана структура нечетких правил для диагностирования энтеробиоза. На следующем этапе с помощью механизма нечеткого вывода входные данные отображаются в их соответствующие весовые коэффициенты и связанные с ними лингвистические переменные для определения их принадлежности. На последнем этапе дефаззификации осуществляется процесс преобразования нечетких выходных данных в четкое значение с помощью механизма вывода.

Проверка работы предложенной системы реализована на примере конкретного пациента и уточнена тяжесть его заболевания.

Предложенная нечеткая логистическая система обеспечивает достаточно быстрый метод диагностики и может служить подтверждением первичного диагноза врача-эксперта.

**Ключевые слова:** нечеткая логика, медицинская диагностика, желудочно-кишечный тракт, симптомы болезни, алгоритм функционирования, дефаззификация, центр тяжести.

**Для цитирования:** Абдуллаев Н.Т., Пашаева К.Ш., Мусеви У.Н. Нечеткая логическая система для повышения точности диагностирования паразитарных заболеваний желудочно-кишечного тракта. Врач и информационные технологии. 2021; 1: 63–74. doi: 10.25881/ITP.2021.96.89.006.

**ABDULLAYEV N.T.,**

DSc, Associate Professor, Azerbaijan Technical University, Baku, Republic of Azerbaijan,  
e-mail: nabdullayev.46@mail.ru

**PASHAYEVA K.SH.,**

PhD, Associate Professor, Baku Higher School of Oil, Baku, Azerbaijan, e-mail: is\_kamalya@yahoo.com

**MUSEVI U.N.,**

Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Republic of Azerbaijan

## **FUZZY LOGIC SYSTEM FOR INCREASING DIAGNOSTIC ACCURACY PARASITIC DISEASES OF THE GASTROINTESTINAL TRACT**

DOI: 10.25881/ITP.2021.96.89.006

**Abstract.**

*Diagnosing diseases with inaccurate signs and symptoms is the basis for designing a fuzzy logic medical system. Fuzzy inference is a method of processing information based on expert rules set in a fuzzy form. The article discusses the possibility of applying a fuzzy expert system for diagnosing gastrointestinal parasitic diseases. The authors consider a fuzzy logic system for diagnosing enterobiasis, one of the most common paediatric gastrointestinal parasitic diseases. For this purpose, the authors revealed the key symptoms of enterobiasis and developed an algorithm for the functioning of a fuzzy expert system to diagnose gastrointestinal parasitic diseases. The algorithm applied the knowledge base of a fuzzy expert diagnostic system, where the base provides structured information. The process then converted the input data into linguistic variables, conducted using the membership function in the fuzzy knowledge base. A triangular fuzzifier type was selected to complete the converting process, after which the study determined the interval of fuzzy values of the linguistic variables. The structure of fuzzy rules for diagnosing enterobiasis was then developed. In the next step, the fuzzy inference engine directed the input data to be mapped into their respective weights and associated linguistic variables to determine their belonging. The last step of defuzzification was the process of converting the fuzzy output to a crisp value using an inference engine.*

*The operation of the proposed system was implemented using the example of a patient where the developed system specified the severity of his disease.*

*The proposed fuzzy logistic system provides a reasonably fast diagnostic method and can serve as a confirmation of the primary diagnosis of a specialized doctor.*

**Keywords:** *fuzzy logic, medical diagnostics, gastrointestinal tract, disease symptoms, functioning algorithm, defuzzification, center of gravity.*

**How to cite:** *Abdullaev N. T., Pashayeva K. Sh., Musevi U. N. Fuzzy Logic system for improving the accuracy of diagnosing parasitic diseases of the gastrointestinal tract. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 63–74. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.96.89.006.*

## ВВЕДЕНИЕ

Информационные составляющие, характеризующиеся нечеткостью, определяются особенностями медицинской предметной области. Среди них в первую очередь следует назвать [1]:

- Субъективные сведения, сообщаемые больным, которые могут искажаться под воздействием рефлексивной системы пациента;
- Данные объективно-субъективного обследования больного врачом (субъективность определяется опытом и знаниями медицинских работников, определяющих направление физикального осмотра);
- Результаты заключений по проведенным инструментальным и лабораторным исследованиям (на различной аппаратуре);
- Образные визуальные представления (рефлексия «правополушарного» врача) на основе прецедентов и литературных знаний;
- Гипотезы (выбор с учетом полученных данных и собственной рефлексии врача).

Нечеткость и вероятность моделируют разные типы неопределенности (uncertainty) и взаимно дополняют друг друга. Нечеткие и вероятностные вербальные определения могут быть представлены в виде лингвистической шкалы [2; 3]:

- очень похоже или скорее всего (очень вероятно);
- нельзя исключить или весьма вероятно;
- можно заподозрить (предположить) или вероятно наличие;
- сомнительно, но не исключено или мало вероятно;
- крайне мало похоже или очень мало вероятно.

Нечеткие логические выводы представляют собой способ обработки информации на базе экспертных правил, задаваемых в нечетком виде. Нечеткие логические выводы создают модель приближенных рассуждений человека. Мера доверия или уверенности представляет собой неформальную оценку эксперта, присоединяемую к его заключению в форме «вероятно это так», почти наверняка это так» или «это совершенно невероятно».

Главные преимущества нечетких систем:

- возможность оперировать нечеткими входными данными;

- возможность нечеткой формализации критериев оценки и сравнения;
- возможность осуществления качественных оценок как входных, так и выходных данных;
- возможность быстрого моделирования динамических систем с заданной степенью точности.

Несмотря на повышенную тенденцию использования нечеткой экспертной системы в медицинской диагностике, не так часто можно встретить такие системы в области паразитарных заболеваний.

В [4] автор предлагает нечеткую экспертную систему для диагностики малярии. Она проста в использовании, портативная, недорогая и делает диагностику малярии более быстрой и точной. Она поддерживает практикующих врачей и помогает исследователям малярии справляться с расплывчатостью, неточностью и трудоемкостью традиционной лабораторной диагностики малярии, а также предоставлять точные выходные данные на основе входных данных.

В статье [5] представлена нечеткая экспертная система по борьбе с малярией (FESMM), которая предоставляет платформу поддержки принятия решений исследователям малярии, врачам и другим практикующим врачам в эндемичных по малярии регионах. Разработанный FESMM состоит из четырех компонентов, которые включают компоненты базы знаний, фазификации, механизма вывода и дефазификации. Метод нечеткого вывода, используемый в этом исследовании, — это квадрат корней суммы (RSS), который использовался для вывода данных из разработанных нечетких правил. Треугольная функция принадлежности использовалась, чтобы показать степень участия каждого входного параметра, а техника дефазификации, используемая в этом исследовании, — это центр тяжести (ЦТ). Нечеткая экспертная система была разработана на основе клинических наблюдений, медицинского диагноза и знаний экспертов.

Авторы [6] используют нейро-нечеткую систему для автоматизации исследования стула. Внедрили алгоритм принятия решений, основанный на знаниях, чтобы предложить как диагноз, так и соответствующую терапию. Схема

рассуждений и автоматизированный осмотр стулов интегрированы в одну систему с удобным пользовательским интерфейсом.

