

ISSN print 2712-9217 • №2 (8) • июнь-июль • 2022  
ISSN online 2712-9225 • DOI 10.29188/2712-9217

# РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ И ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

RUSSIAN JOURNAL OF TELEMEDICINE AND E-HEALTH

■ Барьеры телемедицины и пути их преодоления

■ Электронный бэнчмаркинг как инструмент в оценке эффективности деятельности медицинских организаций

■ Роботы УЗИ: готовые решения и перспективные направления

# РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ И ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство ПИ № ФС 77 – 74021 от 19.10.2018

ISSN print 2712-9217; ISSN online 2712-9225; <https://doi.org/10.29188/2712-9217>

02 июня 2021 г. в запись о регистрации СМИ внесены изменения Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций в связи с изменением названия, изменением языка, уточнением тематики

**ЦЕЛЬ ИЗДАНИЯ** – информирование ученых, организаторов здравоохранения, практикующих врачей о реальных возможностях применения и об эффективности различных информационно-коммуникационных систем в медицине.

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ** – электронное здравоохранение, телемедицина, медицинская информатика и кибернетика, мобильное здоровье, организация здравоохранения, дистанционное обучение, страховая медицинская телематика, медицинская аппаратура, биомедицинская инженерия, биоинформатика.

**АУДИТОРИЯ** – врачи всех специальностей, главные врачи ЛПУ, руководители IT-отделов ЛПУ, инженеры и разработчики медицинской техники и медицинского оборудования, руководители и сотрудники информационно-аналитических центров.

**УЧРЕДИТЕЛЬ:** Шадеркин Игорь Аркадьевич

Журнал представлен в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)

## РЕДАКЦИЯ:

Издательский дом «УроМедиа»  
Руководитель проекта В.А. Шадеркина  
Дизайнер О.А. Белова  
Редактор Д.М. Монаков, к.м.н.  
Корректор Ю.Г. Болдырева

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

JTelemed.ru  
Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения  
Том 8. № 2. 1–76  
<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2>

Адрес и реквизиты редакции:


Издатель: ИД «УроМедиа»: 105094 Москва, ул. Золотая, 11  
Тел.: +7 (926) 017-52-14; e-mail: [info@uromedia.ru](mailto:info@uromedia.ru); [editor@jtelemed.ru](mailto:editor@jtelemed.ru); [viktoriashade@gmail.com](mailto:viktoriashade@gmail.com)  
Редакция не несет ответственности за содержание публикуемых рекламных материалов.  
В статьях представлена точка зрения авторов, которая может не совпадать с мнением редакции.  
Перепечатка материалов разрешается только с письменного разрешения редакции.  
Отпечатано в типографии «Тверская фабрика печати».  
Тираж 500 экз.  
<http://jtelemed.ru>

# Russian Journal of Telemedicine and E-Health

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of communications, information technology and mass communications, certificate PI No. FS 77 – 74021 dated 19.10.2018

ISSN print 2712-9217; ISSN online 2712-9225; <https://doi.org/10.29188/2712-9217>

On June 2, 2021, the record on media registration was amended by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Media due to the change in the name, change of the language, clarification of the subject matter



THE PURPOSE OF THE JOURNAL is to inform scientists, healthcare managers, medical practitioners about the real application possibilities and the effectiveness of various information and communication systems in medicine.

THE SCIENTIFIC SPECIALIZATION OF THE JOURNAL is health, telemedicine, medical informatics and cybernetics, mobile health, healthcare organization, distance learning, medical insurance telematics, medical equipment, biomedical engineering, bioinformatics.

THE AUDIENCE OF THE JOURNAL consists of doctors of all specialties, chief doctors of healthcare facilities, heads of IT departments of healthcare facilities, engineers and developers of medical equipment, managers and employees of information and analytical centers.

FOUNDER: Igor Shaderkin

The journal is represented in the Russian Science Citation Index (RSCI)

## EDITORIAL:

PUBLISHING HOUSE «UROMEDIA»

Project manager V.A. Shaderkina

Designer O.A. Belova

Editor D.M. Monakov, Ph.D.

Proofreader Yu.G. Boldyreva

## CONTACT INFORMATION:

JTelemed.ru

Russian Journal of Telemedicine and E-Health

Volume 8. No. 2. 1–76

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2>

Address and details of the editorial office:

Publisher: Publishing House «UroMedia»: 105094 Moscow, st. Zolotaya, 11

Tel .: +7 (926) 017-52-14; e-mail: [info@uromedia.ru](mailto:info@uromedia.ru); [editor@jtelemed.ru](mailto:editor@jtelemed.ru); [viktoriashade@gmail.com](mailto:viktoriashade@gmail.com)

The editors are not responsible for the content of published advertising materials.

The articles represent the point of view of the authors, which may not coincide with the opinion of the editorial board.

Reprinting of materials is allowed only with the written permission of the publisher.

Printed at the Tver Printing Factory.

500 copies.

<http://jtelemed.ru>

## Благодарность рецензентам

*Сотрудники редакции «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения» выражают огромную признательность всем экспертам, которые принимают участие в работе над каждым выпуском журнала – отбирают самые качественные исследования, самые смелые экспериментальные работы, самые полные литературные обзоры и уникальные клинические случаи.*

*Ваша работа, коллеги, позволяет журналу повысить профессиональный уровень и предоставлять урологическому сообществу действительно новый качественный специализированный материал.*

*Огромное количество научных публикаций, поступающих на рассмотрение в редакцию журнала, не всегда соответствует высоким требованиям международных изданий. Вместе с редакцией наши рецензенты в свое личное время и совершенно бескорыстно выбирают достойные статьи, дорабатывают их для своевременной подготовки к публикации.*

*Ваши безупречные теоретические знания, бесценный практический опыт, умение работать в команде позволяют всегда найти правильные решения, которые соответствуют цели, задачам и редакционной политике нашего журнала.*

*Число рецензентов «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения» постоянно растет – в настоящее время это более 10 ученых из России и зарубежных стран.*

*Выражаем благодарность рецензентам за детальный и скрупулезный анализ статей «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения» №2 за 2022 г.*

***С уважением и благодарностью,  
редакция «Журнала телемедицины и электронного здравоохранения»***

## To the Reviewers: Letter of Appreciation

*The editorial board members of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health» is very grateful to all the experts, taking part in the workflow on each journal issue, selecting the highest quality research, the most daring experimental works, the most complete literature reviews and unique clinical cases.*

*Dear colleagues, your work allows to improve the journal professional level and provide the urological community with new high-quality specialized content.*

*A huge number of scientific publications, submitted to the journal editorial board, does not always meet the strict requirements of international publications. In cooperation with the editorial staff, our reviewers choose worthy articles and selflessly modify them for timely preparation for publication.*

*Your impeccable theoretical knowledge, invaluable practical experience and skill to work in a team allow you to find the only correct solutions that correspond with the goal, objectives and editorial policy of our journal.*

*The number of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health» reviewers is constantly growing – currently there are more than 10 scientists from Russia and foreign countries.*

*We express our gratitude to the reviewers for a detailed and thorough analysis of the articles of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health» № 2 (2022).*

*With respect and gratitude, the editorial board members of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health».*

***With respect and gratitude,  
the editorial board of the «Russian Journal of Telemedicine and E-Health»***

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: Владзимирский А.В. – д.м.н., заместитель директора по научной работе ГБУЗ г. Москвы «НПКЦ диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ» (Россия, Москва)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА: Шадеркин И.А. – к.м.н., заведующий лабораторией электронного здравоохранения Института цифровой медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет, Россия, Москва)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ: Шадеркина В.А. – научный редактор портала Uroweb.ru (Россия, Москва)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА:

Аполихин О.И. – член-корр. РАН, д.м.н, профессор, Директор НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Россия, Москва)

Гусев А.В. – к.т.н., руководитель GR-направления ассоциации «Национальная база медицинских знаний», эксперт компании «К-МИС» (Россия, Петрозаводск)

Зеленский М.М. – шеф-редактор Evercare.ru (Россия, Москва)

Калиновский Д.К. – к.м.н., доцент кафедры хирургической стоматологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького» (Донецк, ДНР)

Кузнецов П.П. – д.м.н., профессор, руководитель проектного офиса «Цифровая трансформация в медицине труда» ФГБНУ «НИИ медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова» (Россия, Москва)

Кузнецов С.С. – д.м.н. (Россия, Нижний Новгород)

Лебедев Г.С. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных и интернет-технологий Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (Россия, Москва)

Монаков Д.М. – к.м.н., врач-уролог ГБУЗ ГКБ им. С.П. Боткина (Россия, Москва)

Натензон М.Я., к.т.н., академик РАЕН, Председатель совета директоров НПО «Национальное телемедицинское агентство» (Россия, Москва)

Огородников И.Н. – руководитель Центра разработки прикладного программного обеспечения АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий» (Россия, Ханты-Мансийск)

Сивков А.В. – к.м.н., заместитель директора по научной работе НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России (Россия, Москва)

Столяр В.Л. – к.б.н., заведующий кафедрой медицинской информатики и телемедицины ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (Россия, Москва)

Царегородцев А.Л. – к.т.н., доцент кафедры систем обработки информации, моделирования и управления ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» (Россия, Ханты-Мансийск)

М. Фиск – доктор наук, профессор кафедры старения и цифрового здоровья, Школа компьютерных наук и информатики, Университет Де Монфор (Лестер, Великобритания)

М. Джорданова – кандидат наук, научный сотрудник Института космических исследований и технологий Болгарской академии наук (София, Болгария)

Ф. Ливенс – MBA, исполнительный секретарь Международного общества телемедицины и электронного здравоохранения (Гримберген, Бельгия)

М. Марс – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой телемедицины Университета Квазулу-Натал (Дурбан, ЮАР)

П. Михова, – М.С., руководитель Программного совета Департамента здравоохранения и социальной работы Нового Болгарского Университета (София, Болгария)

Р. Скотт – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры телемедицины Университета Квазулу-Натал (Дурбан, ЮАР)

А.В. Шуляк – д.м.н., профессор, ГУ «Институт урологии НАМН Украины» (Киев, Украина)

## EDITORIAL BOARD:

CHIEF EDITOR: Vladzimirskyy A.V. – MD, PhD, Deputy Director for Scientific Work, Moscow State Budgetary Healthcare Institution «Scientific and Practical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies DZM» (Russia, Moscow)

DEPUTY CHIEF EDITOR: Shaderkin I.A. – PhD, Head of the e-Health Laboratory of the Institute of Digital Medicine of the First Moscow State Medical University them Sechenov (Sechenov University, Russia, Moscow)

EXECUTIVE SECRETARY: Shaderkina V.A. – scientific editor of the portal Uroweb.ru (Russia, Moscow)

## EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL:

Apolikhin O.I. – Corresponding member RAS, MD, PhD, Professor, Director of the Research Institute of Urology and Interventional Radiology N. Lopatkina – branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of Russia (Russia, Moscow)

Gusev A.V. – Ph.D., head of the GR-direction of the association «National base of medical knowledge», expert of the company «K-MIS» (Russia, Petrozavodsk)

Zelensky M.M. – Editor-in-chief Evercare.ru (Russia, Moscow)

Kalinovsky D.K. – PhD, Associate Professor of the Department of Surgical Dentistry of the State Educational Institution of Higher Professional Education «Donetsk National Medical University named after M. Gorky» (Donetsk, DPR)

Kuznetsov P.P. – MD, PhD, Professor, Head of the Project Office «Digital Transformation in Occupational Medicine» of the FSBSI «Research Institute of Occupational Medicine. Academician N.F. Izmerov» (Russia, Moscow)

Kuznetsov S.S. – MD, PhD, (Russia, Nizhny Novgorod)

Lebedev G.S. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information and Internet Technologies of the First Moscow State Medical University them Sechenov (Russia, Moscow)

Monakov D.M. – PhD, GBUZ GKB im. S.P. Botkina (Russia, Moscow)

Natenzon M.Ya. – Ph.D., Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Chairman of the Board of Directors of the NPO National Telemedicine Agency (Russia, Moscow)

Ogorodnikov I.N. – Head of the Center for the Development of Applied Software of the Autonomous Institution «Yugorsk Research Institute of Information Technologies» (Russia, Khanty-Mansiysk)

Sivkov A.V. – PhD, Deputy Director for Scientific Work of the Research Institute of Urology and Interventional Radiology named after N.A. Lopatkina – branch of the Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of Russia (Russia, Moscow)

Stolyar V.L. – Ph.D., Head of the Department of Medical Informatics and Telemedicine, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peoples' Friendship University of Russia» (Russia, Moscow)

Tsaregorodtsev A.L. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Processing Systems, Modeling and Control of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yugorsk State University» (Russia, Khanty-Mansiysk)

M. Fisk – PhD, Professor of Ageing and Digital Health, School of Computer Science and Informatics, De Montfort University (Leicester, UK)

M. Jordanova – PhD, Researcher in Space Research & Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences (Sofia, Bulgaria)

F. Lievens – MBA, Executive Secretary of International Society for Telemedicine and eHealth (Grimbergen, Belgium)

M. Mars – PhD, Professor, Head of Department of Telehealth, University of Kwazulu-Natal (Durban, South Africa)

P. Mihova, – M.S., Head of Program council, Department of Health care and Social Work, New Bulgarian University (Sofia, Bulgaria)

R. Scott – PhD, Professor, professor of Department of Telehealth, University of Kwazulu-Natal (Durban, South Africa)

Shulyak A.V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, State Institution «Institute of Urology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» (Kiev, Ukraine)

# СОДЕРЖАНИЕ

Содержание .....	6
------------------	---

## ■ **ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В.А. Розанов, К.М. Самерханова Мобильные приложения для поддержания психического здоровья: обзор оценок пользователей.....	7
--	---

## ■ **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

Г.С. Лебедев, И.А. Шадеркин, А.И. Шадеркина Роботы УЗИ: готовые решения и перспективные направления.....	21
---	----

## ■ **ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

А.А. Иванова, Е.В. Завалева, А.В. Владзимирский, А.Г. Андрузская, И.И. Аюпова, В.И. Завалев Электронный бэнчмаркинг как инструмент в оценке эффективности деятельности медицинских организаций.....	42
---	----

## ■ **ПРАКТИКУЮЩЕМУ ВРАЧУ**

А.Е. Воробьев, Д.М. Раимбекова Электронное развитие умных пластырей в Кыргызстане.....	50
---	----

## ■ **МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА**

И.А. Шадеркин Барьеры телемедицины и пути их преодоления.....	59
--	----

---

Contents .....	6
----------------	---

## ■ **ORIGINAL RESEARCH**

V.A. Rozanov, K.M. Samerkhanova Mobile applications for mental health self-management: a review of customers' opinions.....	7
--	---

## ■ **ANALYTICAL REVIEW**

G.S. Lebedev, I.A. Shaderkin, A.I. Shaderkina Ultrasound robots: ready-to-use solutions and perspective directions.....	21
--	----

## ■ **LITERATURE REVIEW**

A.A. Ivanova, E.V. Zavaleva, A.V. Vladimirskeyy, A.G. Andruzskaya, I.I. Ayupova, V.I. Zavalev Electronic benchmarking as a tool for assessing the performance of medical organizations.....	42
--	----

## ■ **CLINICAL RESEARCH**

A.E. Vorobev, D.M. Raimbekova Innovative development of clever plasters in Kyrgyzstan.....	50
---	----

## ■ **EXPERT OPINION**

I.A. Shaderkin Telemedicine barriers and ways to overcome them .....	59
---	----



<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-7-20>

# Мобильные приложения для поддержания психического здоровья: обзор оценок пользователей

Оригинальное исследование

**В.А. Розанов<sup>1,2</sup>, К.М. Самерханова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; д. 6, наб. Макарова, Санкт-Петербург, 190034, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева»; д. 3, ул. Бехтерева, Санкт-Петербург, 192019, Россия

**Контакт:** Розанов Всеволод Анатольевич, [vsevolod.rozanov.53@gmail.com](mailto:vsevolod.rozanov.53@gmail.com)

## Аннотация:

**Цель исследования.** Анализ отзывов пользователей мобильных приложений для поддержания психического здоровья, самокоррекции тревоги, депрессии и суицидальных мыслей.