Fatumo и др. [7] разработали и внедрили медицинскую диагностическую экспертную систему для различных видов осложнений малярии и брюшного тифа под названием XpertMalTyph. Система основана на программировании JESS (Java Expert System Shell). В качестве инструмента реализации использовался язык программирования Java, а его серверная страница Java делает экспертную систему веб-приложением. В качестве движка базы данных использовался MySQL, интегрированный с JESS. Различные используемые модули были интегрированы из единого веб-интерфейса.

Nkuma-Udah и др. [8] представили экспертную систему медицинской диагностики для точной диагностики малярии и определения связанных с ней заболеваний в развивающихся странах на примере Нигерии. Экспертная система была разработана с использованием CLIPS. Врачи и пациенты протестировали систему и дали отзывы о возможных важных дополнениях к приложению системы. Система собирала информацию только в виде симптомов для постановки диагноза: с помощью этого инструмента невозможно провести клиническое обследование.

Saha и др. [9] представили автоматизированную систему медицинской диагностики кишечных паразитозов. Авторы объединили технику распознавания паразитов с преобразованием Хафа (Hough transform), чтобы извлечь черты паразита на микроскопических изображениях. Вероятностная нейронная сеть, используемая для распознавания паразитов, достигла 100% скорости распознавания. Однако их система была ограничена стадией классификации, но может быть расширена до предложений по диагностике и лечению.

Широко известно, что заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), связанные с паразитами, являются очень опасными. Достаточно отметить, что каждый год умирает более миллиона человек от этих заболеваний [10; 11]. Это связано не только с быстрыми развивающимися свойствами, но и с очень хорошей функцией адаптации паразитов, а также и в близости симптомов, описывающих эти

заболевания. Помимо этого, паразитарные заболевания относятся к числу заболеваний, где нужно получить быстрый диагностический результат, но иногда традиционные методы анализа дают результаты более чем через 24 часа, и это может быть решающим фактором в человеческой смерти.

Метод проведения работы. Предложенная нечеткая диагностическая система для диагностирования энтеробиоза учитывает все возможные варианты диагностирования, прост в использовании и дает быстрый ответ.

Отметим, что симптомы часто повторяются для разных заболеваний и эти симптомы в основном лингвистические. С другой стороны, несмотря на близость симптомов, каждая болезнь требует разные процедуры лечения.

Энтеробиоз является самым распространенным заболеванием среди детей (Рис. 1). По имеющимся в педиатрии эпидемиологическим данным, энтеробиозом страдает 20% детей дошкольного возраста и 50–90% школьников. Энтеробиоз у детей является повсеместно распространенной паразитарной инфекцией. В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что энтеробиоз способствуют более частому возникновению целого ряда соматических заболеваний у детей и обострению хронической патологии [12]. В таблице 1 приведены основные симптомы заболевания.

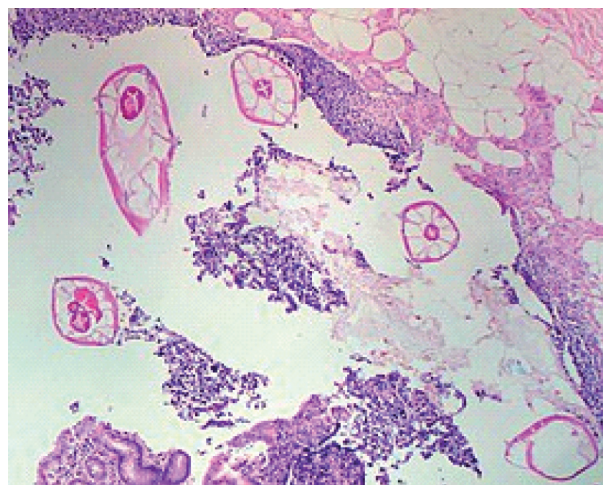


Рис. 1 – Энтеробиоз.

Таблица 1

Симптомы Энтеробиоза	
1.	Интенсивность инвазии
2.	Нарушения перистальтики кишечника
3.	Голодание
4.	Стресс
5.	Боли, вздутие и урчание в животе
6.	Рвота, тошнота
7.	Дисбактериоз
8.	Потеря аппетита
9.	Аллергия
10.	Спазм, зуд и болезненность толстого кишечника
11.	Бессонница
981	

### НЕЧЕТКИЙ НАБОР

Нечеткое множество — это любой набор, который позволяет его членам иметь различные степени функции принадлежности в интервале  $[0, 1]$ . Нечеткое множество можно применять в генеалогических исследованиях, когда человек ищет жизненно важные записи. Нечеткая функция принадлежности  $\mu_A(x)$  указывает степень принадлежности к некоторому элементу  $x$  универсального множества  $X$ . Нечеткое множество сопоставляет каждый элемент  $x$  со степенью принадлежности от 0 до 1 в различных формах, таких как треугольная, трапецеидальная, сигмоидальная и гауссовская [13; 14].

В данной работе используется треугольная функция принадлежности, которая рассчитывается следующим образом:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ \frac{x-a}{c-a} & \text{if } x \in [a, c] \\ \frac{b-x}{c-b} & \text{if } x \in [c, b] \\ 0 & \text{if } x \geq c \end{cases} .$$

Алгоритм функционирования нечеткой экспертной системы для диагностики паразитарных заболеваний ЖКТ в пошаговом режиме имеет следующий вид:

Шаг 1: Введите в систему признаки и симптомы по жалобам пациента, где  $m$  — количество признаков и симптомов.

Шаг 2: Найдите в базе знаний болезни, признаки и симптомы, которые определены.

Шаг 3: Получите весовые коэффициенты ( $wf$ ) (соответствующие степени интенсивности)  $wf = 1, 2, 3, 4$ ; где 1 — низкий, 2 — средний, 3 — высокий, 4 — очень высокий уровень.

Шаг 4: Примените нечеткие правила.

Шаг 5: Пошагово сопоставьте нечеткие входные данные с соответствующими весовыми коэффициентами, чтобы определить степень их принадлежности.

Шаг 6: Определите оценку базы правил (не минимальные значения).

Шаг 7: Определите решающую (заключительную) силу правила  $P$ .

Шаг 8: Вычислите степень истинности  $R$  каждого правила, оценив ненулевое минимальное значение.

Шаг 9: Вычислите интенсивность заболевания.

Шаг 10: Пошаговый вывод нечеткой диагностики.

### БАЗА ЗНАНИЙ

Знания — ключевой фактор в работе интеллектуальных систем. База знаний — это особый вид базы данных для управления знаниями, которая предоставляет средства для сбора, организации, обмена, поиска и использования информации. Другими словами, база знаний действует как хранилище информации в экспертной системе. База знаний нечеткой экспертной системы диагностики состоит из структурированной информации. Структурированные знания связаны с фактами, правилами и событиями паразитарных болезней и нечеткими правилами, которые будут использоваться для определения скорости заболевания.