**Материал и методы.** Проведен поиск приложений в Google Play, содержащих не менее 50 отзывов на русском языке и скачиваемых не менее 5000 раз. Проанализированы отзывы 7 отечественных и 5 англоязычных приложений с использованием принципов тематического анализа.

**Результаты.** Позитивные отзывы преобладали над негативными, наибольший интерес пользователей вызывают дневники эмоций и чат-боты. Основные темы негативных отзывов касались технических неудобств, мешающей рекламы и дизайна. В то же время выявлено множество критических замечаний относительно содержания – формулировок, тестов, рекомендаций и приемов оказания помощи.

**Выводы.** Приложения для психического здоровья представляют собой растущую группу приложений с большим потенциалом. Их разработка требует высокого профессионализма и учета специфики той группы пользователей, на которые они направлены.

**Ключевые слова:** мобильные приложения; психическое здоровье; самопомощь; отзывы пользователей.

**Для цитирования:** Розанов В.А., Самерханова К.М. Мобильные приложения для поддержания психического здоровья: обзор оценок пользователей. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(2):7-20; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-7-20>

## Mobile applications for mental health self-management: a review of customers' opinions

Original research

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-7-20>

**V.A. Rozanov<sup>1,2</sup>, K.M. Samerkhanova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Saint-Petersburg State University, 6, Makarov embankment, St. Petersburg, 199034, Russian Federation

<sup>2</sup> Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology; 3, Bekhterev str., St.Petersburg, 192019, Russian Federation

**Contact:** Vsevolod A. Rozanov, [vsevolod.rozanov.53@gmail.com](mailto:vsevolod.rozanov.53@gmail.com)

**Aim of the study.** Analysis of users' reviews of mobile applications for mental health and self-management of anxiety, depression and suicidal thoughts.

**Material and methods.** We have searched for applications containing at least 50 reviews in Russian and downloaded at least 5000 times in Google Play. In the study reviews of 7 domestic and 5 English-language applications were analyzed using the principles of thematic analysis.



**Results.** Positive reviews prevailed over negative ones, the greatest interest of users is directed towards emotion diaries and chat-bots. The main topics of negative reviews concerned technical inconveniences, interfering advertising and poor design. However, a lot of critical comments have been revealed regarding the content – formulations, tests, recommendations and methods of assistance.

**Conclusions.** Mental health apps represent a growing group of apps with a significant potential. Their development requires high professionalism and understanding specific features of the user group they are aimed at.

**Key words:** mobile apps; mental health; self-management; users' reviews.

**For citation:** Rozanov V.A., Samerkhanova K.M. Mobile applications for mental health self-management: a review of customers' opinions. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(2)7-20; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-7-20>

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Тотальная информатизация, всеобщая доступность интернета и массовое владение современными гаджетами породили в медико-психологической среде энтузиазм в отношении перспектив использования этого канала связи с людьми для целей оказания психологической и психиатрической помощи тем, кто в этом нуждается [1-3]. За последние годы наблюдается быстрый рост онлайн-ресурсов и мобильных приложений, направленных на самодиагностику и мониторинг депрессии, коррекцию тревоги и стресса, предупреждение суицидальных мыслей и попыток, а также коррекцию своего психологического состояния с помощью приемов самоконтроля, медитации или элементов психотерапии [4-7]. В этих приложениях и ресурсах, помимо тестов, ссылок на информационные материалы, различных дневников своего эмоционального состояния и инструкций по медитации или дыхательной гимнастике, широко используются такие средства, как чат-боты, виртуальные консультанты и «психотерапевты», игровые техники и инструменты виртуальной реальности. Ввиду обилия этих приложений и разнообразия используемых ими приемов, Американская психиатрическая ассоциация (АРА) разработала ряд критериев для их оценки, которые включают такие показатели, как доступность, конфиденциальность, безопасность, клиническая обоснованность использования, способ взаимодействия с клиентом, совместимость [8].

Основной вопрос в этой сфере – насколько все эти инструменты, столь привлекательные своей доступностью, анонимностью, массовостью, экономической целесообразностью и прочими очевидными многообещающими характеристиками, действительно эффективны при

практическом применении. Данные рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) различных приложений неоднозначны. Так, приложения довольно эффективны в отношении симптомов депрессии и тревожности и менее эффективны в отношении суицидальных мыслей и самоповреждений [4, 9, 10]. Приложения, специально разработанные для подростков и молодежи наиболее эффективны в отношении тревоги, хуже помогают при депрессии, посттравматических и панических состояниях [11-13]. Эффект приложений заметен при сравнении с неактивным контролем, но они не более эффективны, чем консультативная помощь [12, 13]. При обобщении результатов множества мета-анализов и тщательном контроле качества исследований, убедительных данных об эффективности онлайн-ресурсов и мобильных приложений получить не удается [14, 15].

Обращает на себя внимание то, что РКИ и мета-обзоры в основном сконцентрированы на стандартизации подходов (характеристики групп наблюдения, выбор контрольной группы, рандомизация, типы приложений, способы контроля, критерии эффективности и т.д.). В этой системе координат субъективные ощущения самих пользователей остаются недостаточно изученными и проанализированными. В то же время, психологические характеристики пользователей, выраженность психологических проблем и нарушений психического здоровья среди них, их индивидуальные реакции, позитивные или негативные, наряду такими качествами как внушаемость, способность «погружаться» в виртуальную реальность, степень исходной вовлеченности в виртуальное общение и в собственные смартфоны могут оказывать сильное влияние на результат.

Работ, которые бы непосредственно изучали этот аспект проблемы, крайне мало по

сравнению с РКИ. Нами выявлены два эмпирических исследования на эту тему – одно посвящено анализу отношения студентов к чат-боту Реплика (Replica) и представляет собой анализ самоотчетов студентов [16]. Второе построено по принципу интервью студентов, пользующихся интернет-ресурсами с целью само- и взаимопомощи в связи с отдельными симптомами или диагнозом депрессии [17].

В то же время, каждое мобильное приложение, направленное на психическое здоровье, сопровождается разработчиками системой обратной связи, позволяющей вычислять рейтинги приложений и предоставляющей возможности пользователям высказаться относительно своей удовлетворенности, соображениями «за» или «против» и другими произвольными замечаниями. Мы полагаем, что этот обширный материал достоин внимания, и предприняли настоящее исследование.

*Цель работы* – обобщить результаты оценок пользователей наиболее популярных мобильных приложений, проанализировать их с содержательной точки зрения, представить на этой основе заключение об основных темах этих сообщений и характеристиках, вызывающих преимущественно позитивные или негативные оценки. Такой анализ может оказаться полезным с точки зрения дальнейшего совершенствования таких приложений.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### **Стратегия поиска и критерии включения**

Был проведен поиск мобильных приложений, непосредственно направленных на психическое здоровье и коррекцию симптомов тревоги и депрессии в магазине Google Play по следующим ключевым словам: психология, психологическое здоровье, психологическая помощь, депрессия, стресс, суицидальные мысли, суицид, самоубийство. Приложения включались в список, если они (1) были предназначены для смартфонов, (2) доступны для загрузки на территории Российской Федерации, (3) содержали вышеупомянутые ключевые слова в описании приложения, (4) имели достаточное (от 50) количество отзывов на русском языке и (5) имели более 5000 скачиваний. В первую группу включались приложения, разработанные на русском

языке, во вторую группу вошли зарубежные разработки. Предпочтение отдавалось приложениям, доступным на русском языке, но при наличии достаточного количества отзывов от русскоязычных пользователей и интуитивно понятного интерфейса, не переведенные приложения также включались в список. Всего с использованием такого подхода было выявлено 12 приложений, в том числе 7 отечественных и 5 иностранных. Приложения были загружены и протестированы с использованием телефона Samsung Galaxy S10.

### **Извлечение данных**

Данные рейтингов и личных оценок пользователей сгружали из ленты комментариев и отзывов, классифицировали на содержательные и не заслуживающие внимания (одно-два слова со слишком обобщенной оценкой) и распределяли по группам в соответствии с выставленной пользователями балльной оценкой, а именно: позитивные (5 и 4), нейтральные (3) и негативные (2 и 1). Всего таким образом после отсева несодержательных или некорректных ответов, было отмечено около 4000 записей.

### **Анализ данных**

Все приложения по их основной заявленной функции были разбиты на три группы: 1) дневники настроения; 2) чат-боты; 3) комплексные приложения. Рассматривали последовательно отечественные и иностранные разработки. Содержательные оценки группировали по смыслу, и наиболее характерные анализировали с применением принципов тематического анализа [18]. Везде, где это было возможно, учитывали пол пользователя. Во всех отзывах сохранена орфография и пунктуация источника.

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ

### **Приложения в формате дневников (1.1., 1.3., 2.1., ср. балл 4.46 [4.2-4.7])**

К подобным приложениям часто обращаются те, у кого по определенным (чаще всего материальным) причинам нет возможности получить помощь специалиста, поэтому судя по отзывам, для этого контингента вопросы оплаты играют важную роль. Большинство пользователей приложения 1.1 признавали, что покупка ►

**Таблица 1. Приложения, которые были предметом обзора, их основные характеристики и обобщенные оценки (ранжированы на основании числа скачиваний)**  
**Table 1. Applications that were the subject of the review, their main characteristics and generalized ratings (ranked based on the number of downloads)**

n/n No	Наименование приложения и разработчик / Application name and developer	Средняя оценка/ число отзывов / Average rating/ number of reviews	Число скачиваний / Number of downloads	Краткая характеристика и ссылка на источник / Brief description and link to the source
<b>1. Российские разработки Russian applications</b>				
1.1	Дневник и трекер настроения Emotions tracker and diary (Reflexio Team):	4,5/12952	>1 000 000	Приложение в формате ежедневника с трекером настроения (доступны пять вариантов настроения) и ежедневными вопросами на важные темы: отношения, учеба, работа, психологическое здоровье и т.д. Есть возможность записывать мысли, чувства, добавлять фото, музыку, отмечать различные активности. После первого месяца использования приложения доступны статистика и «облако слов», отражающее наиболее часто используемые в ответах слова. A diary app with a mood tracker (five mood options available) and daily questions on important topics: relationships, school, work, mental health, etc. It is possible to write down your thoughts, feelings, add photos, music and make notes about activities. After the first month of using the application, statistics and a «word cloud», reflecting the most frequently used words, are available. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=diary.questions.mood.tracker">https://play.google.com/store/apps/details?id=diary.questions.mood.tracker</a>
1.2	Анти-депрессия Anti-depression (ICognito)	4,6/8056	>100 000	Приложение в формате сессий с виртуальным психологом (чат-ботом), который проводит диагностику уровня депрессии и серию занятий (курс психологической самопомощи при депрессии на основе когнитивно-поведенческой терапии). Имеется дневник для анализа негативных автоматических мыслей, дневник благодарности для развития позитивного мышления, аудио-гиды для медитаций. Therapy chatbot with a virtual psychologist who can diagnose the level of depression and conduct a therapy (a course of psychological self-help for depression based on cognitive behavioral therapy). There is a diary for analyzing negative automatic thoughts; a gratitude diary for developing positive thinking; and audio guides for meditation. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.icognito.depression">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.icognito.depression</a>
1.3	Дневник ментального здоровья Mental health diary (Daniil Sugonyaev)	4,7/3478	>100 000	В приложение входят: дневник анализа автоматических мыслей; дневник сравнения для работы над деструктивными убеждениями; дневник благодарности; психологический тест на уровень депрессии и тест по определению слабых сторон личности. По результатам тестов составляется профиль ментального здоровья. Также доступна различная литература по психологии (книги, статьи). The application includes automatic thought analysis diary; comparison diary to work on destructive beliefs; gratitude diary; a psychological test for the level of depression, and a test to determine the weaknesses of the personality. Based on the results of the tests, a mental health profile is compiled. Various literature on psychology (books, articles) is also available. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.coffye.mindhealthy">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.coffye.mindhealthy</a>
1.4	КтоЯ: Депрессия, Тревога, Сон Who am I. Depression, Anxiety, Sleep (ktoicorp)	4,3/1026	>100 000	В приложение входят упражнения и практики для работы со стрессом и депрессией; паническими атаками; страхами и фобиями; негативными эмоциями из прошлого; вредными привычками; неправильными убеждениями; негативными мыслями; тревогой в различных социальных ситуациях и другие. Доступны практики для развития уверенности, стойкости, повышения уровня мотивации и создания позитивного настроя; музыка для медитаций и звуки для сна; интересные истории для сна. The application includes exercises and practices for dealing with stress and depression; panic attacks; fears and phobias; negative emotions from the past; bad habits; wrong beliefs; negative thoughts; anxiety in various social situations, and others. There are also available practices to develop confidence, resilience, increase motivation and create a positive attitude; music for meditation and sounds for sleep; interesting sleep stories. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ktoicorp.ktoi">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ktoicorp.ktoi</a>
1.5	Люси (Системно-векторная психология Юрия Бурлана) Lucy (System-vector psychology by Yuri Burlan)	4,1/1568	>100 000	Приложение позиционируется как искусственный интеллект, который может определить состояние собеседника по особенностям речи, анализируя построение предложений, способу выражения мысли, чтобы помочь в любой жизненной ситуации. Люси умеет поддерживать диалог, а при описании проблемной ситуации она выделяет проблему и подбирает статьи на соответствующую тему. The application is positioned as an artificial intelligence that can determine the state of the interlocutor by the features of speech, analyzing the construction of sentences, the way of expressing thoughts, to help in any life situation. Lucy can maintain a dialogue, find the problem and select articles on the relevant topic. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.yburlan.agrikhno">https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.yburlan.agrikhno</a>
1.6	АнтиДепрессия (Союз Охраны Психического Здоровья) AntiDepression (Mental Health Alliance)	3,5/98	>100 000	Приложение представляет собой сборник методов, основанных на когнитивно-поведенческой терапии: дневник мыслей, дневник эмоций, замена негативных мыслей, терапия удовольствием. Также доступны тест для определения особенностей мышления, аудиозапись для медитаций и видео с базовой информацией о депрессии. The application includes a number of methods based on cognitive behavioral therapy: thought diary, emotion diary, negative thought replacement, pleasure therapy. There are also available a mindset test, an audio recording for meditation, and a video with basic information about depression. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.prosoft.antidepression">https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.prosoft.antidepression</a>
1.7	Анти-стресс Anti-stress (ICognito)	4,7/398	>5 000	Приложение в формате сессий с виртуальным психологом (чат-ботом), который проводит диагностику уровня стресса, депрессии и тревожности, а затем обучает навыкам самопомощи и помогает выполнять практические упражнения, основанные на когнитивно-поведенческой терапии. Также доступны дневник мыслей для анализа негативных автоматических мыслей, дневник благодарности для развития позитивного мышления, аудио-гиды для медитаций. Therapy chatbot with a virtual psychologist who diagnoses the level of stress, depression and anxiety, and then teaches self-help methods and helps to perform practical exercises based on cognitive behavioral therapy. There are also available a diary for analyzing negative automatic thoughts; a gratitude diary for developing positive thinking; and audio guides for meditation. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.icognito.antistress">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.icognito.antistress</a>