### ФАЗЗИФИКАЦИЯ

Это процесс преобразования четких входных данных в лингвистические переменные с помощью функции принадлежности в нечеткой базе знаний. Существует три типа фаззификаторов: трапецевидный фаззификатор, треугольный фаззификатор и гауссовский фаззификатор. В основном использовано треугольный



фаззификатор для изменения скалярного значения на нечеткое множество, которое находится в диапазоне от 0 до 1. В другом термине фаззификацию можно рассматривать как операцию преобразования четкого набора в нечеткое множество или нечеткого набора в нечеткое «установлен.» Четкий ввод (то есть измеренное значение) переводится в лингвистическую переменную [5].

Чтобы получить степень симптома, воспользуемся формулой:

$$L_s = X_i / X_n . \quad (1)$$

Здесь:  $L_s$  — степень симптома,  $X_i$  — номер лингвистической переменной,  $X_n$  — общее количество лингвистических переменных.

Эта формула используется для подготовки треугольной нечеткой таблицы. Например, если пациент жалуется на сильную головную боль, это оценивается как  $3/4 = 0,75$ .

### ЛИНГВИСТИЧЕСКИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ

Под лингвистическими переменными мы понимаем переменные, значения которых являются словами или предложениями на естественном или искусственном языке. В этой работе используются следующие лингвистические переменные: 1 — низкий, 2 — средний, 3 — высокий и 4 — очень высокий. При использовании этих лингвистических переменных будут созданы нечеткие IF THEN RULES, которые являются основным выходом нечеткой системы и обычно представлены в форме:

ЕСЛИ  $x$  равно  $a$ , ТО  $y$  равно  $b$  (таблица 2).

Структуру нечетких правил для диагностики энтеробиоза дано в таблице 2.

Структуру нечетких правил для диагностики энтеробиоза Интерпретация приведенных выше правил с 001 по 020 заключается в следующем.

001: IF интенсивность инвазии = средний (и нарушения перистальтики кишечника = высокий, и голодание = высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = очень высокий, и боли, вздутие и урчание в животе = высокий, и рвота, тошнота = высокий, и дисбактериоз = высокий, и потеря аппетита = высокий, и аллергия = высокий, и стресс = высокий, и бессонница = высокий), THEN «Энтеробиоз» = очень высокий;

002: IF интенсивность инвазии = средний (инарушения перистальтики кишечника = низкий, и голодание = высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = высокий, и боли, вздутие и урчание в животе = низкий, и рвота, тошнота = высокий, и дисбактериоз = низкий, и потеря аппетита = средний, и аллергия = низкий, и стресс = низкий, и бессонница = высокий), THEN «Энтеробиоз» = высокий;

003: IF интенсивность инвазии = средний (и нарушения перистальтики кишечника = низкий, и голодание = высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = средний, и боли, вздутие и урчание в животе = низкий, и рвота, тошнота = средний, и дисбактериоз = низкий, и потеря аппетита = низкий, и аллергия = низкий, и стресс = низкий, и бессонница = средний), THEN «Энтеробиоз» = средний;

004: IF интенсивность инвазии = низкий (инарушения перистальтики кишечника = низкий, и голодание = высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = низкий, и боли, вздутие и урчание в животе = низкий, и рвота, тошнота = низкий, и дисбактериоз = низкий, и потеря аппетита = низкий, и аллергия = низкий, и стресс = высокий, и бессонница = низкий), THEN «Энтеробиоз» = низкий;

005: IF интенсивность инвазии = средний (инарушения перистальтики кишечника = средний, и голодание = очень высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = низкий, и боли, вздутие и урчание в животе = низкий, и рвота,

Таблица 2 – Интервал нечетких значений

Лингвистические переменные	Нечеткие значение
Низкий	$0.1 \leq x < 0.3$
Средний	$0.3 \leq x < 0.6$
Высокий	$0.6 \leq x < 0.8$
Очень высокий	$0.8 \leq x \leq 1.0$



Таблица 3 – Структуру нечетких правил для диагностики энтеробиоза

Лингвистические переменные	IF											THEN
	Интенсивность инвазии	Нарушения перистальтики кишечника	Голодание	Спазм, зуд и болезненность толстого кишечника	Боли, вздутие и урчание в животе	Рвота, тошнота	Дисбактериоз	Потеря аппетита	Аллергия	Стресс	Бессонница	
001	0,5	0,75	0,75	1,0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	очень высокий
002	0,5	0,25	0,75	0,75	0,25	0,75	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	высокий
003	0,5	0,25	0,75	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	средний
004	0,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	низкий
005	0,5	0,5	1,0	0,25	0,25	0,5	0,5	1,0	0,5	0,25	0,25	очень высокий
006	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	0,75	средний
007	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,25	низкий
008	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	средний
009	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,5	0,75	0,5	высокий
010	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	средний
011	0,25	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5	0,5	низкий
012	0,75	1,0	1,0	0,75	0,75	0,75	0,75	1,0	0,25	0,5	0,75	очень высокий
013	0,5	0,5	1,0	0,25	0,25	0,5	0,5	1,0	0,5	0,25	0,25	очень высокий
014	0,5	0,25	0,75	1,0	0,75	1,0	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	очень высокий
015	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,5	0,25	0,75	высокий
016	0,75	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	высокий
017	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	средний
018	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	высокий
019	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	очень высокий
020	0,5	0,5	0,75	0,5	0,25	0,75	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	средний

тошнота = средний, и дисбактериоз = средний, и потеря аппетита = очень высокий, и аллергия = средний, и стресс = низкий, и бессонница = низкий), THEN « Энтеробиоз» = очень высокий;

006: IF интенсивность инвазии = средний (и нарушения перистальтики кишечника = низкий, и голодание = средний, и спазм, зуд и болезненность

толстого кишечника = средний, и боли, вздутие и урчание в животе = низкий, и рвота, тошнота = средний, и дисбактериоз = низкий, и потеря аппетита = низкий и аллергия = средний, и стресс = средний, и бессонница = высокий), THEN «Энтеробиоз» = средний;

007: IF интенсивность инвазии = низкий и нарушения перистальтики кишечника = средний,



018: IF интенсивность инвазии = средний (и нарушения перистальтики кишечника = средний, и голодание = низкий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = средний, и боли, вздутие и урчание в животе = средний, и рвота, тошнота = высокий, и дисбактериоз = высокий, и потеря аппетита = высокий, и аллергия = высокий, и стресс = средний, и бессонница = средний), THEN «Энтеробиоз» = высокий;

019: IF интенсивность инвазии = средний (и нарушения перистальтики кишечника = высокий, и голодание = высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = высокий, и боли, вздутие и урчание в животе = высокий, и рвота, тошнота = высокий, и дисбактериоз = высокий, и потеря аппетита = высокий, и аллергия = высокий, и стресс = высокий, и бессонница = высокий), THEN «Энтеробиоз» = очень высокий;

020: IF интенсивность инвазии = средний (и нарушения перистальтики кишечника = средний, и голодание = высокий, и спазм, зуд и болезненность толстого кишечника = средний, и боли, вздутие и урчание в животе = низкий, и рвота, тошнота = средний, и дисбактериоз = высокий, и потеря аппетита = низкий, и аллергия = средний, и стресс = средний, и бессонница = средний), THEN «Энтеробиоз» = средний.