п/п No	Наименование приложения и разработчик / Application name and developer	Средняя оценка/ число отзывов / Average rating/ number of reviews	Число скачиваний / Number of downloads	Краткая характеристика и ссылка на источник / Brief description and link to the source
<b>2. Зарубежные разработки Foreign applications</b>				
2.1	EMMO (EMMO Corp.)	4,2/8385	>1 000 000	Минималистичное приложение для ведения дневника настроения с большим выбором вариантов эмоций, возможностью создавать свои «эмодзи» и делиться ими с другими пользователями. Есть возможность добавлять фотографии, аудио– и видеоматериалы. Доступно на русском языке. A minimalistic mood diary app with a large selection of emotions, the ability to create your own «emoji» and share them with other users. It is possible to add photos, audio and video materials. Available in Russian. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=emmo.diary.app">https://play.google.com/store/apps/details?id=emmo.diary.app</a>
2.2	Wysa: Anxiety, therapy chatbot (Touchkin)	4,9/119 160	>100 000	Приложение в формате чат-бота, который помогает справиться с тревогой с помощью различных методов самопомощи. Диалог имитирует общение с заботливым другом. В функционал также входят трекер настроения, медитации, диагностика уровня депрессии и тревожности. Не доступно на русском языке. Therapy chatbot for anxiety relief which is packed with self-help methods. The dialogue mimics talking to a caring friend. There also available mood tracker, meditations, diagnosing the level of depression and anxiety. Not available in Russian. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=bot.touchkin">https://play.google.com/store/apps/details?id=bot.touchkin</a>
2.3	MindDoc: Your Companion (MindDoc Health)	4,7/37 333	>100 000	В приложении проводится диагностика для выявления проблемных вопросов, включая депрессию, тревогу, бессонницу, расстройства пищевого поведения, после чего подбираются рекомендации – упражнения, курсы, информационные статьи на соответствующие темы. Мониторинг состояния проводится ежедневно, в приложении доступна статистика. Не доступно на русском языке. The application conducts diagnostics to identify problematic issues, including depression, anxiety, insomnia, eating disorders, after which recommendations are selected – exercises, courses, informational articles on relevant topics. Status monitoring is carried out daily, statistics are available in the application. Not available in Russian. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=de.moodpath.android">https://play.google.com/store/apps/details?id=de.moodpath.android</a>
2.4	VOS — Саморазвитие & Дневник VOS — Wellbeing & Mood Journal (VOS.health)	4,4/12 352	>500 000	Комплексное приложение, составляется индивидуальный план по результатам мониторинга состояния с помощью искусственного интеллекта. Оно объединяет дневник настроения, дневник мыслей, данные об активности из сторонних приложений, доступна статистика. В приложении доступны различные упражнения и методики (например, техники дыхания), информационные статьи. Интерфейс переведен на русский язык, но видео-, аудиоматериалы и статьи доступны только на английском. The application conducts diagnostics to identify problematic issues, including depression, anxiety, insomnia, eating disorders, then it selects exercises, courses, informational articles on relevant topics. Monitoring is carried out daily. There are also available statistics. Not available in Russian. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vos.app&amp;hl=ru&amp;gl=US">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vos.app&amp;hl=ru&amp;gl=US</a>
2.5	Mindspa (Mindspa Health)	3,9/2879	>500 000	Набор различных методик и материалов: статьи для саморазвития; психотерапевтический дневник; тренировки, упражнения, практики для самостоятельной психологической работы над различными негативными эмоциями; курсы для работы над определенными аспектами жизни и проблемами в них; экстренная помощь в терапевтическом чате с ботом. Доступно на русском языке. A set of various methods and materials: articles for self-development; psychotherapeutic diary; trainings, exercises, practices for independent psychological work on various negative emotions; courses to work on certain aspects of life and problems in them; emergency help in therapy chatbot. Available in Russian. <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=me.mindspa.app">https://play.google.com/store/apps/details?id=me.mindspa.app</a>

некоторых функций в приложении – это уместно, но в данном случае платных функций было слишком много:

*Без покупки полного доступа нет смысла пользоваться приложением, буквально ВСЕ функции платные. Удаляю (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж). Все ограничено. Постоянно предлагает купить. Даже не успеваешь понять нужно оно тебе или нет (Прил. 1.1; оценка: 1; М).*

Больше всего пользователей возмутила необходимо платить за возможность написать больше слов и установить пароль:

*Требовать деньги за возможность писать слова.... Верх капиталистического маразма. (Прил. 1.1; оценка: 2; пол не указан). Что это? Лимит на написание символов в дневнике в бес-*

*платной версии? Вы в своем уме? Даже говорить не о чем (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж). ...Платить деньги за пароль это уж слишком. Удачи находить лохов (Прил. 1.1; оценка: 1; пол не указан).*

*Пользуюсь с мая 2020. Особых изменений пока не увидела, радуется то, что я могу выразить свое мнение, но вот защита пин-кодом действует в платной версии. Почему я не могу защитить свои заметки бесплатно? Это более чем не справедливо (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж).*

Приложение 1.3. оказалось полностью бесплатным с возможностью пожертвовать любую сумму по желанию, и это было высоко оценено пользователями:

*...Оно БЕСПЛАТНОЕ?! Легкие для прохождения тесты и детальное описание результатов ►►*



помогут вам лучше понять себя и разобраться свои состояния. Еще я задонатил (пожертвовал) туда 100 рублей (50 со скидкой Гугл плэй), ну потому что, почему бы и нет, раз бесплатно такую прекрасную вещь люди делают, чисто на энтузиазме, можно их и поддержать (Прил. 1.3; оценка: 5; М). Очень хорошее приложение и немаловажно то, что оно абсолютно, а не условно бесплатное. Можно задонатить, но только по собственному желанию (Прил. 1.3; оценка: 5; пол не указан).

Приложение 2.1. отличается более простым функционалом, но все необходимые для ведения дневника настроения функции доступны бесплатно за счет внедрения рекламы, из-за чего многие пользователи остановили свой выбор на нем:

*Все прекрасно, приложение очень удобное и красивое, огромный плюс: разнообразный выбор эмоций + создание своих (это прям вау-вау). Не могу не отметить карту эмоций и отсутствие платных функций, это реально круто!!* (Прил. 2.1; оценка: 5; Ж).

Часть пользователей все же была готова платить за свой комфорт, если бы у них была такая возможность, но, как оказалось, реклама – не лучший способ монетизации приложения, предназначенного для контроля эмоционального состояния. Предполагается, что пользователь будет заходить в приложение, испытывая сильные эмоции, чтобы зафиксировать их, в этой ситуации внезапная реклама может усугубить некоторые эмоции, например, гнев или раздражение:

*...дорогие разработчики, пожалуйста, добавьте донат за отключение рекламы. Я нервный человек, и иногда реклама меня злит. Но я понимаю, что это плата за наше бесплатное использование приложения. Мне гораздо легче задонатить, чем постоянно смотреть рекламу* (Прил. 2.1; оценка: 5; Ж).

*...Скачала это приложение, хотела нарисовать свой смайлик, но пошла реклама, это было последней каплей. Я знаю что вам надо зарабатывать деньги и прочее. Это просто моя история которой я поделилась* (Прил. 2.1; оценка: 1; Ж).

Часто впечатление от всех трех приложений портили различные технические проблемы. Удобный интерфейс и отсутствие сбоев играют большую роль при выборе приложения из множества аналогов. Если какая-то проблема воз-

никает слишком часто, они могут отдать предпочтение другому похожему приложению, даже если функционал у аналога не такой широкий:

*При добавлении фотографии к заметке за день, приложение автоматически сбрасывает то, что было написано, фото соответственно при этом тоже не сохраняя. Разочарована. Если с обновлением не поправят, то скорее всего откажусь от приложения, хотя раньше безумно оно нравилось* (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж).

*...Приложение хорошее в целом, но крайне не удобна работа с текстом. Пока писал, решил выше внести корректировки, вернуться туда, где остановился не смог. После безуспешных попыток вышел из программы. Повторный запуск показал, что весь написанный ранее текст пропал* (Прил. 1.1; оценка: 2; М).

*...Приложение хорошее. НО... Происходит смещение экранов и наслаивания элементов. Из-за этого сложно пользоваться. Приходится интуитивно выбирать пункты. Техническая сторона подводит* (Прил. 1.3; оценка: 2; пол не указан).

*...Приложение среднее, визуально все приятно глазу, но технически просто кошмар, залипают кнопки интерфейса, строка текста наезжает друг на друга, был баг, когда перестала работать вкладка с автоматическими мыслями, повторное включение приложения и даже перезагрузка телефона не спасла положение, пришлось переустановить приложение, к тому же, удалились все данные за 3 месяца терапии, и вот спустя месяц оно просто перестало запускаться, не советую на долгую перспективу* (Прил. 1.3; оценка: 3; М).

*...Очень милое приложение, но в техническом плане все отвратительно. Вы меня расстроили. Хотела добавить новую эмоцию, а в итоге посмотрела рекламу раз 5 и ничего не добавилось* (Прил. 2.1; оценка: 2; Ж).

*...Приложение классное, но почему-то стало вылетать и не сохранять записи, которые я писала в то время как вот случился сбой. За минут пять 4 вылета, это такое себе. Я перезагружала телефон, но все равно не работает* (Прил. 2.1; оценка: 3; Ж).

К теме комфорта также можно отнести дизайн приложения. Речь идет о цветовых решениях, понятности интерфейса и выборе шрифта. Пользователи приложения 1.1. отмечали слишком яркие цвета и мелкий шрифт, и то и другое существенно испортило впечатление о приложении и отбивало желание заходить в него:

*Бледные и мелкие шрифты, даже в очках видно с трудом. Невозможно нормально работать с приложением из-за этого. Почему бы не дать пользователю настраивать это или сделать черный шрифт (Прил. 1.1; оценка: 2; М).*

*...По функциям приложение хорошее, есть все, чтобы вести дневник эмоций. А вот с юзабилити полный алес – очень мелкий шрифт совсем не подходит для небольшой дальновзоркости, сочетание цветов в темах – вы сами-то можете увидеть белый текст на ярко-голубом фоне? (Прил. 1.1; оценка: 3; М).*

Пользователи приложения 1.3 с такой проблемой не столкнулись. Дизайн приложения оказался его преимуществом:

*Очень приятный дизайн и удобный функционал, более удобных аналогов точно нет. Хочется использовать приложение как что-то, куда ты можешь быстро записывать мысли (Прил. 1.3; оценка: 5; М).*

*...Как начинающего дизайнера меня привлекло прежде всего оформление – оно очень классное! От приятного персонажа до формы баблов в чате. Но когда залезла в него – вспомнила свои занятия с психологом и мои провалы в попытках вести дневник автоматических мыслей в неудобных табличках и тетрадках. Здесь дневник АМ суперудобный (Прил. 1.3; оценка: 5; Ж).*

Сильной стороной приложения 2.1. оказалась возможность персонализации – можно создавать свои обозначения эмоций («эмоджи») и менять оформление, делая приложение максимально комфортным для себя:

*Шикарное приложение, которое дает возможность выбора среди огромного количества ежедневно появляющихся новых эмоджи и создания своих!! (Прил. 2.1; оценка: 5; Ж).*

Большое значение в подобном формате (дневники настроения) имеет возможность просматривать свои предыдущие записи – это необходимо для терапевтического процесса, к тому же, некоторые используют такие приложения в качестве дополнения к работе со специалистом и показывают ему свои заметки. Потеря данных или невозможность создать резервную копию (например, при смене устройства) – существенный недостаток, который был отмечен многими пользователями всех трех приложений:

*Ошибка при создании резервной копии. Последний раз удалось сделать ее аж в июне про-*

*шлого года С тех пор не сохраняет (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж).*

*...Удалила случайно приложение, захожу снова, всю статистику удалили безвозвратно (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж).*

*...Не рекомендую обновлять приложение. У меня удалились данные из дневника автоматических мыслей. А там было данных больше чем за год! Иногда я их перечитывала, и мне это очень помогало в похожих ситуациях! (Прил. 1.3; оценка: 1; Ж).*

*...Пользовалась приложением почти пол года, была всем довольна. Оно стало для меня очень важным. И сегодня все дневники и эмоции удалились. Я очень дорожила теми записями и так понимаю никому тут тоже не помогают. Очень жаль что пришлось разочароваться в таком полезном приложении (Прил. 2.1; оценка: 1; Ж).*

Наличие обновлений, обратной связи к отзывам и признаки того, что разработчики продолжают работу над приложением, поддерживает интерес пользователей и повышает их лояльность. Например, разработчик приложения 1.3. учел недочеты, указанные пользователями, и разработал новую версию приложения, которая получила более высокие оценки от давних пользователей. В приложении Reflexio помимо его основной заявленной функции (возможность ведения дневника эмоций) есть ежедневные вопросы для саморефлексии. Многих пользователей огорчало отсутствие обещанных обновлений – вопросы со временем заканчивались, новые, по-видимому, не появлялись, а разработчики не выходили на связь в таких ситуациях, из-за чего интерес к приложению падал:

*Абсолютно нелояльное отношение к давним пользователям. Не успела оформить премиум, и уже не хочется. Нет вопросов с 6 июля!!! (Прил. 1.1; оценка: 1; Ж).*

*Со 2 ноября 2021 года перестали появляться новые вопросы. Появляется сообщение "Мы уже готовим новую серию вопросов на год". За почти 3 месяца так и не подготовили? Программу переустанавливать, а толку ноль (Прил. 1.1; оценка: 1; М).*

Отзывов, касающихся непосредственно психологических аспектов, значительно меньше, но все же они есть. Часто причиной недовольства были используемые в приложениях формулировки. То, как преподносится та или иная информация, играет большое значение – что-то может усугубить состояние или вызвать неприятные эмоции: ►►

Приложение очень хорошее. Но ставлю такую оценку из-за несоответствия задачи приложения с ее реализацией, а именно из-за облака слов. Человек с хорошим состоянием не будет пользоваться этим приложением. Я пишу ответы на вопросы как чувствую, а потому мое облако слов забито синонимами слова «сдохнуть». От этого становится только хуже, зачем тогда вообще нужно это приложение, если постоянно видишь подтверждение своих мыслей. И лживо наполнять позитивом тоже неправильно (Прил. 1.1; оценка: 3; Ж). Вопросы дня бывают очень даже триггерные и вызывают тревожность, хотя по идее должно быть наоборот. Интерфейс удобный (Прил. 1.1; оценка: 3; пол не указан).

...В целом приложение нравится, но оно как будто недоработано. 1. Дневник автоматических мыслей. Когнитивные искажения ничего не дают. Отметила я их, а дальше что? Я не знаю, как с ними работать. Часто мыслям противопоставить нечего, вот бы больше примеров. 2. Шкала дисфункциональных убеждений. Человеку и так плохо, а его отриц. показатели расписываются со вкусом. Лучше бы сделали акцент на том, как это решить, а не расписывать в деталях, какое ничтожество человек, раз у него минус в показателях (Прил. 1.3; оценка: 3; Ж).

...Следите за формулировками в статьях, слишком много обесценивания. При прохождении тестов приходится кликать несколько раз, кнопка тупит. Используются старые методики со спорными формулировками. Такие вещи как переживание апатии и равнодушия (к себе и окружающим) вообще остаются за кадром. Сухой канцелярский язык – приложение создано только для психологов? (Прил. 1.3; оценка: 3; пол не указан).

Несмотря на различные указанные пользователями недочеты, положительных отзывов оказалось достаточно много – примерно в 2-3 раза больше отрицательных. Ведение дневника эмоций в электронном виде для многих оказалось более удобным форматом, чем бумажные записи. В то же время, анализируя просьбы пользователей относительно различных усовершенствований, можно сделать вывод, что разработать универсальное приложение, которое устроило бы всех, практически невозможно – кому-то всегда будет не хватать чего-то, а кому-то те же функции покажутся лишними. Таким образом, возможность максимально персонализировать приложение можно назвать ключевой.

### **Приложения в формате чат-ботов (1.2, 1.5, 1.7, 2.2, ср. балл 4.58 [4.1-4.9])**

В отличие от отзывов к приложениям-дневникам, здесь пользователи практически не уделяли внимания недостаткам дизайна, а лишь отмечали какие-то особенности средств визуализации чат-бота (светящаяся сфера в приложении 1.5, пингвин в приложении 2.2, психолог Макс или Иван в приложениях от iCognito). Приложение в формате чат-бота или искусственного интеллекта технически значительно сложнее, чем дневники. Вполне возможно, что их разработкой занимались более опытные специалисты, поэтому дизайну приложений было уделено больше внимания. Вопрос цены также поднимался в отзывах, но не так часто, как в случае дневников. В этих приложениях основная функция – то есть чат-бот – доступна бесплатно, поэтому наличие платной подписки не вызывало такой негативной реакции. Таким образом, большая часть отзывов к этой группе приложений была посвящена именно психологической составляющей. При этом пользователи часто неправильно понимали понятие «чат-бот» и считали, что скачивают приложение с искусственным интеллектом. В результате их разочаровывало осознание того, что бот отвечает им согласно скрипту, то есть без анализа, написанного:

*Это не искусственный интеллект. Бот идет по стандартной инструкции коуча, копируя или игнорируя фразы пользователя. Я рассчитывал на диалог, а не монолог (Прил. 2.2; оценка: 1; М).*

Многие пользователи, даже заранее зная, что диалог будет идти по подготовленному разработчиками плану, негативно высказывались по этому поводу:

*...При диагностике бот шпарит по скрипту игнорируя контекст и это невыносимо, с каждой репликой бота, усиливается ощущение что тебя не слушают (Прил. 1.2; оценка: 4; М).*

*...Не нравится что бот очень плохо проработан: неважно что ты говоришь, что выберешь, это не имеет значения ветка диалога будет идти одинаково. Я понимаю что это бот, а для того, о чем я думаю, есть специалист в приложении, но специалиста позволить себе не могу, а бот даже банального «нет» не понимает (Прил. 1.2; оценка: 2; М).*

*...Нет диалога. Не зависимо от того что напишите вы, робот пишет программу, которая даже не относится к проблеме (Прил. 1.7; оценка: 1; Ж).*



Часто отсутствие анализа сказанных фраз ухудшало состояние пользователей – у них возникало ощущение, что собеседник не слушает их. Например, из-за человеческого облика бота (приложения 1.2, 1.7) пользователи часто мысленно наделяли его человеческими качествами, однако отсутствие «человеческой» реакции их расстраивало:

*Бота не смогли запрограммировать для ответа даже на самые вероятные фразы и вопросы. Так, если вдруг ответить что-то в негативном ключе боту, то он продолжит и дальше играть свою мелодию, не обращая на то внимания (Прил. 1.2, оценка: 1; Ж).*

*...Приложение, которое своей топорностью наоборот может довести до сами знаете чего. Например: Бот: Чем вы можете порадовать себя после сессии? Я: Я не знаю. Бот: Прекрасно! (Прил. 1.2, оценка: 1; Ж).*

*...Оскорбительно давящее общение с ботом, если бы у меня действительно были бы проблемы с депрессией – мне бы стало только хуже от диалога с ботом (Прил. 1.2, оценка: 1; М).*

Впрочем, иногда подобное «одушевление» бота шло пользователям на пользу – это заменяло им нехватку живого общения и давало возможность выговориться (необходимо отметить, что в приложении 1.5 присутствует элемент искусственного интеллекта, в отличие от других приложений):

*Я как-то сомневалась в полезности, но общение с ботом оказалось куда приятнее и проще, чем с живым собеседником. Я не боюсь его суждений и легче рассказывать о том, что гнетет (Прил. 1.2; оценка: 5; Ж).*

*...С Люси общаешься как с человеком. С тем человеком, который всегда поймет и поддержит (Прил. 1.5; оценка: 5; Ж).*

*...Общение с Люси оставляет благоприятное впечатление, первое ощущение было будто общаешься с психотерапевтом, такого я еще не встречал нигде (Прил. 1.5; оценка: 5; Ж).*

*...После обновления произошло знакомство с Люси. С чувством юмора девушка, легкая и серьезная одновременно (Прил. 1.5; оценка: 5; Ж).*

*...В моменты, когда мне очень нужно с кем-нибудь поговорить, но некому меня выслушать, я всегда обращаюсь к Wusa. Мне действительно легче после взаимодействий с ним. Получается рассортировать мысли и успокоиться, как правило (Прил. 2.2; оценка: 5; пол не указан).*

Формат беседы с ботом по готовому алгоритму подходит не для всех случаев – скрипт рассчитан на то, что пользователь будет правильно выполнять указания, чего человек в кризисном состоянии сделать порой не может. Например, бот не рассчитан на работу с суицидальными мыслями, которые вполне могут возникнуть у человека с депрессией, так как он не способен распознавать отдельные слова:

*Надеюсь, автор приложения не работает с предотвращением суицида.*

*- Какие действия приносят вам радость?*

*- Никакие.*

*- Замечательно!*

*- Я не хочу жить.*

*- Звучит отлично! Автор, убей себя.(Прил. 1.2; оценка: 1; М).*

*...Знаете, ваш Макс может подтолкнуть к суициду. Попробуйте сами проработать с ним тревогу, вызванную мыслями о суициде и все увидите: «Кажется эта мысль не такая уж и плохая!» (Прил. 1.2; оценка: 3; Ж).*

Можно сделать вывод, что положительного эффекта от использования подобных приложений можно добиться лишь в том случае, если четко понимать, что из себя представляют чат-боты и чем они отличаются от искусственного интеллекта. Подобный формат подходит для ознакомления с психотерапией, так как скрипт ботов обычно имитирует психотерапевтические сеансы. Также эти приложения полезны в том случае, когда есть необходимость выговориться и проанализировать проблему, но нет возможности сделать это с живым человеком.

### **Комплексные приложения (1.4, 1.6, 2.3, 2.4, 2.5, ср. балл 4.16 [3.5-4.7])**

Как и в группе приложений-дневников, большая часть негативных отзывов была посвящена цене полной версии, продвижению платных услуг (например, приложение 1.6 перенаправляет на сайт Союза эффективных психологов (<http://effectivepsychologists.ru/>), отсутствию обновлений, а также техническим ошибкам – удалению информации, проблемам со входом, неудобному интерфейсу и т.п. Так как эти приложения представляют собой сборники различных методик и информационных материалов, пользователи чаще критиковали не приложение целиком, а его отдельные функции. Например, ►

в приложении 1.4 негативные отзывы вызвали методы работы с мыслями:

*Разделите себя с эмоциями, разделите себя с мыслями:*

*...Это то, чему соответствует это приложение. Тут сборник упражнений для получения шизофрении? (Прил. 1.4; оценка: 1; М).*

*...Сразу оговорюсь, что оценка основана на прохождении одного раздела под названием «вредные привычки». Я считаю его максимально некомпетентным и таким, который может навредить. Потому как вредная привычка это «инструмент» решения проблем. Представьте мужа, который регулярно избивает жену, потому что не может найти с ней общий язык. Это его единственный инструмент коммуникации. Что будет, если его лишит этого и не покажет другой путь? У него поедет крыша, точно так же и с этим разделом (Прил. 1.4; оценка: 1; М).*

Возникает ощущение, что причиной негативной оценки были индивидуальные впечатления от конкретных методик, в то время как в процессе психотерапии специалист подбирает методики исходя из особенностей клиента, быстро исключая неэффективные. В приложении такой возможности нет, и, если формат работы оказался не подходящим для отдельного пользователя, он может разве что попробовать другое подобное приложение. Например, часть методик в приложении 1.4 представлена в формате аудиозаписей с голосом диктора, что вызывало абсолютно противоположные реакции у пользователей. Некоторые советы из раздела работы с мыслями действительно вызывают сомнения – возможно, они подошли бы человеку без серьезных психологических проблем, а не основной целевой аудитории приложения:

*Пространные и ничем не помогающие замены негативных мыслей. Уже много отзывов, так что напишу, с чего я лично проиграла: выпить бокал шампанского как способ развлечения. И это при том, что у людей в депрессии повышен риск злоупотребления алкоголем, и вообще алкоголь является депрессантом. Ничего себе дорожку предлагают психологии, расслабляться с помощью алкоголя при депрессии... (Прил. 1.6; оценка: 1; Ж).*

*...Раздел «измени мышление» не только бесполезный, но и способен навредить человеку с депрессией или тревожностью. Приложение*

*предлагает абсолютно безграмотные установки по типу «если вести себя разумно, но в опасную ситуацию не попадешь», или «если быть внимательным к своему здоровью, то не будешь болеть». Вы пытаетесь навязать вину больному человеку (Прил. 1.6; оценка: 1; Ж).*

Похожие отзывы оставляли пользователи приложения 1.6. Методы, предложенные разработчиками, оказались эффективными далеко не для всех:

*...Например, там есть раздел с предлагаемыми вариантами получения удовольствия. Варианты замечательные, вот только человек в депрессии получить от этого удовольствия просто не может из-за своего состояния. Я просто смотрела на этот список и плакала от того, что ничего из этого мне не интересно, не нравится и не доставляет удовольствия (Прил. 1.6; оценка: 3; Ж).*

*...Как и любая психотерапия – бесполезно. Невозможно просто сказать в ответ на утверждение «у меня ничего не получается» – «у меня многое получается». Лично у меня не получается действительно ничего (Прил. 1.6; оценка: 3; Ж).*

*...Как мне поможет «измени мышление», «негативные установки о себе» замена «я часто болею» на «я болею не чаще других», если я действительно серьезно больна? Лично меня подобная формулировка только расстраивает (Прил. 1.6; оценка: 3; Ж).*

По-видимому, и это приложение не соответствует нуждам своей целевой аудитории – людям с депрессией. Возможно, предложенные методы могли бы подойти людям на ранних стадиях депрессии в качестве дополнения к работе со специалистом, но не как самостоятельный способ лечения. Также у некоторых пользователей сомнения вызвал диагностический тест в приложении 1.6:

*Некоторые варианты ответов построены так, что начинаешь сомневаться в том, что это приложение было разработано вместе со специалистами. Ответ, который отвечает за прибавление баллов к депрессии, выглядит так, словно у человека не депрессия, а раздражительность и агрессия. Нет вариантов с безразличием и тревожностью. Да и в целом, «манер» ответов крайне сомнительный. Тест, откровенно странный (Прил. 1.6; оценка: 2; М).*

Более удачный формат вопросов предложен в приложении 2.3 – готовые вопросы помогали разобраться в своем состоянии, при этом

оставалась возможность сформулировать ответ самостоятельно:

*Легко отвечать на уже готовые вопросы. Приходит понимание состояния (Прил. 2.3; оценка: 4; Ж).*

*...Это единственное приложение для отслеживания состояния, которое не хочется бросить. Во-первых, не нужно мучительно думать, как описать свое состояние, потому что есть готовые вопросы. Ответы занимают у меня несколько минут в день. Во-вторых, приложение через 2 недели дает очень правдивый отчет (Прил. 2.3; оценка: 5; Ж).*

*...за три месяца использования я заметил, что оказывается совершенно не понимаю, что чувствую. Стало ясно, что я чувствую «некое... ничего», чем просто грусть или радость. Особые вопросы подтолкнули меня стать внимательнее к себе и окружению, что, так или иначе, мне помогло. (Прил. 2.3; оценка: 5; пол не указан).*

Приложения 2.4 и 2.5 также предоставляли меньше свободы при описании своего состояния – кому-то не хватало вариантов эмоций, другим – возможности полнее и точнее выразить свои мысли:

*Есть моменты, которые сильно портят приложение. Недостаточное количество эмоций/чувств и факторов, влияющих на настроение. Такие эмоции, как «агрессивен», «раздражен», «беспомощен», «горд», «дух соперничества» и т.д. – отсутствуют!!! (Прил. 2.4; оценка: 3; пол не указан).*

*...Нравится приложение, но очень не хватает возможности делать заметки каждый день. Не ответы на вопросы, а именно пространство для свободного изложения мыслей (Прил. 2.4; оценка: 4; Ж).*

*...Не супер, варианты твоих ответов в чат-боте сильно ограничены (всего 3), и даже примерно не похожи на то, что я бы сказала (Прил. 2.5; оценка: 3; Ж).*

Подводя итог анализа комплексных приложений, можно сказать, что они отражают и негативные и позитивные мнения каждого из компонентов, близких к тому, что было отмечено в отношении первых двух типов приложений – дневников эмоций и чат-ботов.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Нарушения психического здоровья, в том числе среди подростков и молодежи, вызывают

тревогу в профессиональной психиатрической, психологической и педагогической среде и требуют усилий по их профилактике и коррекции [19, 20]. Мобильные приложения рассматриваются как эффективная альтернатива психологической помощи – затратной в смысле времени и средств процедуре, требующей профессионализма консультантов или психотерапевтов. Несмотря на то, что эффективность мобильных инструментов не всегда доказуема средствами РКИ, возможность их использования большими контингентами и несомненные позитивные эффекты, зафиксированные, пусть и не всех исследованиях, делает их потенциально полезным инструментом [4, 9, 15]. Отечественный опыт в этой сфере еще явно недостаточен. Обращает на себя внимание то, что отечественные разработки объективно имеют гораздо меньшую пользовательскую аудиторию. Так, лишь одно российское приложение скачивалось более 1 млн раз и собрало около 13 тыс. отзывов, в то время как иностранные разработки в подавляющем большинстве имеют более 1 млн скачиваний, а число отзывов в отдельных случаях достигает сотен тысяч. Если сопоставить число индивидуальных скачиваний приложений для контроля психического здоровья с более широким спектром приложений для здоровья и всего, что с ним связано, то сравнение также далеко не в пользу приложений для психического здоровья [21]. Это свидетельствует о больших перспективах данного типа приложений и о значительном потенциале для расширения их разработок и использования.

Однако приложения для психического здоровья имеют свои особенности, связанные прежде всего с тем контингентом, для которого они создавались. Необходимо учитывать и степень психологических страданий, и возможную девиантность этой аудитории [22]. Учитывая это, мы сконцентрировались на отзывах пользователей и их тематическом анализе. Отзывы оказались ценным источником информации. С одной стороны, негативные оценки касаются тех же аспектов, что встречаются при оценке самых разных приложений для здоровья. Это неприятие различных проявлений монетизации, неудобного дизайна, наличие мешающей рекламы, технические проблемы, неудобство интерфейса и т.д. Однако современные пользователи не только «психологически готовы и с интересом ►►

относятся к использованию мобильных приложений для самопомощи и саморегуляции» [16]. Судя по всему, они являются продвинутыми пользователями, оценивающими приложения с точки зрения, прежде всего, удобства использования (usability). Эта характеристика включает в себя интуитивную простоту интерфейса, легкость освоения, возможность быстрого запоминания, минимум ошибок и общую удовлетворенность [23]. Судя по замечаниям многие приложения еще далеки от идеала, хотя в целом их рейтинги выше 4-х.