### НЕЧЕТКИЙ ДВИГАТЕЛЬ ИНФЕРЕНЦИИ

Механизм вывода — это компьютерная программа, которая пытается получить ответы из базы знаний. Это «мозг», который экспертные системы используют для анализа информации в базе знаний с конечной целью формулирования новых выводов. В механизме нечеткого вывода нечеткие входные данные отображаются в их соответствующие весовые коэффициенты и связанные с ними лингвистические переменные для определения степени их принадлежности. Оператор агрегации используется для расчета степени выполнения правила.

В этой работе нечеткое логическое И используется для оценки совокупной силы срабатывания правил. На практике наборы нечетких правил обычно имеют несколько antecedентов, которые объединяются с использованием нечетких логических операторов, таких как И, ИЛИ и НЕ, хотя их определения имеют тенденцию различаться: И просто использует минимальный вес всех antecedентов, а ИЛИ использует максимальное

значение. Существует также оператор НЕ, который вычитает функцию принадлежности из 1, чтобы получить «дополнительную» функцию. Степень истинности (R) правил определяется для каждого правила путем оценки ненулевых минимальных значений с помощью оператора AND. Механизм вывода оценивает все правила в базе правил и объединяет взвешенные последствия всех релевантных (запущенных) в единый нечеткий набор. В данном исследовании использовалась методика логического вывода — квадрат корня суммы (RSS). RSS задается формулой

$$\sqrt{\sum R^2} = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_n^2} \quad (2)$$

$R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_n^2$  — это значения различных правил, которые имеют одинаковый вывод в базе нечетких правил, то есть  $R$  = значение правила увольнения. RSS объединяет эффекты всех применимых правил, масштабирует функции с соответствующими величинами и вычисляет «нечеткий» центроид составной области.

### ДЕФАЗЗИФИКАЦИЯ

Дефаззификация — это процесс преобразования нечетких выходных данных механизма вывода в четкое значение. То есть выходные данные, полученные от машины вывода в этой работе с использованием квадратного корня из суммы, дефаззифицируются, чтобы получить уровень заболевания. Входными данными для процесса дефаззификации является нечеткое множество, а на выходе процесса дефаззификации — одно число (четкий выход). Существует шесть часто используемых методов дефаззификации.

- Центроид площади (Centroid of area — COA)
- Бисектор площади (Bisector of area — BOA)
- Среднее значение максимума (Mean of maximum — MOM)
- Наименьшее из максимума (Smallest of Mean of maximum — SOM)
- Наибольший из максимальных (Largest of maximum — LOM)
- Нечеткие с-средние (Fuzzy c-means — FCM)

В этой работе для дефаззификации используется техника центра тяжести площади, также называемая центром площади или центром

тяжести. Этот метод был разработан Такаги и Сугено (1985). Это наиболее часто используемый метод из-за его простоты и точности. Метод дефаззификации центроидов можно выразить как

$$X^* = \frac{\int \mu_i(x) \cdot x dx}{\int \mu_i(x) dx}$$

где:  $X^*$  — дефаззифицированный результат,  $\mu_i(x)dx$  — агрегированная функция принадлежности и  $x$  — выходная переменная, т.е. центр функции принадлежности.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проверка предложенной системы на основе примера

Проверку предложенной системы диагностики можно провести на основе примера в реальных случаях. Например, от пациента собраны следующие симптомы, которые дают основания для диагноза энтеробиоза.

В таблице 4 дано симптомы пациента.

С помощью предложенной системы можно уточнить тяжесть заболевания.

Для каждой лингвистической переменной соответствующая выходная функция принадлежности в интервале  $[0,1]$  вычисляется из возможных правил с использованием квадратного корня из суммы. Выходные данные механизма вывода дефаззифицируются с использованием центра площади, также называемого центром тяжести, для получения четкого значения.

$$\text{Средний} = \sqrt{R_3^2 + R_8^2 + R_{10}^2 + R_{17}^2 + R_{20}^2} =$$

$$\sqrt{(0,25)^2 + (0,25)^2 + (0,5)^2 + (0,25)^2 + (0,25)^2} =$$

$$\sqrt{0,5625} = 0,75$$

$$\text{Высокий} = \sqrt{R_2^2 + R_9^2 + R_{15}^2 + R_{16}^2 + R_{18}^2} =$$

$$\sqrt{(0,25)^2 + (0,25)^2 + (0,25)^2 + (0,25)^2} =$$

$$\sqrt{0,8125} = 0,8291$$

$$\text{Очень высокий} = \sqrt{R_1^2 + R_5^2 + R_{12}^2 + R_{13}^2 + R_{14}^2 + R_{19}^2} =$$

$$\sqrt{(0,5)^2 + (0,25)^2 + (0,5)^2 + (0,25)^2 + (0,25)^2 + (0,5)^2} =$$

$$\sqrt{0,9375} = 0,9682$$

Для вычисления четкого значения используем метод дефаззификации центроидов как показано в формуле (3)

$$\text{Выход } X^* = (0,4331 \cdot 0,11) + (0,75 \cdot 0,4) +$$

$$(0,8291 \cdot 0,62) + (0,9682 \cdot 0,97) /$$

$$(0,4331 + 0,75 + 0,8291 + 0,9682) =$$

$$1,8 / 2,98 = 0,604 = 60\%$$

По полученному результату, у пациента 60%-ный диагноз энтеробиоза, что находится на среднем уровне по нашей лингвистической переменной.

### ВЫВОДЫ

Точный медицинский диагноз — один из основных способов сохранить хорошее здо-

Таблица 4

Лингвистические переменные	Нечеткие значение	
Интенсивность инвазии	Средний	0,5
Нарушения перистальтики кишечника	Средний	0,5
Голодание	Средний	0,5
Стресс	Нижний	0,25
Боли, вздутие и урчание в животе	Нижний	0,25
Рвота, тошнота	Средний	0,5
Дисбактериоз	Средний	0,5
Потеря аппетита	Средний	0,5
Аллергия	Средний	0,5
Спазм, зуд и болезненность толстого кишечника	Очень высокий	1,0
Бессонница	Низкий	0,25