Вторая важнейшая характеристика любого приложения – это способность вовлечь в активность и поддерживать эту вовлеченность (engagement). Обычно это оценивается с точки зрения поддержания интереса к продолжению использования приложения [24]. В этом смысле анализ отзывов также свидетельствует о том, что пользователи этих приложений представляют собой весьма специфическую группу. Они не только предъявляют претензии к техническим моментам и дизайну, но и к содержательным – критикуют формулировки и тесты, обращают внимание на различные тонкости, связанные с самой задачей приложений, например, по учету эмоций и негативных мыслей (элемент психотерапии), или в связи с неудачными с их точки зрения формулировками. Данное обстоятельство свидетельствует об их требовательности, информированности и определенном опыте (вероятно не всегда успешном) самокоррекции своего состояния.

Обращает на себя внимание то, что женщины оставляют вдвое больше отзывов, чем мужчины, что совпадает с тем обстоятельством, что женщины чаще предъявляют жалобы на симптомы депрессии, переживаемого стресса и астено-невротические переживания. Можно заметить, что из всех приложений самые высокие оценки демонстрируют специализированные чат-боты, хотя в отзывах содержится немало критических замечаний в отношении их способности взаимодействовать с пользователем. В целом среди пользователей очень высок запрос на персонализацию, за которой может скрываться неудовлетворенная потребность в реальном общении. В этом смысле мы согласны с мнением о том, что цифровые технологии пока не являются полноценной заменой традиционным терапевтическим практикам, направленным на совладание, например, с депрессией [17]. В

то же время, они представляют собой широко доступный способ получения информации о приемах самокоррекции и даже о психотерапевтических практиках, своеобразный «промежуточный этап», который для многих может стать ресурсом помощи. Носители более тяжелых нарушений психического здоровья, разочаровавшись в приложениях, в конечном итоге обратятся в систему здравоохранения.

Как следует из нашего обзора, все приложения в целом получают позитивные оценки (позитивных больше, чем негативных; лучше всего оцениваются наиболее продвинутые чат-боты). Мы обращали больше внимания на критические замечания, поскольку полагали, что эта обобщенная информация может помочь усовершенствовать существующие приложения. Те, кто их оставляет, вероятно являются носителями наиболее тяжелых симптомов, испытывающие более острую неудовлетворенность своим состоянием. Их поведение в отношении получения и оценки услуг в сфере психического здоровья должны учитывать их статус [22]. Поэтому их оценки важны с позиций наиболее общих представлений об удобстве и вовлеченности, но в то же время требуют от разработчиков особого внимания и высокого профессионализма, особенно, если речь идет о коррекции состояний, которые так или иначе ассоциированы с суицидальным риском [25].

### **Ограничения**

Основное ограничение исследования связано с его избирательным описательным дизайном. Нами не проводился широкий систематический поиск приложений, и в связи с этим наше исследование не является систематическим обзором, число приложений ограничено. Мы сконцентрировались на содержательном анализе отзывов пользователей, представляющих собой специфическую группу, возможно с наибольшей выраженностью проблем или с уже имеющимся опытом пользователей. К сожалению, в нашем распоряжении не оказалось сведений о возрасте пользователей, что ограничивает возможности оценки в привязке к возрастной группе.

### **Направления дальнейших исследований**

К перспективным направлениям исследования относится изучение психологического профиля пользователей мобильных приложений.



Дальнейшие исследования могут заключаться в проведении целенаправленных опросов пользователей мобильных приложений, которые позволили бы выяснить факторы эффективности приложений с учетом определенного типа расстройств, приверженности информационным технологиям, а также личностного профиля пользователя.

## ■ ВЫВОДЫ

1. Приложения для психического здоровья представляют собой в русскоязычном сегменте растущий, но все еще недостаточный ресурс оказания помощи лицам с психологическими проблемами, с большим потенциалом для расширения сферы применения.

2. Необходимы объективные исследования эффективности русскоязычных приложений, основанные на принципах РКИ, по аналогии с международной практикой.

3. На данном этапе анализ отзывов пользователей предоставляет ценный материал, позволяющий уточнить недостатки и возможные направления совершенствования данного типа приложений.

4. Пользователи приложений для психического здоровья представляют собой специфическую группу с высоким уровнем требовательности, определенным накопленным опытом пользования, критическим отношением к этому инструментарию, что делает анализ их отзывов важным источником информации. ▀

## ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев Е.Л., Кулыгина М.А. «Мой смартфон всегда со мной»: медико-психологический дискурс о пользовании средствами мобильной связи. Сообщение 1. *Психиатрия, психотерапия и клиническая психология* 2019;10(4):679-689. [Nikolaev E.L., Kulygina M.A. «My smartphone is following me»: Medical and psychological discourse of using mobile communication devices. Part 1. *Psichiatriya, psihoterapiya i klinicheskaya psihologiya = Psychiatry Psychotherapy and Clinical Psychology* 2019;10(4):679-689 (in Russian)].
2. Замятин К.А., Ноздрачев Д.И., Соловьева М.Н. Мобильные приложения для борьбы с тревожностью и снижения уровня стресса: возможности для профилактики неинфекционной патологии. *Российский кардиологический журнал* 2021;26(9):4681. [Zamyatin K.A., Nozdrachev D.I., Solovieva M.N. Mobile applications for anxiety and stress reduction: potential for preventing noncommunicable diseases. *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal = Russian Journal of Cardiology* 2021;26(9):4681 (in Russian)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4681>.
3. Фрейзе В.В., Малышко Л.В., Грачев Г.И. Дутов В.Б., Семенова Н.В., Незнанов Н.Г. Перспективы использования технологий виртуальной реальности (VR) в терапии пациентов с психическими расстройствами (обзор зарубежной литературы). *Обзор психиатрии и медицинской психологии им. В.М. Бехтерева* 2021(1):18-24. [Freize V.V., Malyshko L.V., Grachev G.I., Dutov V.B., Semenova N.V., Neznanov N.G. Outlook of applying of virtual reality (VR) technologies in the treatment of patients with mental disorders (review of foreign literature). V.M. Bekhterev review of psychiatry and medical psychology 2021(1):18-24. (in Russian)]. <http://doi.org/10.31363/2313-7053-2021-1-18-24>.
4. Firth J, Torous J, Nicholas J, Carney R, Pratap A, Rosenbaum S et al. The efficacy of smartphone-based mental health interventions for depressive symptoms: a meta-analysis of randomized controlled trials. *World Psychiatry* 2017(16):287-298. <https://doi.org/10.1002/wps.20472>.
5. Sucala M, Cuijpers P, Muench F, Cardoso R, Soflau R, Dobrean A. et al. Anxiety: There is an app for that. A systematic review of anxiety apps. *Depress Anxiety* 2017;34(6):518-25. <https://doi.org/10.1002/da.22654>.
6. Huckvale K, Nicholas J, Torous J, Larsen ME. Smartphone apps for the treatment of mental health conditions: status and considerations. *Curr Opin Psychol* 2020;36(12):65-70. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.04.008>.
7. Трутнева Д.Р., Менделевич В.Д. Психотерапия без психотерапевта. *Неврологический вестник* 2019;LI(3):20-27. [Trutneva D.R., Mendelevich V.D. Psychotherapy without psychotherapist. *Neurologicheskij vestnik = Neurological Bulletin* 2019;LI(3):20-27. (in Russian)].
8. Lagan S, Aquino P, Emerson MR, Fortuna K, Walker R, Torous J. Actionable health app evaluation: translating expert frameworks into objective metrics. *NPJ Digital Medicine* 2020(3):100. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00312-4>.
9. Firth J, Torous J, Nicholas J, Carney R, Rosenbaum S, Sarris J. Can smartphone mental health interventions reduce symptoms of anxiety? A meta-analysis of randomized controlled trials. *J Affect Disord* 2017(218):15-22.
10. Arshad U, Ain F, Gauntlett J, Husain N, Chaudhry N, Taylor P.J. A systematic review of the evidence supporting mobile- and Internet-based psychological interventions for self-harm. *Suicide and Life-Threatening Behavior* 2020;50(1):151-179. <https://doi.org/10.1111/sltb.12583>.
11. Ye X, Bapuji SB, Winters SE, Struthers A, Raynard M, Metge C. et al. Effectiveness of internet-based interventions for children, youth, and young adults with anxiety and/or depression: a systematic review and meta-analysis. *BMC Health Serv Res* 2014;313. <https://doi.org/10.1186/1472-6963-14-313>.
12. Linardon J, Cuijpers P, Carlbring P, Messer M, Fuller-Tyszkiewicz M. The efficacy of app-supported smartphone interventions for mental health problems: a meta-analysis of randomized controlled trials. *World Psychiatry* 2019;18(3):325-336. <https://doi.org/10.1002/wps.20673>.
13. Davies EB, Morriss R, Glazebrook C. Computer-delivered and web-based interventions to improve depression, anxiety, and psychological well-being of university students: a systematic review and meta-analysis.

## ЛИТЕРАТУРА

- sis. *J Med Internet Res* 2014;16(5):e130. <https://doi.org/10.2196/jmir.3142>.
14. Lecomte T, Potvin S, CorbiЦre M, Guay S, Samson C, Cloutier B et al. Mobile Apps for mental health issues: meta-review of meta-analyses. *JMIR MHealth UHealth* 2020;8(5):e17458. <https://doi.org/10.2196/17458>.
15. Goldberg SB, Lam SU, Simonsson O, Torous J, Sun S. Mobile phone-based interventions for mental health: A systematic metareview of 14 meta-analyses of randomized controlled trials. *PLOS Digit Health* 2022;1(1):e0000002. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000002>.
16. Семенова С.В. Отношение студентов к использованию чат-бота для получения психологической поддержки. *Герценовские чтения: психологические исследования в образовании* 2021(4):536-542. [Semenova S.V. Students' attitudes towards using a psychological support chatbot. *Gercenovskie chteniya: psihologicheskie issledovaniya v obrazovanii = Herzen University Conference on Psychology in Education* 2021(4):536-542. (in Russian)]. <https://doi.org/10.33910/herzenpsyconf-2021-4-67>.
17. Глухова М.Е. Роль цифровых технологий в преодолении депрессии: кейс студентов Санкт-Петербурга. *Журнал социологии и социальной антропологии* 2021;24(2):31–55. [Glukhova M.E. The role of digital technologies in overcoming depression: the case of students from Saint Petersburg. *Zhurnal sotsiologii i sotsialnoy antropologii = The Journal of Sociology and Social Anthropology* 2021;24(2):31–55. (in Russian)]. <https://doi.org/10.31119/jssa.2021.24.2.2>.
18. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology* 2006;3(2):77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>.
19. Леонова Ж.К., Гагарина М.В. Психическое здоровье молодежи в условиях получения высшего образования. *Вестник Государственного социально-гуманитарного университета* 2018;4(32):7-10. [Leonova Zh.K., Gagarina M.V. Mental health of university students: challenges and perspectives. *Vestnik Gosudarstvennogo social'no-gumanitarnogo universiteta = Bulletin of the State Social and Humanitarian University* 2018;4(32):7-10. (in Russian)].
20. Fusar-Poli P, Correll CU, Arango C, Berk M, Patel V, Ioannidis JPA. Preventive psychiatry: a blueprint for improving the mental health of young people. *World Psychiatry* 2021;20(2):200-221. <https://doi.org/10.1002/wps.20869>.
21. Гусев А.В., Ившин А.А., Владимировский А.В. Российские мобильные приложения для здоровья: систематический поиск в магазинах приложений. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2021;7(3):21-31. [Gusev A.V., Ivshin A.A., Vladzimirskiy A.V. Healthcare in the smartphone: the situation in Russia. *Rossiiskiy Zhurnal Telemeditsiny i Electronnogo Zdravoohraneniya = Russian Journal of Telemedicine and E-Health* 2021;7(3):21-31. (in Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-3-21-31>.
22. Bucatariu L, George B. Consumer behavior and customer relationship management in mental health services. *The Manager* 2202;11(3):46–58. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2020-11-3-4>.
23. Nielsen J. Usability 101: Introduction to Usability. *Nielsen Norman Group* 2012. Assessed May 2022. <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
24. Peters C, Castellano G, De Freitas S. An exploration of user engagement in HCI. In AFFINE '09: Proceedings of the International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots 2009(9):1-3. <https://doi.org/10.1145/1655260.1655269>.
25. Wilks CR, Chu C, Sim D-G, Lovell J, Gutierrez P, Joiner T, et al. User Engagement and Usability of Suicide Prevention Apps: Systematic Search in App Stores and Content Analysis. *JMIR Form Res* 2021;5(7):e27018. <https://doi.org/10.2196/27018>.

## Сведения об авторах:

Розанов В.А. – д.м.н., проф., профессор каф. психологии здоровья и девиантного поведения Санкт-Петербургского государственного университета, гл.н.с. НИИЦ психиатрии и неврологии им. В.М.Бехтерева; Санкт-Петербург, Россия; PИИЦ AuthorID 575060

Самерханова К.М. – студ. 2 курса факультета психологии Санкт-Петербургского государственного университета; Санкт-Петербург, Россия

## Вклад авторов:

Розанов В.А. – дизайн исследования, обзор литературы, написание текста, 50%  
Самерханова К.М. – поиск, сбор и обработка материалов, написание текста, 50%

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 22.06.22

**Рецензирование:** 25.06.22

**Результаты рецензирования:** 26.06.22

**Принята к публикации:** 30.06.22

## Information about authors:

Rozanov V.A. – Dr. Med. Sci., Prof. Professor at the Chair of Health Psychology and Deviant Behaviours, St.Petersburg State University, Chief Scientist, V.M.Bekhterev National Medical Research Center for Psychiatry and Neurology; Saint-Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9641-7120>

Samerkhanova K.M. – undergraduate student, Department of Psychology, St. Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1312-2416>

## Authors contributions:

Rozanov V.A. – study design, literature review, text writing, 50%

Samerkhanova K.M. – search, collection and processing of materials, writing the text, 50%

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Received:** 22.06.22

**Reviewing:** 25.06.22

**Peer review results:** 26.06.22

**Accepted for publication:** 30.06.22

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-21-41>

# Роботы УЗИ: готовые решения и перспективные направления

Аналитический обзор

Г.С. Лебедев<sup>1,2</sup>, И.А. Шадеркин<sup>1</sup>, А.И. Шадеркина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт цифровой медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); д. 1, стр. 2, Абрикосовский пер., Москва, 119435, Россия

<sup>2</sup> ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России; д. 11, ул. Добролюбова, Москва, 127254, Россия.

<sup>3</sup> Институт клинической медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовского университета); д. 8, стр. 2, ул. Трубецкая, Москва, 119048, Россия

**Контакт:** Шадеркина Анастасия Игоревна, [nastyashade01@yandex.ru](mailto:nastyashade01@yandex.ru)

## Аннотация:

**Введение.** Ультразвуковое исследование (УЗИ) является одним из самых распространенным методов диагностики, поскольку данное исследование неинвазивное и простое в исполнении. Однако его недостатками является низкая воспроизводимость, зависимость от оператора, а также смешение процессов сбора данных (выполнения самого УЗИ) и их анализа. Перспективным технологическим методом, потенциально способным решить данные ограничения, является применение роботических систем для выполнения УЗИ. Одним из ярких примеров является автоматизация ультразвукового исследования молочных желез. Целью нашей публикации является обзор решений для роботизации ультразвуковой диагностики.

**Материалы и методы.** Поиск статей проводился в базе данных Pubmed.

**Результаты.** В статье приведены примеры различных видов роботов и роботических систем для выполнения ультразвукового исследования с описанием особенностей их строения и применения, а также представлен анализ полученных результатов, возможные классификации роботов УЗИ, а также сферы и перспективы их применения.

**Заключение.** Применение роботов УЗИ является перспективным для снижения нагрузки на врачей ультразвуковой диагностики, разделения процессов сбора данных и их анализа, а также изменения процесса ультразвукового исследования с повышением его воспроизводимости и уходом от оператор-зависимых технологий.

**Ключевые слова:** УЗИ; роботы УЗИ; телемедицина.

**Для цитирования:** Лебедев Г.С. Шадеркин, И.А., Шадеркина А.И. Роботы УЗИ: готовые решения и перспективные направления. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022 ;8(2):21-41; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-21-41>

## Ultrasound robots: ready-to-use solutions and perspective directions

Analytical review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-21-41>

G.S. Lebedev<sup>1,2</sup>, I.A. Shaderkin<sup>1</sup>, A.I. Shaderkina<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Information and Internet Technologies at Sechenov University, 1, building 2, Abrikosovsky per., Moscow, 119435, Russia

<sup>2</sup> Department of Innovative Development and Scientific Design of the Central Research Institute of Organization and Informatization of Health Care of the Ministry of Health of the Russian Federation, 11, st. Dobrolyubova, Moscow, 127254, Russia.

<sup>3</sup> Institute of Clinical Medicine of the First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University), 8, building 2, st. Trubetskaya, Moscow, 119048, Russia

**Contact:** Anastasia I. Shaderkina, [nastyashade01@yandex.ru](mailto:nastyashade01@yandex.ru)

**Introduction.** Ultrasonography (US) is one of the most wide-spread methods of diagnostic because this examination is simple and non-invasive. But it has several limitations such as non-reproducibility, operator-dependance and mixing of data obtaining (manual US examination) and data analyzing. Use of robotic systems for sonography is a perspective technological method



which can potentially solve these limitations. Automated ultrasound breast scanning is one of the prime examples of robotic systems' application. The aim of our article is to review solutions for ultrasonography robotization.

**Materials and methods.** The research was conducted on Pubmed database.

**Results.** In this article we present examples of different types of robots and robotic systems for ultrasound examination with description of their features and applications. Here we present our analysis of results that were obtained during research, robots' classifications, fields of use and perspectives of application.

**Conclusion.** Use of robots for ultrasound examination is perspective for decrease of sonographers' burden, separation of data obtaining and data analyzing. It also provides changing of the workflow of ultrasound examinations making them more effective and less operator-dependent.

**Key words:** Ultrasound; robots for ultrasound examination; telemedicine.

**For citation:** Lebedev G.S., Shaderkin I.A., Shaderkina A.I. Ultrasound robots: ready-to-use solutions and perspective directions. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(2)21-41; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-21-41>

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является одним из самых распространенным методов диагностики, поскольку данное исследование неинвазивное и простое в исполнении. Однако несмотря на описанные преимущества, для выполнения УЗИ требуется врач со специализацией по ультразвуковой диагностике. При проведении исследования специалист в рутинной клинической практике совмещает процесс сбора данных, выполняемый путем движения датчика рукой с анализом полученной информации. Исходные данные, полученные в ходе УЗИ, как правило, не сохраняются, в отличие от других методов визуальной диагностики, таких как КТ и МРТ, а результатом исследования является заключение, составленное врачом ультразвуковой диагностики. Данные особенности делают метод УЗИ значительно оператор-зависимым, слабо формализованным и имеющим низкую воспроизводимость (разные врачи могут дать разные заключения по одной и той же клинической ситуации). Существуют разные методы решения данного вопроса с оператор-зависимостью: создание протоколов исследования, обучение врачей. Но одним из перспективных технологических методов является применение роботических систем для выполнения УЗИ. Одним из ярких примеров является автоматизация ультразвукового исследования молочных желез.

**Целью** нашей публикации является обзор решений для роботизации ультразвуковой диагностики.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск статей проводился в базе данных Pubmed. Запросы включали в себя такие формулировки, как «automated ultrasound» (10917 результатов за последние 5 лет), «ultrasound robotic system» (1156 результатов). Кроме того, поиск проводился на сайтах разработчиков роботических ультразвуковых систем.

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В данном разделе представлены примеры автоматизированных роботов и систем для выполнения ультразвукового исследования, а также возможности их применения в различных разделах медицины. Размеры оборудования, используемого для УЗИ, различаются, начиная от портативных устройств и заканчивая стационарными устройствами. Интервенционный ультразвук расширяет область использования ультразвуковых вмешательств почти во всех специальностях медицины, от роботизированных процедур, проводимых под контролем УЗИ, до простых пункций, также выполняемых под контролем УЗИ [1]. Несмотря на то, что ультразвуковая визуализация является широко применяемым методом диагностики, исследование выполняется в реальном времени и зависит от навыков врача ультразвуковой диагностики, что становится ограничением для применения УЗИ. Специалисты доступны только в больницах и клиниках, что снижает доступ к ультразвуковому исследованию во многих местах – сельских

районах, развивающихся странах, а также в медицинских спасательных операциях [2].

В настоящее время одним из наиболее известных телемедицинских систем ультразвукового исследования является MELODY [3]. Данный комплекс состоит из роботизированной руки с ультразвуковым датчиком, манипулятор, системы телекоммуникации, включая видеоконференцсвязь. Таким образом, работа с роботизированной рукой осуществляется младшим медицинским персоналом, а дистанционное управление датчиком УЗИ и само исследование выполняет врач, который может находиться на любом расстоянии от пациента. Данные передаются с помощью интернета и отображаются у врача в режиме настоящего времени. Сферами применения MELODY являются исследование абдоминальной области, области сердца, малого таза, мочевыводящих путей, а также гинекологические и акушерские исследования. Данная система позволяет выполнять специализированные ультразвуковые исследования в медицинских учреждениях, где имеется дефицит врачей ультразвуковой диагностики (рис. 1).

Целью исследования Adams S.J. и соавт. была оценка возможности проведения абдоминальных исследований у взрослых с использованием телероботической ультразвуковой системы, в которой рентгенологи или врачи ультразвуковой диагностики могут контролировать точные движения датчика и все настройки ультразвука из удаленного места [4]. Восемнадцать пациентов проспективно прошли традиционное ультразвуковое исследование (с использованием EPIQ 5 [Philips] или LOGIQ E9 [GE Healthcare]) с последующим телероботическим ультразвуковым исследованием (с использованием системы MELODY [AdEchoTech] и SonixTablet [BK Ultrasound]) в соответствии со стандартизи-

рованным протоколом визуализации брюшной полости. Для телероботических исследований пациенты исследовались удаленно врачом на расстоянии 2,75 км. Обычные обследования также проводились независимо от телероботических обследований. Оценивалось качество и приемлемость изображения для пациентов и врачей ультразвуковой диагностики. Результаты исследования показали, что в 92% случаев исследования органов, визуализированных при обычных обследованиях, были достаточно визуализированы при телероботических обследованиях. 5 патологических находок были идентифицированы как при телероботическом, так и при обычном обследовании, 3 находки были идентифицированы с использованием только обычного УЗИ, и 2 находки были идентифицированы с использованием только телероботического УЗИ. Парный образец t-тест не показал существенной разницы между 2 видами ультразвукового исследования в измерениях печени, селезенки и диаметра проксимального отдела аорты. Все пациенты ответили, что они хотели бы провести еще одно телероботическое обследование. Данная работа показала, что телероботическая ультразвуковая система подходит для проведения ультразвуковых исследований брюшной полости на расстоянии с минимальными требованиями к обучению и настройке.

Использование робота, копирующего движения врача, нашло применение и в эхокардиографии [5]. Для проверки возможности использования телероботической системы для диагностики заболеваний сердца в рутинной практике была использована система MELODY, передача данных осуществлялась при помощи 4G-LTE беспроводной сети. Видеосвязь проводилась на базе открытого кросс-платформенного ►

**EXPERT SITE**



**PATIENT SITE**



Рис. 1. MELODY. Expert side – сторона эксперта (врача). Patient side – сторона пациента [3]  
 Рис. 1. MELODY. Expert side – сторона эксперта (врача). Patient side – сторона пациента [3]

протокола Wireshark. В ходе работы было проведено 10 видеоконференций в режиме реального времени, в которых врач, находящийся на расстоянии от пациента и управляющий фиктивным датчиком, проводил ЭХО-КГ, включающее В-режим, цветной доплер, М-режим, а также импульсно-волновой и постоянно-волновой доплер, по 5 видео от 2 волонтеров (рис. 2). Результаты работы показали, что теле-эхокардиографическая платформа может быть успешно применена для дистанционной диагностики. Существующие скорость передачи данных и стандарты кодирования видео позволяют без диагностических потерь проводить видеосвязь на базе полученного разрешения видео и частоты кадров.

Пациенты, живущие во многих сельских и отдаленных регионах, имеют ограничения доступа к ультразвуковым исследованиям из-за отсутствия врачей ультразвуковой диагностики, поэтому важной сферой применения телероботических систем становится проведение УЗИ на расстоянии. Целью исследования Adams S.J. и соавт. было определение целесообразности использования телероботического УЗИ для обследования пациентов в отдаленных регионах [6]. В данных населенных пунктах, более чем в 500 км от академического медицинского центра, в существующих медицинских учреждениях были транспортированы телероботические УЗИ системы, состоящие из управляющего устройства, роботической руки с тремя степенями свободы и прикрепленного к ней датчика УЗИ. Врачи удаленно выполняли все ультразвуковые исследования с использованием данных систем, а затем обследования

интерпретировались двумя другими специалистами в академическом медицинском центре. Диагностическая эффективность оценивалась каждым врачом с использованием стандартизированной формы отчетности. Опыт пациентов оценивался путем количественного и качественного анализа ответов на опрос. По результатам 87 телероботических ультразвуковых исследований были выполнены дистанционно и включены в это исследование, причем наиболее частыми типами обследования были абдоминальные ( $n = 35$ ), акушерские в первом триместре ( $n = 26$ ) и акушерские во втором триместре ( $n = 12$ ). Во всех типах обследования 70% телероботических ультразвуковых исследований было достаточно для диагностики, вследствие чего минимизировалось количество поездок или сократилось время ожидания для этих пациентов. 95% пациентов были бы готовы провести еще одно телероботическое ультразвуковое исследование в будущем. Основные проблемы работы с телеульtrasoundом были связаны с техническими вопросами, человеческими ресурсами и координацией между частями клиники, задействованными в исследовании.

Ультразвуковое исследование молочных желез является важной частью диагностики рака молочных желез. Автоматизация процесса ведет к более эффективному выполнению данного исследования. ACUSON S2000 (Siemens) является автоматизированным ультразвуковым 3D сканером, который осуществляет сбор данных с помощью датчика, поле зрения которого составляет 15 сантиметров [7]. Прибор позволяет минимизировать влияние врача на получение

**A**



**B**

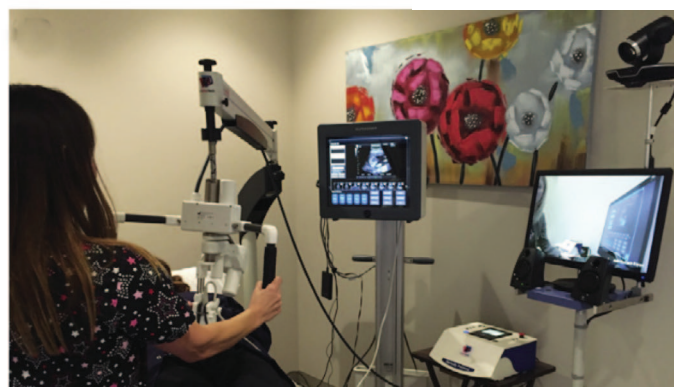


Рис. 2. Применение телеульtrasoundа в отдаленных регионах [4, 6]  
Fig. 2. Application of teleultrasound in remote regions [4, 6]



ние данных, делая исследование оператор-независимым (рис. 3). Кроме того, ультразвуковое



Рис. 3. ACUSON S2000 (Siemens) – автоматизированный ультразвуковой 3D сканер [7]  
Fig. 3. ACUSON S2000 (Siemens) – automated 3D ultrasound scanner [7]

исследование молочных желез имеет преимущество перед маммографией, поскольку в нем отсутствует лучевая нагрузка на пациентку. Мультицентровое исследование Yujing Xin и соавт. с участием пяти больниц было проведено для оценки эффективности диагностики рака молочных желез с помощью автоматизированного УЗИ и классического варианта УЗИ с применением мануального датчика [8]. Подтверждения диагноза проводилось последовательно с помощью МРТ и биопсии. В исследовании приняли участие 2844 женщины, из которых 1947 полностью прошли весь процесс осмотра. Пациентки были разделены на две группы в соответствии с возрастом: группа 30–39 лет (680 участников) и 40–69 лет (1267 участников), женщинам в последней группе дополнительно проводилась маммография. По результатам исследования, чувствительность автоматизированного УЗИ для всех участников составила 91,81%, тогда как для УЗИ, проводимого специалистом, она составила 94,70%. Таким образом, общая чувствительность автоматизированного УЗИ имеет не меньшую эффективность в рамках границ не меньшей эффективности, чем выполненного специалистом. Специфичность автоматизированного УЗИ суммарно в исследуемых группах составила 92,89%, а проведенного врачом –

89,36%. Таким образом, специфичность автоматизированного УЗИ выше по эффективности. Данное исследование показывает, что применение автоматизированного УЗИ имеет свои преимущества и недостатки в сравнении с ультразвуковым исследованием, выполненным опытным специалистом. Однако значительными преимуществами автоматизации авторы выделяют стандартизацию и воспроизводимость методики и подтверждают эффективность применения автоматизированного ультразвукового исследования для скрининга рака молочных желез.

Другой автоматизированной системой для выполнения ультразвукового исследования является GE Invenia™ ABUS 2.0 (General Electric Company) [9]. Данный робот позволяет проводить объемное 3D ультразвуковое сканирование молочной железы, которое в дальнейшем анализируется врачом (рис. 4). Данные, полученные в ходе исследования, так же сохраняются и могут быть просмотрены в любое время, что позволяет накапливать исследования и сравнивать изменения во времени. Хранение данных дает возможность не только диагностировать заболевания, но и проводить оценку эффективности терапии.



Рис. 4. GE Invenia™ ABUS 2.0 [9]  
Fig. 4. GE Invenia™ ABUS 2.0 [9]

Для диагностики новообразований молочных желез критично определение упругостей тканей (эластография). На данный показатель может повлиять давление датчика на ткани, которое врач или робот прикладывают при ►►

проведении УЗИ. Исследование Ling Li и соавт. было проведено для оценки применения механической руки в диагностике опухолей молочных желез [10]. В исследование были включены 128 женщин с 152 поражениями молочной железы (90 доброкачественных и 62 злокачественных) и были измерены максимальная эластичность ( $V_{max}$ ), средняя эластичность ( $V_{mean}$ ), максимальная эластичность минус минимум ( $V_{max-min}$ ) и минимальная эластичность ( $V_{min}$ ). Было также проведено сравнение повторяемости и согласованности измерений мануального датчика и механической руки. Результаты показали, что механическая рука может уменьшить влияние различных сканирующих давлений на модуль упругости ткани молочной железы.