Таблица 5

Лингвистические переменные	IF											THEN	Не нулевое минимальное число
	Интенсивность инвазии	Нарушения перистальтики кишечника	Голодание	Спазм, зуд и болезненность толстого кишечника	Боли, вздутие и урчание в животе	Рвота, тошнота	Дисбактериоз	Потеря аппетита	Аллергия	Стресс	Бессонница	Заключение	
001	0,5	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	очень высокий	0.5
002	0,5	-	-	-	0,25	-	-	0,5	-	-	-	высокий	0.25
003	0,5	-	-	-	0,25	0,5	-	-	-	-	-	средний	0.25
004	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	0,5	0,25	низкий	0.25
005	0,5	0,5	-	-	0,25	0,5	0,5	-	0,5	-	0,25	очень высокий	0.25
006	0,5	-	0,5	-	0,25	0,5	-	-	0,5	0,5	-	средний	0.25
007	-	0,5	-	-	0,25	-	0,5	-	0,5	-	0,25	низкий	0.25
008	0,5	0,5	0,5	-	0,25	0,5	-	0,5	0,5	0,5	-	средний	0.25
009	0,5	0,5	0,5	-	0,25	-	-	-	0,5	-	-	высокий	0.25
010	0,5	0,5	0,5	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	средний	0.5
011	-	0,5	-	-	0,25	-	0,5	--	0,5	0,5	-	низкий	0.25
012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	очень высокий	0.5
013	0,5	0,5	-	-	0,25	0,5	0,5	-	0,5	-	0,25	очень высокий	0.25
014	0,5	-	-	1,0	-	-	0,5	0,5	0,5	-	0,25	очень высокий	0.25
015	0,5	-	-	-	0,25	-	-	-	0,5	-	-	высокий	0.25
016	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	высокий	0.5
017	0,5	0,5	-	-	0,25	0,5	-	0,5	0,5	-	0,25	средний	0.25
018	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	высокий	0.5
019	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	очень высокий	0.5
020	0,5	0,5	-	-	0,25	-	-	-	0,5	0,5	-	средний	0.25

ровые и долгую жизнь. В этой работе разработана нечеткая экспертная система для диагностики «энтеробиоза». Это один из лучших способов справиться нечеткостью и неточностью в секторе здравоохранения, и, он будет использовать терпимость неточности, неопределенность и частичную правду для достижения послушности, надежности,

низкой стоимости решения и лучшего отражения реальности в медицинской диагностике. Это, в свою очередь, снизит уровень смертности в тех случаях, когда доступно ограниченное количество врачей, поскольку это обеспечивает очень быстрый метод диагностики с достаточно большой точностью и сокращает количество часов, проводимых пациентами в больнице.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Кобринский Б.А. Нечеткость в медицине и необходимость ее отражения в экспертных системах // Врач и информационные технологии. — 2016. — №5. —С. 6–14. [Kobrinskij BA. Nechetkost' v medicine i neobhodimost' ee otrazheniya v ekspertnyh sistemah. Vrach i informacionnye tekhnologii. 2016; 5: 6–14].
2. Zadeh LA. Towards a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems*. 1997; 19(2): 111–127.
3. Zadeh LA. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy sets & Systems*. 1978; 1(1): 3–28.
4. Onuwa A B. Fuzzy Expert System For Malaria Diagnosis. *Oriental Journal of Computer Science and Technology*. Available at: <http://www.computerscijournal.org/?p=1084>.
5. Djam XY, Wajjiga GM, Kimbi YH, Blamah NV. Fuzzy Expert System for the Management of Malaria. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*. 2011; 5(2): 84–108.
6. Oscar Takam Nkamgang, Daniel Tchiotsop, Hilaire Bertrand Fotsin, Pierre KisitoTalla, Valérie Louis Dorr, Didier Wolf. Automating the clinical stools exam using image processing integrated in an expert system. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2019; 15: 100165.
7. Fatumo SA, Emmanuel A, Onalapo JO. Implementation of XpertMalTyph: an expert system for medical diagnosis of the complications of malaria and typhoid. *Journal of Computer Engineering (IOSRJCE)*. 2013; 8 (5): 34–40.
8. Nkuma-Udah KI, Chukwudebe GA. Medical diagnosis expert system for malaria and related diseases for developing countries. *IEEE, 3rd international conference on electro-technology for national development (NIGERCON (2017))*: 24–29.
9. Saha TB, Daniel T, Valérie LD, Didier W. Towards an automated medical diagnosis system for intestinal parasitosis. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2018. doi: 10.1016/j.imu.2018.09.004.
10. <https://speakingofmedicine.plos.org/2015/01/16/one-million-deaths-parasites/>
11. <https://www.cdc.gov/parasites/crypto/index.html>
12. <https://p-87.ru/health/enterobioz/>
13. Imianvan AA, Anosike UF, Obi JC. An Expert System for the Intelligent Diagnosis of Hiv Using Fuzzy Cluster Means Algorithm. *Global Journal of Computer Science and Technology*. 2011; 11(12). Version 1.0.
14. Lotfi A. Zadeh. *Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing*. Communication of the ACM. 1994; 37(3): 77–83.



**ЛЕНИВЦЕВА Ю.Д.,**

Национальный Центр Когнитивных Разработок, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: lenivezzki@gmail.com

**КОПАНИЦА Г.Д.,**

к.т.н., Национальный Центр Когнитивных Разработок, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия,  
e-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

## МЕТОД СОПОСТАВЛЕНИЯ ФОРМАТОВ ОБМЕНА МЕДИЦИНСКИМИ ДАННЫМИ И ТЕРМИНОЛОГИЙ

DOI: 10.25881/ITP.2021.79.85.007

**Аннотация.**

*Для обеспечения непрерывной и качественной медицинской помощи важно осуществлять обмен и интеграцию медицинских данных различных провайдеров. Оценка потенциальных потерь данных в результате миграции из одной медицинской базы в другую имеет важное значение в процессе принятия решений. В данной работе описан метод предварительной оценки перекрытия пользовательских форматов с международными стандартами, а также локальных терминологических справочников с международными терминологическими системами.*

**Ключевые слова:** медицинские записи, формат обмена данными, терминология, перекрытие.

**Для цитирования:** Ленивцева Ю.Д., Копаница Г.Д. Метод сопоставления форматов обмена медицинскими данными и терминологий. *Врач и информационные технологии.* 2021; 1: 75–83. doi: 10.25881/ITP.2021.79.85.007.

**LENIVTCEVA I.D.,**

National Center for Cognitive Technologies, ITMO University, Saint-Petersburg, Russia,  
e-mail: lenivezzki@gmail.com

**KOPANITSA G.D.,**

PhD, National Center for Cognitive Technologies, ITMO University, Saint-Petersburg, Russia,  
e-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

## METHOD FOR MATCHING MEDICAL DATA EXCHANGE FORMATS AND TERMINOLOGIES

DOI: 10.25881/ITP.2021.79.85.007

**Abstract.**

*Medical data exchange and integration within different care providers is highly important to ensure continuous and high-quality care service. Evaluating potential data losses during migration from one medical database to another is significant for decision-making. The presented article describes a method for preliminary overlap estimation when mapping proprietary formats with international standards, as well as local terminologies with international terminological systems.*

**Keywords:** *medical records, data exchange format, terminology, overlap.*

**How to cite:** *Lenivtceva ID, Kopanitsa GD. Method for matching medical data exchange formats and terminologies. Medical doctor and information technology. 2021; 1: 75-83. (In Russ.). doi: 10.25881/ITP.2021.79.85.007.*

## ВВЕДЕНИЕ

В течение жизни пациент посещает большое количество медицинских учреждений, которые собирают и хранят информацию о здоровье пациента. Данные о пациенте хранятся в различных форматах, что осложняет их интеграцию и обмен. Для качественного обмена данными необходимо обеспечить интероперабельность медицинских данных.