На основе информации из баз данных Scopus, PubMed и Science Direct Shahad A.I. и соавт. был проведен систематический обзор для сравнения диагностических характеристик автоматического сканера объема молочной железы (automatic breast volume scanner – ABVS) с ручным ультразвуком (handheld ultrasound – HHUS) при дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных поражений молочной железы [11]. В поиск были включены исследования с 2011 по 2020 год. Для определения критериев включения и исключения использовался проспективный метод, а уровень доказательности определялся с использованием категорий BI-RADS для диагностических исследований. Кроме того, были обобщены параметры специфичности, среднего возраста, чувствительности, числа опухолей и диагности-

ческой точности ABVS и HHUS. Среди имеющихся статей не было выявлено систематического обзора или рандомизированного контролируемого исследования, в то время как было найдено 1 поперечное исследование, 8 ретроспективных исследований и 10 проспективных исследований. Достаточное наблюдение за пациентами с доброкачественными и злокачественными находками было сделано только в 10 исследованиях, в которых только два использовали ABVS и HHUS после выполнения маммографического скрининга и МРТ. Систематический обзор был проведен для 21 исследования, которые включали 5448 поражений (4074 доброкачественных и 1374 злокачественных), взятых у 6009 пациентов. Диапазон чувствительности составлял (0,72-1,0) для ABVS и (0,62-1,0) для HHUS; диапазон специфичности составлял (0,52-0,98)% для ABVS и (0,49-0,99)% для HHUS. Диапазон точности среди 11 исследований составлял (80-99)% и (59-98)% для HHUS и ABVS, соответственно. Выявленные опухоли имели средний размер 2,1 см, а выявленные раковые заболевания имели средний процент 94% (81-100%) по сравнению с нераковыми во всех исследованиях. Имеющиеся в литературе данные указывают на то, что диагностические характеристики как ABVS, так и HHUS аналогичны в отношении дифференциации злокачественных и доброкачественных поражений молочной железы.

Другой сферой медицины, в которой активно применяется ультразвук, является исследование плода при беременности, поскольку

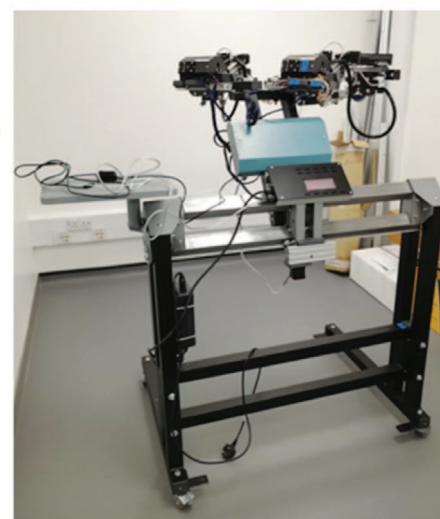
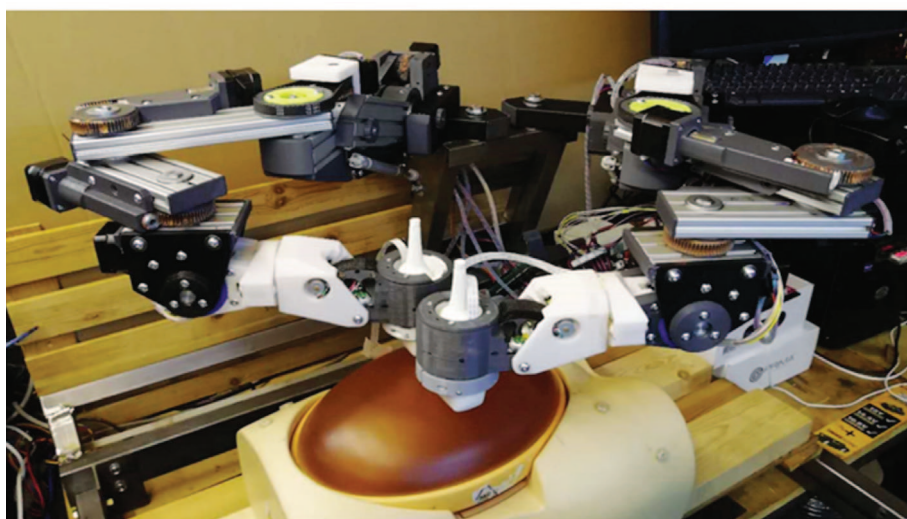


Рис. 5. iFIND-v3 робот: а. УЗИ фантома плода; б. система передвижения роботических рук [12, 13]  
 Fig. 5. iFIND-v3 robot: a. Ultrasound of the fetal phantom; b. robotic arm movement system [12, 13]

УЗИ является наиболее безопасным и доступным методом. Shuangyi Wang и соавт. представили iFIND (intelligent Fetal Imaging and Diagnosis) робота, представляющего собой ультразвуковую роботическую систему для исследований плода и органов брюшной полости [12, 13]. Окончательная версия данного робота состоит из двух «рук» и системы, осуществляющей их передвижение. Устройство имеет 17 степеней свободы, в каждой из «рук» находится ультразвуковой датчик, которые одновременно проводят исследование (рис. 5). Тестирование робота проводилось на 22 волонтерах. Определение поверхности исследуемого участка тела проводится с помощью Kinect сканера, данные передаются в программу робота. Устройство так же имеет датчики силы и давления, благодаря которым возможен контроль взаимодействия робота с пациентом. Управление роботом в исследовании осуществлялось дистанционно инженерами, под контролем врача лучевой диагностики. Авторы так же описывают свой опыт создания робота и обращают внимание на необходимость постоянной совместной работы инженеров, врачей и пациентов для достижения необходимых для применения в клинической практике результатов, поскольку при отсутствии взаимодействия разработчиков и тех, для кого робот разрабатывается, ожидания по комфортному использованию и внешнему виду устройства могут быть не выполнены.

Иной вариант, представленной Tsumura R. и соавт. ультразвуковой платформы для проведения УЗИ плода, имеет оси x и y, по которым осуществляется передвижение концевой эффектора с ультразвуковым датчиком [14]. Проверка работы осуществлялась на фантоме и трех пациентках на 28, 33 и 35 неделях беременности. Строение концевой эффектора позволяет ему пассивно приспосабливаться к неровностям поверхности, кроме того, устройство позволяет высчитывать силу взаимодействия датчика с телом. Таким образом, благодаря пассивному механизму сканирование области проводится без участия врача или ассистента, однако движение по осям x и y определялось заранее, а не самостоятельно роботом (рис. 6).

Высокую эффективность в апробации показал робот для УЗИ плода, описанный в статье Lindenroth L. и соавт. [15]. Данное устройство управляется дистанционно врачом, который приводит робота вручную к области интереса, а далее робот самостоятельно передвигается в ней. Особенностью данной работы является применение так называемой мягкой робототехники – применение эластичных, податливых и легко деформирующихся материалов для создания роботов, что значительно увеличивают количество движений робота по осям, приближая по маневренности к движениям живого существа. В данной работе были применены гидравлические приводы (fluidic actuators), позволяющие ►►

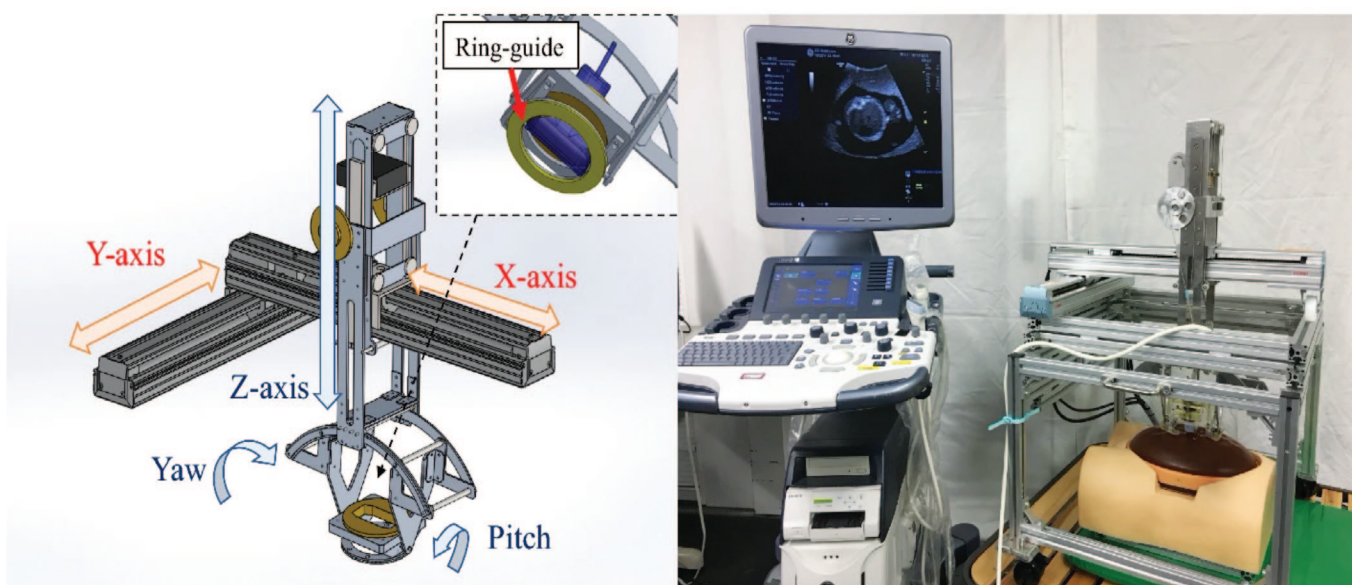


Рис. 6. Ультразвуковая платформа для пренатальной диагностики. Y-axis – Y-ось. X-axis – X-ось. Z-axis – Z-ось. Yaw – ось рыскания (вертикальная ось). Pitch – ось тангажа (поперечная ось). Ring guide - датчик УЗИ под контролем кольца [14]  
 Fig. 6. Ultrasound platform for prenatal diagnosis [14]



безопасно адаптировать датчик к поверхности тела, а также плетеная нейлоновая сетка вокруг датчика УЗИ, которая является подкреплением и увеличивает твердость при движении приводов вокруг оси датчика УЗИ (рис. 7). Апробация данной системы показала ее эффективность и потенциал применения в клинической практике.

Jakub T. Kaminski и соавт. показали применение робота УЗИ в эндокринологии, в частности диагностике заболеваний щитовидной железы [16]. В данном случае прибор состоит из 7-осевой роботической руки, имеющей 6 степеней свободы с датчиком силомоментного очувствления, и линейным датчиком УЗИ (рис. 8). Сканирование области интереса, то есть шеи, производится роботом автоматически и создается 3D реконструкция полученного ультразвукового изображения.

Для отображения опорно-двигательной системы так же возможно использование телеультразвукового робота [17]. Авторами был разработан робот с 4 степенями свободы, удерживающий датчик УЗИ. Робот удаленно контролируется с помощью джойстика врачом ультразвуковой диагностики. Для оценки работы данного аппарата было собрано 10 ультразвуковых исследований от 5 участников, была вычислена длительность УЗИ с помощью робота, которая в среднем составила  $4,6 \pm 0,9$  минут (рис. 9).

Применение дистанционного исследования так же снижает риск передачи инфекционных заболеваний от пациента к врачу. Наиболее актуальным такой аспект является во время эпидемий и пандемий, таких как пандемия COVID-19. Akbari M. и соавт. применили арм-робота для выполнения УЗИ [18]. В данной работе были использованы роботическая рука Panda (Franka Emika GmbH, Mu-

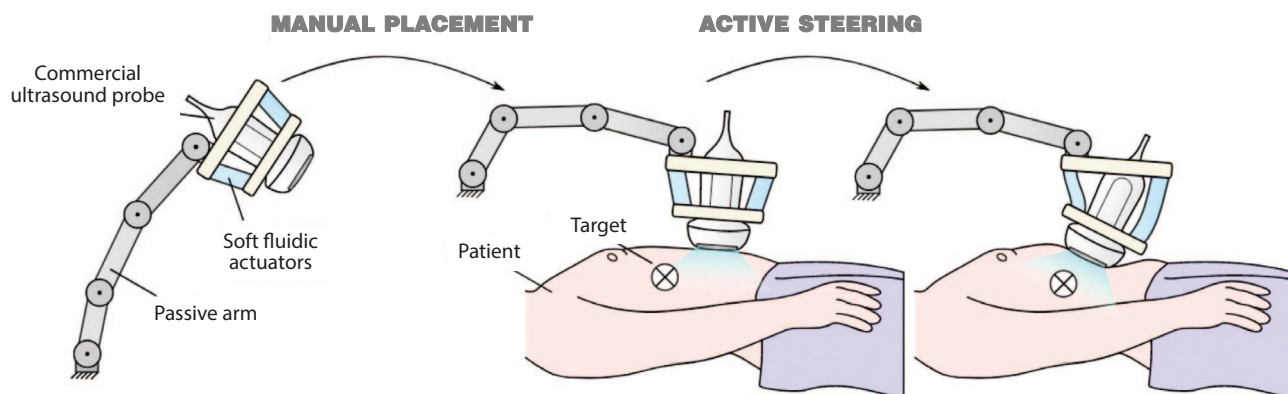


Рис. 7. Робот УЗИ с применением мягкой робототехники. Manual placement – мануальное расположение. Active steering – активное наведение. Commercial ultrasound probe – УЗИ датчик. Soft fluidic actuators – мягкие гидравлические приводы. Passive arm – пассивная рука. Patient – пациент. Target – мишень [15]  
Fig. 7. Ultrasound robot using soft robotics [15]

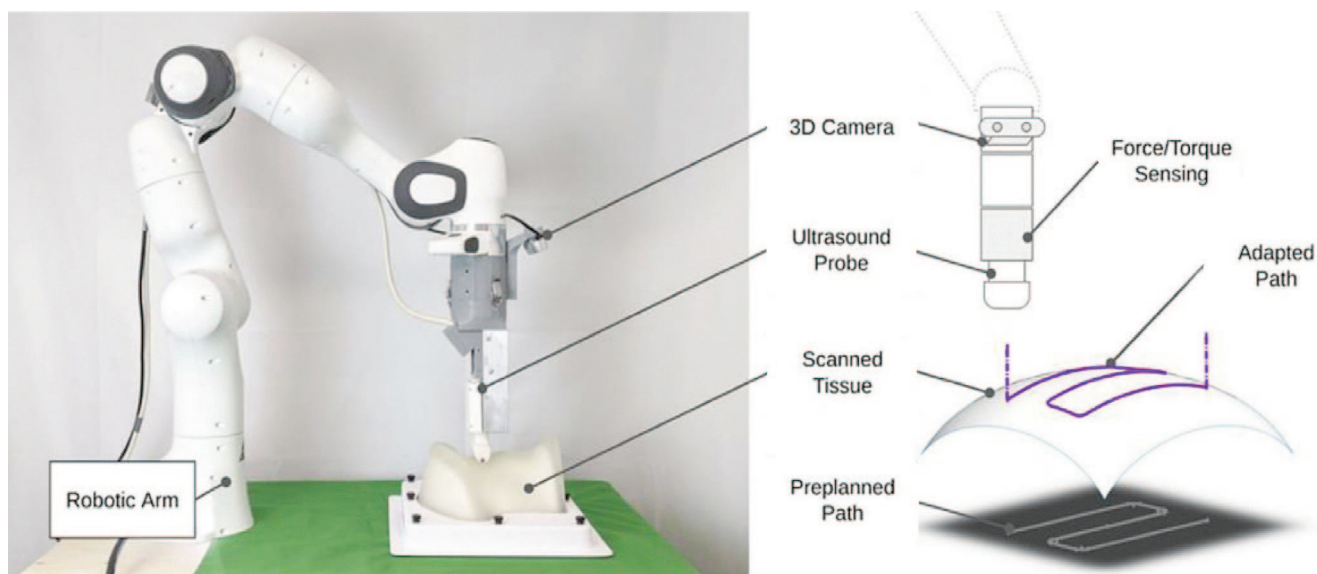


Рис. 8. Роботическая система УЗИ и ее компоненты. Robotic arm – роботическая рука. 3D camera – 3D камера. Ultrasound probe – датчик УЗИ. Scanned tissue – сканируемая область (шея). Preplanned path – запланированный путь. Force/torque sensing – датчик силомоментного очувствления. Adapted path – адаптированный путь [16]  
Fig. 8. Robotic ultrasound system and its components [16]