Понятие интероперабельности медицинских данных имеет две важные составляющие: возможность передачи данных на техническом уровне (техническая интероперабельность) и одинаковое понимание и интерпретация медицинских данных (семантическая интероперабельность). Для обеспечения интероперабельности на техническом уровне необходимо опираться на стандарты обмена медицинскими данными. Среди стандартов обмена данными в России используются следующие стандарты: openEHR [1], ISO [2], Health Level Seven v2 and v3 [3], а также Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) [4]. Для обеспечения семантической интероперабельности используются международные терминологические системы такие как SNOMED CT [5], LOINC [6], ICD-10 [7] (МКБ-10).

Несмотря на широкую доступность международных стандартов, локальные терминологические системы и форматы хранения данных по-прежнему играют важную роль в медицинских системах. Обмен данными с использованием локальных форматов и терминологий представляет сложность в виду потерь данных при передаче и интеграции. Под потерями данных при обмене и интеграции мы понимаем ту часть данных, которую не удалось передать или интегрировать в силу специфики принимающего формата структурирования клинических моделей. На рисунке 1 представлен пример сопоставления данных. Параметр «Язык общения», содержащийся в МИС №1 является примером потерь данных при передаче, т.к. принимающий формат МИС №2 не предусматривает хранение этого типа данных.

Таким образом, возникает потребность сопоставления структуры локальных форматов хранения данных с международными стандартами обмена данными; и локальных терминологических систем с международными терминологиями.



Рис. 1 – Схема сопоставления данных.

В России на сегодняшний день активно развивается стандарт обмена данными HL7 FHIR. В частности, в Санкт-Петербурге, этот стандарт успешно используется такими коммерческими медицинскими организациями как Netrika, лабораторная служба Helix, Health Samurai, Medlinx и другими компаниями, составляющими сообщество HL7 Russia.

Сопоставление форматов медицинских данных и терминологий — нетривиальная задача. Опыт сопоставления медицинских данных представлен в работах Andersen [8], Leroux [4], Doods [9], Jiang [10]. В данной работе мы применяем этот опыт к российскому случаю, чтобы оценить возможность сопоставления на примере медицинских данных из Медицинской Информационной Системы (МИС) Медиалог, и терминологических справочников из реестра НСИ Министерства здравоохранения РФ.

## МЕТОДЫ

### Сопоставление форматов данных

«Медиалог» — это широко распространенная коммерческая МИС, занимающая значительную долю рынка в России. По данным CNews Analytics, «Медиалог» охватывает более 20 регионов России и предоставляет услуги в рамках Единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ) [11]. В основе базы «Медиалог» лежит реляционная база данных, которая не использует ни один из

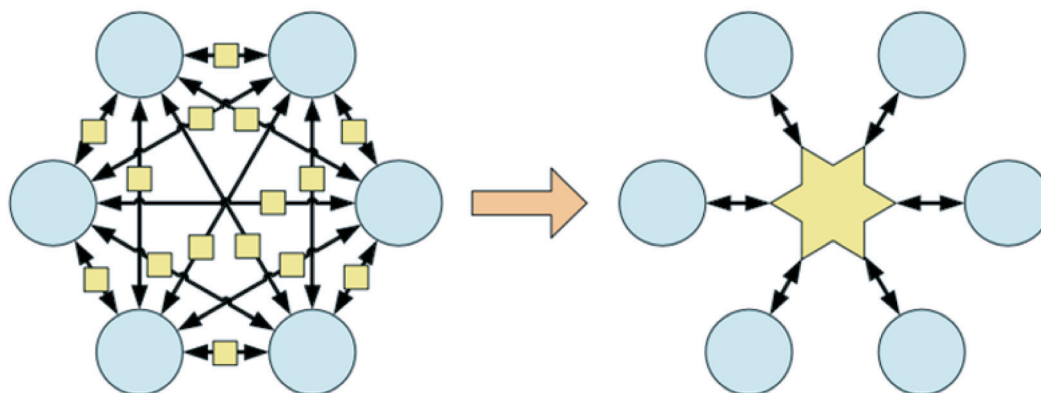


Рис. 2.

приведенных международных стандартов для структурирования медицинских данных. Этот локальный подход имеет ограничения в процедурах обмена и интерпретации информации о пациенте в результате обмена медицинскими данными. В ситуации обмена данными с другими МИС такой подход потребует разработки дополнительного интерфейса взаимодействия с каждой нестандартизированной МИС. Число таких интерфейсов растет экспоненциально с ростом числа взаимодействующих МИС (возникает ситуация комбинаторного взрыва). В случае, когда в системе присутствует стандарт, число необходимых интерфейсов равно числу МИС. Рисунок 2 наглядно демонстрирует необходимое число интерфейсов в описанных случаях. Рисунок заимствован из [12].

Также интерпретация данных осложняется использованием разных языков для представления данных, некоторые атрибуты не читаются пользователем, а некоторые записи представляют собой произвольный текст. Таким образом, система недостаточно гибкая при изменении клинических моделей и слишком сложна, чтобы обеспечить клиническую совместимость. «Медиалог» содержит множество взаимосвязанных таблиц со структурированными данными. Перекрытие между моделями данных «Медиалог» и FHIR — это та часть данных, которая может быть без потерь представлена в новом стандарте.

При сопоставлении «Медиалог» — FHIR используются восемь ресурсов FHIR, версии R4.

1. «Allergy Intolerance» описывает нежелательную реакцию организма человека на некоторое вещество.
2. «Condition» (Problem) описывает состояние здоровья пациента, диагнозы и проблемы.
3. «Family Member History» отражает важные аспекты здоровья родственника пациента.
4. «Questionnaire» — это набор вопросов, организованный для сбора ответов от пользователей/пациентов.
5. «Schedule» представляет собой расписание приемов, кабинетов, процедур и т.д.
6. «Observation» описывает простые измерения и факты о здоровье пациента.
7. «Patient» содержит административную и демографическую информацию о пациенте.
8. «Practitioner» определяет роли медицинских работников, вовлеченных в процессы медицинского учреждения.

На рисунке 3 представлена обобщенная схема сопоставления медицинских данных.

Для корректного сопоставления таблиц «Медиалог» с ресурсами FHIR мы установили ряд правил:

1. Содержимое таблицы должно быть наиболее точно выражено через ресурс. При необходимости следует использовать расширения FHIR.
2. При сопоставлении следует учитывать типы данных, количество элементов и структуры данных. Например, «datetime» из таблицы должно отображаться через «dateTime»



Рис. 3 – Схема сопоставления данных.

или другой тип данных FHIR, используемый для выражения времени или периода. «CodeableConcept» может содержать коллекцию элементов «Coding», но в ресурсе «Condition» может быть только один код.

3. Данные в формате списков из таблиц «Медиалог» должны быть сопоставлены со списками, определенными FHIR, если возможно. В противном случае следует использовать терминологические ресурсы: «NamingSystem», «CodeSystem» и «ValueSet» для создания пользовательских терминологических списков.
4. Сопоставления должны включать коды из терминологических стандартов, таких как SNOMED CT или МКБ-10.

### СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕРМИНОЛОГИЙ

В таблице 1 приведен пример сопоставления терминов справочников НСИ с терминами SNOMED CT (Международное издание, 2019).

Сопоставление проводилось в соответствии с тремя категориями:

1. Прямое соответствие. значение исходного термина полностью покрывается целевым термином; термины взаимозаменяемы без потери информации.
2. Частичное соответствие: значения исходного и стандартного терминов не совпадают. Целевой термин можно точно описать с помощью дополнительных терминов или наоборот. Другой вариант частичного соответствия — семантическое сходство терминов.

Таблица 1 – Пример сопоставления терминологий

Термин НСИ	SNOMED код	Термин SNOMED	Категория сопоставления
Операции на органах дыхания	387661001	Operation on respiratory tract (procedure)	Прямое соответствие
Энуклеации	39250009	Enucleation (procedure)	Прямое соответствие
Операции при геморрагическом инсульте	274100004 30904006	Cerebral hemorrhage (disorder) Vascular surgery procedure (procedure)	Частичное соответствие
Эндоваскулярная тромбэкстракция	43810009	Removal of thrombus (procedure)	Частичное соответствие
Коррекция тахикардий	-	-	Соответствие отсутствует

3. Соответствие отсутствует: стандартный термин для исходного термина не найден.

В общей сложности было сопоставлено 272 термина из 8 справочников.

Проведенные сопоставления показывают возможность и полноту использования данных российской МИС «Медиалог» в международном стандарте FHIR, а также возможность и полноту использования справочников НСИ в системах, построенных на FHIR.

Оценка перекрытия форматов данных и терминологий производилась в соответствии с формулой:

$$O_{MF} = \frac{N_{ME}}{N_E} \cdot 100\%$$

где:  $O_{MF}$  — перекрытие в процентах,  $N_{ME}$  — число сопоставленных сущностей (атрибутов или терминов),  $N_E$  — общее число сущностей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Сопоставление форматов данных

Из таблицы 2 видно, что FHIR включает почти вдвое больше атрибутов, чем «Медиалог». Однако в некоторых случаях таблицы «Медиалог» содержат больше атрибутов, чем ресурсы FHIR, например, в таблице «Пациент».

### Сопоставление терминологий

Все термины из словарей были сопоставлены вручную. В таблице 3 показано, сколько терминов из русских словарей было семантически

**Таблица 2 – Расчет перекрытий ресурсов FHIR и таблиц «Медиалог»**

FHIR ресурс	Кол-во атрибутов в ресурсе	Название таблицы в Медиалог	Кол-во атрибутов в таблице	Кол-во сопоставленных атрибутов Медиалог - FHIR	Кол-во сопоставленных атрибутов FHIR - Медиалог	Перекрытие Медиалог - FHIR, %	Перекрытие FHIR - Медиалог, %
Allergy Intolerance	76	DATA_SCRAT_TEST_ALLERGENS	16	13	12	<b>81</b>	<b>16</b>
Condition	80	DATA_DIAGNOSIS	46	34	32	<b>74</b>	<b>40</b>
Family Member History	67	DATA_PMT_RELATIVES_DISEASES	16	13	10	<b>81</b>	<b>15</b>
Questionnaire	109	DATA_SATISFACT_LEVEL_FORM	24	20	19	83	17
Schedule	23	PL_CABINETS_DAYS	13	11	7	<b>85</b>	<b>30</b>
Observation	121	DATA_ART_PHENOTYPE	25	23	17	<b>92</b>	<b>14</b>
Observation	121	DATA_SURGEON_EXAM	36	32	21	<b>89</b>	<b>17</b>
Observation	121	DATA_ENDOSCOPIC_EX_BIOPSY	24	20	18	<b>83</b>	<b>15</b>
Patient	91	PATIENT	192	153	27	<b>80</b>	<b>30</b>
Practitioner	58	MEDECINS_INFO	18	13	16	<b>72</b>	<b>28</b>
Итого	867		410	332	179	81	21



Таблица 3 – Сопоставление справочников НСИ и терминов SNOMED

Справочник НСИ	Прямое соответствие		Частичное соответствие		Соответствие отсутствует	
	Число	Процент	Число	Процент	Число	Процент
Виды медицинской помощи (n = 9)	1/9	11.11%	0/9	0%	8/9	88.89%
Классификатор исходов госпитализации (n = 5)	3/5	60%	2/5	40%	0/5	0%
Виды анестезии (n = 13)	10/13	76.93%	2/13	15.38%	1/13	7.69%
Типы телосложения (n = 3)	1/3	33.33%	0/3	0%	2/3	66.67%
Виды нозологических единиц диагноза (n = 7)	1/7	14.29%	1/7	14.29%	5/7	71.42%
Группы хирургических операций, проводимых в стационаре (n = 124)	89/124	71.77%	34/124	27.42%	1/124	0.81%
Классификатор исследований при остром нарушении мозгового кровообращения (n = 20)	16/20	80%	2/20	10%	2/20	10%
Классификатор фармакотерапевтических групп лекарственных средств (n = 91)	57/91	62.64%	14/91	15.38%	20/91	21.98%
Итого:	178/272	<b>65.44%</b>	55/272	<b>20.22%</b>	39/272	14.34%

отображено в SNOMED CT. Всего 178/272 (65,4%) терминов имели прямое соответствие, 55/272 (20,2%) терминов имели частичное соответствие, а 39/272 (14,3%) терминов не имели соответствия. Где n — общее количество терминов в словаре.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

### Сопоставление форматов данных

Расчетное перекрытие для сопоставления «Медиалог»-FHIR составляет почти 81% (таблица 3), что означает, что ресурсы FHIR покрывают приблизительно 81% атрибутов в таблицах «Медиалог». Расчетное перекрытие для сопоставления FHIR-«Медиалог» составляет 21%, что означает, что атрибуты таблиц «Медиалог» покрывают примерно 21% атрибутов ресурсов FHIR.

Многие элементы «Медиалог» повторяются и используются для внутренних сервисов «Медиалог». Таким образом, использование FHIR может улучшить процесс обмена документами за счет сокращения повторяющихся элементов. В случае сопоставления FHIR-«Медиалог» 79% потерь вызваны спецификой модели данных «Медиалог». Более того, FHIR включает дополнительную информацию, и каждое учреждение решает, какие атрибуты использовать в конкретной ситуации. В случае сопоставления «Медиалог»-FHIR потери вызваны использованием атрибутов, специфичных для «Медиалог». Однако основные элементы покрываются FHIR.

Исследование M. Andersen [8] сообщает, что 41% атрибутов Датской микробиологической модели могут быть представлены элементами FHIR, и около 7% из них актуальны в местном или национальном контексте и не имеют корреляции с ресурсами FHIR. В работе N. Hong [13] 35,1% и 40,7% составляют охват ресурсов «Medication Statement» и «Family Member History» соответственно с использованием полуавтоматического инструмента. Около 49% полученных терминов были сопоставлены с архетипами openEHR в работе J. Vuck [14] без использования расширений в университетской больнице Гейдельберга.

В исследуемых примерах сообщается, что перекрытие составляет менее 50%, что означает, что сопоставление данных локальных форматов со стандартами задача нетривиальная. Таким образом, предварительный результат для ручного сопоставления FHIR и «Медиалог» является многообещающим, а рассчитанное совпадение содержания 81% выше по сравнению с представленными результатами.

Во время сопоставления мы столкнулись со следующими проблемами:

Сравнение таблиц «Медиалог» с ресурсами FHIR вручную занимает много времени. Автоматический или полуавтоматический поиск соответствий может обеспечить более информативный анализ.

Набор атрибутов рассмотренных таблиц «Медиалог» не так информативен, как состав сопоставленных ресурсов FHIR. В среднем около 20%

информации, представленной в FHIR, отсутствует в «Медиалог».

Несмотря на существующую классификацию запросов и терминов, возникла проблема с расшифровкой некоторых атрибутов «Медиалог».

По разным причинам некоторые атрибуты, не зависящие от системы, в таблицах «Медиалог» не соответствовали определениям FHIR. Примеры таких атрибутов (см. Приложение А):

- ZUB или «Стоматологический статус». Этот атрибут не используется в системе, а поля таблицы пусты, поэтому отображение не требуется.
- PODVERGSQ\_RADIACIONNOMU\_O или «Пациент подвергся облучению во время аварии на Чернобыльской АЭС». Атрибут очень специфичен для российского случая и не входит в широко используемые 80% атрибутов в FHIR.
- TIP\_DOPUSKA\_NEDOPUSKA или «Тип недопуска» (абсолютный, относительный, временный, условный, не установлен). Поле отсутствует в ресурсе Condition с фиксированным списком кодов. И другие.

Оценка сопоставлений «Медиалог»-FHIR показала, что в России возможна стандартизация обмена данных между локальными МИС с использованием международного стандарта FHIR.

### Сопоставление терминологий

Анализ результатов после сопоставления терминов показал, что только 65,4% терминов из выбранных словарей могут быть напрямую сопоставлены с SNOMED CT и использоваться в стандартизированных системах в будущем без потери информации. Около 85,7% (233/272) исследованных терминов совпадают с терминами SNOMED.

В последней работе S.H. Brown [15] получил 72% терминов, имеющих прямое соответствие в SNOMED CT при сопоставлении в ручную, 17% частичных совпадений и 11% потерь. Полученные в данной работе 65,4% прямого соответствия неудовлетворительны по сравнению с литературными результатами. Однако таблица 3

показывает, что есть словари, при сопоставлении которых возникло много потерь и выявлено мало соответствий. Мы полагаем, что справочники с высокими потерями не могут быть рекомендованы к использованию в стандартных системах и должны быть использованы локально. Справочники с низкими потерями готовы к использованию в стандартных системах. Примеры таких справочников: Классификатор исходов госпитализации (потери 0%), Виды анестезии (потери 7,7%), Группы хирургических операций, проводимых в стационаре (потери 1%). Также присутствуют справочники со средними показателями потерь. Ответственность за использование таких стандартизированных классификаторов лежит на медицинском учреждении.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чтобы понять, возможна ли стандартизация локальных форматов хранения и передачи медицинских данных, мы рассчитали перекрытие FHIR — «Медиалог». Перекрытие 81% — это хороший предварительный результат. Он показывает, что не менее 81% медицинской информации, содержащейся в МИС может быть автоматически сопоставлено с международными стандартами, в данном случае FHIR. Использование стандартизированных данных полезно как для внутренних служб обеспечения качества, так и для интеграции данных из различных источников.

Чтобы понять, можно ли использовать российские терминологические справочники в информационной системе на основе FHIR с использованием SNOMED CT, мы рассчитали процент соответствия терминов из реестра справочников НСИ терминам SNOMED CT. Исследование показало, что справочники с высоким уровнем потерь следует использовать локально.

По результатам данной работы можно сделать вывод, что присутствует высокий потенциал для стандартизации и обмена данными как между локальными МИС, так и на международном уровне. Что способствует формированию единого информационного пространства в сфере здравоохранения.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Atalag K, et al. Model Driven Development of Clinical Information Systems using openEHR. *Studies in Health Technology and Informatics*. IOS Press. 2011; 169: 849–853.
2. Kopanitsa G. Evaluation Study for an ISO 13606 Archetype Based Medical Data Visualization Method. *J. Med. Syst.* 2015; 39(8): 82.
3. Rodrigues J.J.P.C, et al. *Electronic Medical Records and Their Standards*. e-Health Syst. Elsevier. 2016: 3–19.
4. Leroux H, Metke-Jimenez A, Lawley MJ. Towards achieving semantic interoperability of clinical study data with FHIR. *J. Biomed. Semantics*. 2017; 8(1): 41.
5. Kieft R.A.M.M, et al. Mapping the Dutch SNOMED CT subset to Omaha System, NANDA International and International Classification of Functioning, Disability and Health. *Int. J. Med. Inform.* Elsevier Ireland Ltd. 2018; 111: 77–82.
6. Peng P, et al. Mapping of HIE CT terms to LOINC®: analysis of content-dependent coverage and coverage improvement through new term creation. *J. Am. Med. Informatics Assoc.* 2019; 26(1): 19–27.
7. Baumel T, et al. Multi-Label Classification of Patient Notes a Case Study on ICD Code Assignment. *AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2017: 409–416.
8. Andersen V, et al. Feasibility of Representing a Danish Microbiology Model Using FHIR. *Stud. Health Technol. Inform.* 2017.
9. Doods J, Neuhaus P, Dugas M. Converting ODM metadata to FHIR questionnaire resources. *Studies in Health Technology and Informatics*. IOS Press. 2017; 228: 456–460.
10. Jiang G, Kiefer R, Prud'hommeaux E H.R.S. Building Interoperable FHIR-Based Vocabulary Mapping Services: A Case Study of OHDSI Vocabularies and Mappings. *Stud. Health Technol. Inform.* 2017; 245: 1327–1327.
11. Review: IT in HealthCare 2017, Informatization complicates the work of clinicians — CNews.
12. Benson T. Why Interoperability is Hard. *Principles of Health Interoperability HL7 and SNOMED*. Third Edit. 2012: 21–32.
13. Hong N, et al. Standardizing Heterogeneous Annotation Corpora Using HL7 FHIR for Facilitating their Reuse and Integration in Clinical NLP. *AMIA. Annu. Symp. proceedings. AMIA Symp. NLM (Medline)*. 2018; 2018: 574–583.
14. Buck J, et al. Towards a comprehensive electronic patient record to support an innovative individual care concept for premature infants using the openEHR approach. *Int. J. Med. Inform.* Elsevier. 2009; 78(8): 521–531.
15. Brown S.H, et al. Coverage of oncology drug indication concepts and compositional semantics by SNOMED-CT. // *AMIA. Annu. Symp. proceedings. AMIA Symp. American Medical Informatics Association*. 2003; 2003: 115–119.

## 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/м<sup>2</sup>) или нижние (CH<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VAsc) регистры. Знак мат. действий и соотношений (+, -, x, /, =, ~) 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>