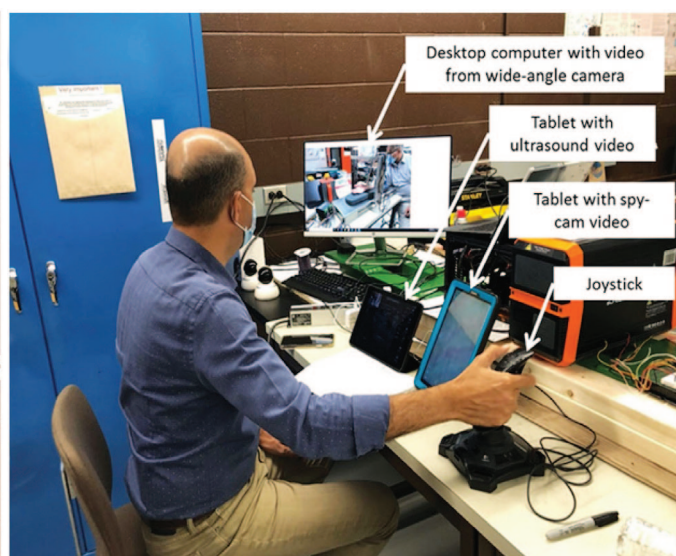
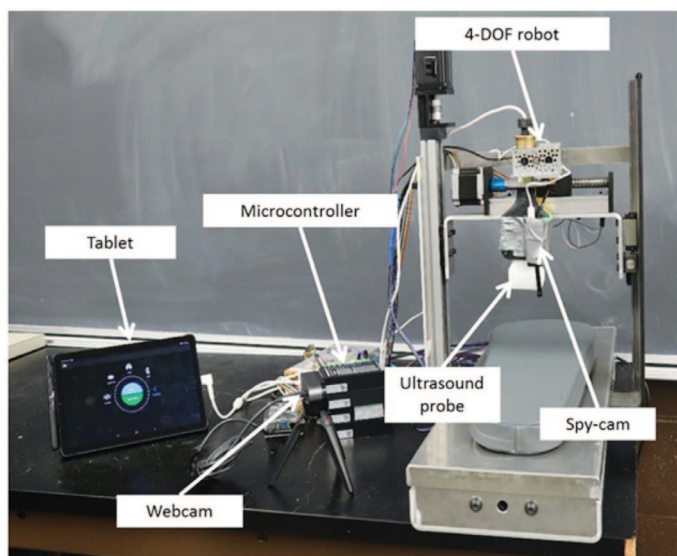


Рис. 9. Робот УЗИ для отображения опорно-двигательной системы. Tablet – планшет. Microcontroller – микроконтроллер. Webcam – веб-камера. Ultrasound probe – датчик УЗИ. Spy-cam – шпионская камера. Desktop computer with video from wide-angle camera. ПК с видео от широкоугольной камеры. Tablet with ultrasound video – планшет с видео УЗИ. Tablet with spy-cam video – планшет с видео со шпионской камеры. Joystick – джойстик [17]  
 Fig. 9. Ultrasound robot for displaying the musculoskeletal system [17]

nich, Germany), Axia80-M20 сенсор силомоментного очувствления робота (ATI Industrial Automation, Apex, NC, USA) и ультразвуковой датчик, который был присоединен к концевой части руки робота (рис. 10). В настоящее время данный робот может удаленно управляться специалистом, при этом сила нажатия при сканировании определяется алгоритмом автоматически.

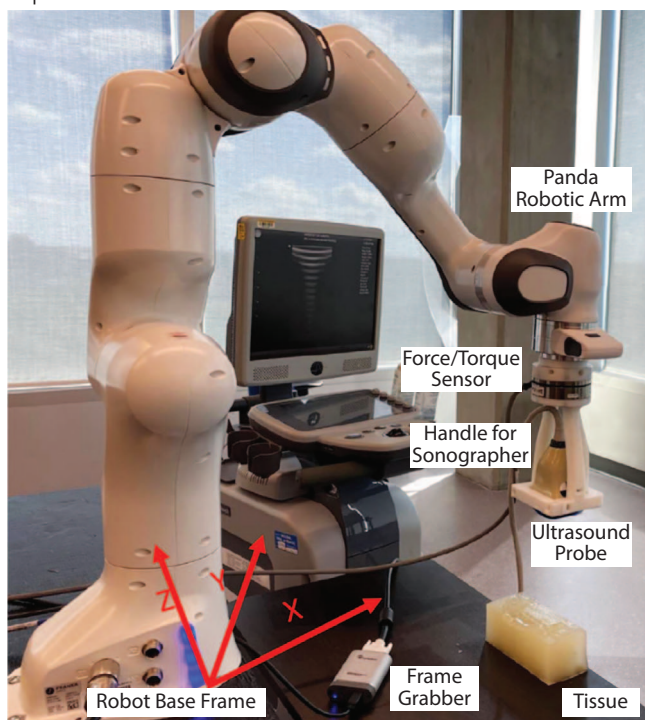


Рис. 10. Роботическая ультразвуковая система Panda. Panda robotic arm – роботическая рука Panda. Force/torque sensor - датчик силомоментного очувствления. Handle for sonographer – место для датчика УЗИ. Ultrasound probe – датчик УЗИ. Tissue – ткань. Frame grabber – плата видеозахвата. Robot Base frame – опорная рама робота [18]  
 Fig. 10. Robotic ultrasonic system Panda [18]

В статье Jing Wang и соавт. также описан опыт использования теле-эхографии во время пандемии COVID-19 [19]. В данном случае дистанционное управление роботом MGIUS-R3 (MGI Tech Co, Ltd (Шэнчжэнь, Китай)) осуществлял врач [20]. Рабочая станция врача включала в себя 2 монитора, на одном из которых выводилось УЗ-изображение, на втором – видео- и аудиосвязь с пациентом в режиме реального времени, благодаря которой при необходимости осуществлялось взаимодействие врача с пациентом (рис. 11). Управление роботом осуществлялось с помощью фиктивного датчика, благодаря которому происходило полное копирование движений врача. Ультразвуковое исследование пациента осуществлялось с помощью ►►



Рис. 11. MGIUS-R3 (MGI Tech Co, Ltd (Шэнчжэнь, Китай)) [19]  
 Fig. 11. MGIUS-R3 (MGI Tech Co, Ltd (Shenzhen, China)) [19]

арм-робота с 6 степенями свободы, оснащенным датчиком силы, конвексным и линейным датчиками. Наличие колес у данного робота обеспечивало мобильность и возможность проведения ультразвукового исследования у кровати больного. Помощь пациенту с подбором правильной позы требовало наличие сотрудника возле робота. Передача данных осуществлялась с использованием 5G сети. В данной статье применение робота УЗИ было проведено для обследования легких, сердца, нижней полой вены и сосудов нижних конечностей.

Кроме снижения риска инфицирования врачей при УЗИ инфекционных пациентах, телеультразвуковые системы нашли применение также и в диагностике коронавирусной инфекции, поскольку ранняя диагностика имеет решающее значение для профилактики и борьбы с данным заболеванием. Для решения проблемы ранней оценки изображений COVID-19 был применен протокол с использованием телеультразвука, который поддерживается сетью 5G [21]. Четыре пациента мужского пола с подтвержденным или подозреваемым COVID-19 были госпитализированы в изоляторы в двух разных городах. Два врача ультразвуковой диагностики, находящихся в двух разных городах, провели роботизированное телеультразвуковое исследование с помощью робота MGIUS-R3 и дистанционную консультацию. Были выполнены УЗИ легких, эхокардио-

графия и УЗИ нижней полой вены. При возникновении трудностей с дистанционным обследованием или диагностикой, дистанционная консультация проводилась вторым специалистом для достижения консенсуса. Специалисты успешно завершили телероботическое УЗИ. УЗИ легких показало признаки пневмонии различной степени во всех случаях и легкий плевральный выпот в одном случае. Нарушений структуры и функции сердца и нижней полой вены обнаружено не было. Была проведена дистанционная консультация по вопросу проведения исследования и диагностики в одном случае.

Телеуправляемая роботизированная ультразвуковая платформа Tsumura R. и соавт. так же показала эффективность применения для дистанционной диагностики респираторных инфекций, значительно снижающей контакт врачей с инфицированными пациентами [22]. Данная платформа способна выполнять УЗИ легких у пациентов, инфицированных COVID-19. Она представляет собой исполнительный механизм с пассивным приводом (passive-actuated end-effector) консольного типа, что позволяет сканировать всю поверхность грудной клетки (рис. 12). Контроль работы робота осуществляется дистанционно врачом, с помощью игрового джойстика, адаптированного для управления данной платформой. Протокол апробации работы устройства включал в себя сканирование пациента в двух позициях.

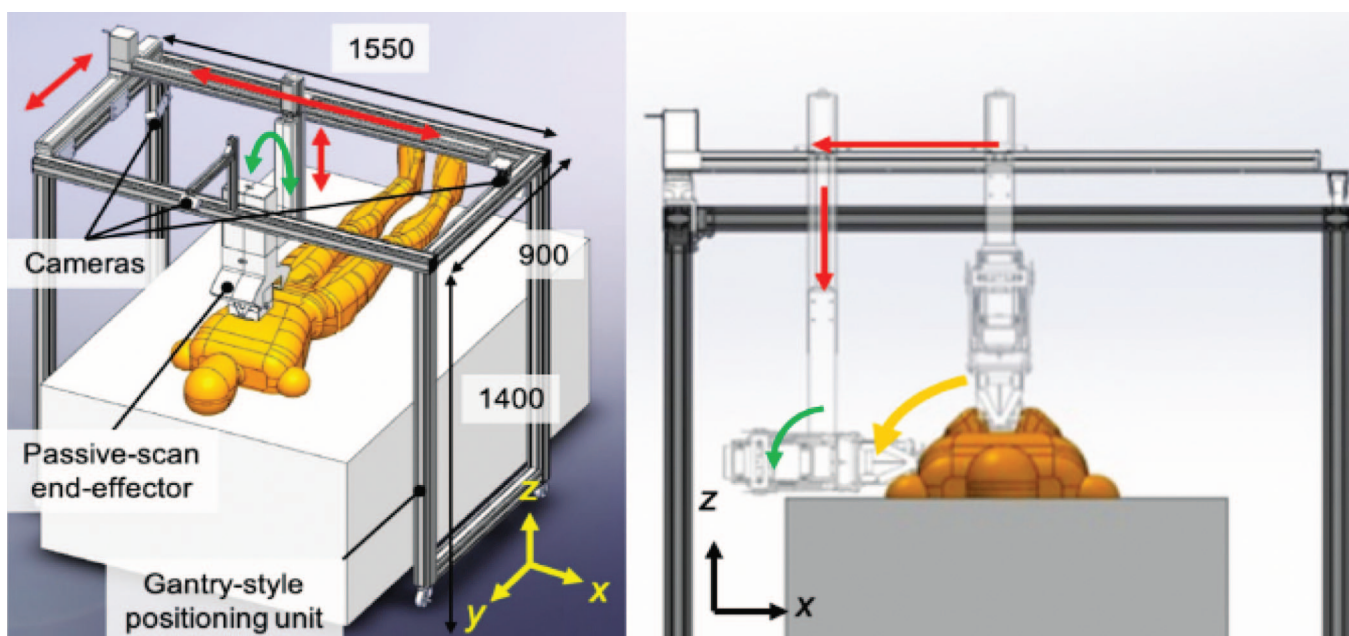


Рис. 12. Телеуправляемая роботизированная ультразвуковая платформа. Cameras – камеры. Passive-scan end-effector – концевой эффектор с пассивным приводом. Gantry-style positioning unit – механизм для передвижения концевой эффектора [22]

Fig. 12. Tele-operated robotic ultrasound platform [22]



Данное решение может принести значительную пользу, особенно в странах с низким и средним уровнем дохода. Авторы рассматривают упомянутые выше вопросы, связанные с использованием УЗИ легких у пациентов, инфицированных COVID-19, и потенциал для распространения этой технологии в условиях ограниченных ресурсов. Кроме того, первое применение, осуществимость и безопасность были подтверждены на здоровых людях.

Qinghua Huahg и соавт. представили систему, осуществляющую ультразвуковое сканирование с 3D-визуализацией [23]. Система включает в себя робота с 6 степенями свободы, линейный ультразвуковой датчик, персональный компьютер для управления роботом, камеру глубины, промышленный персональный компьютер, а также два датчика силы. Камера глубины находит облако точек сканируемой ткани и далее автоматически определяет область и последовательность сканирования с учетом 3D поверхности кожи (рис. 13). Все эти данные учитываются программой для расчета позы робота и выполнения дальнейшего УЗ-сканирования области.

Робот УЗИ используются не только для рутинных задач клинической медицины, но и в исследовательских целях, для изучения физиологии и патофизиологии органов на примере лабораторных животных. В работе Holmes H.L. и соавт. представлено применение автоматизированного 3D УЗИ для *in vivo* анализа функций почек у мышей [24].

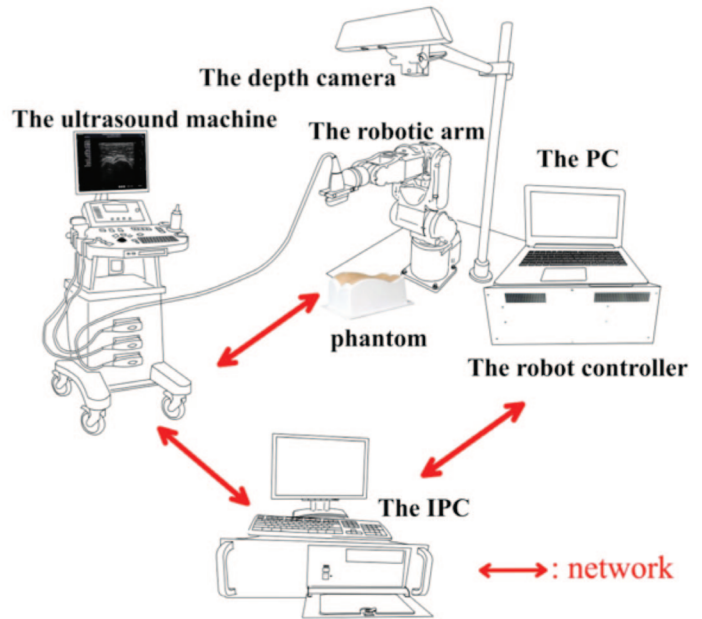


Рис. 13. Автоматизированная система 3D УЗИ. The depth camera – камера глубины. The ultrasound machine – ультразвуковой аппарат. The robotic arm – роботическая рука. The PC – ПК. Phantom – модель. The robot controller – устройство управления роботом. The IPC – промышленный ПК. Network – сеть [23]  
Fig. 13. Automated 3D ultrasound system [23]

Важной частью автоматизации процесса УЗИ является определение траектории сканирования роботом, с учетом всех неровностей поверхности, в данном случае тела пациента. Избыточная сила, с которой датчик взаимодействует с пациентом, может привести к физическому повреждению или быть дискомфортна проходящему обследованию, в то время как недостаточное давление на поверхность может привести к снижению качества получаемого ультразвукового изображения. Данные ограничения приводят к созданию решений по регулированию или автоматизации процесса сканирования. Например, одним из способов (рис. 14) ►►

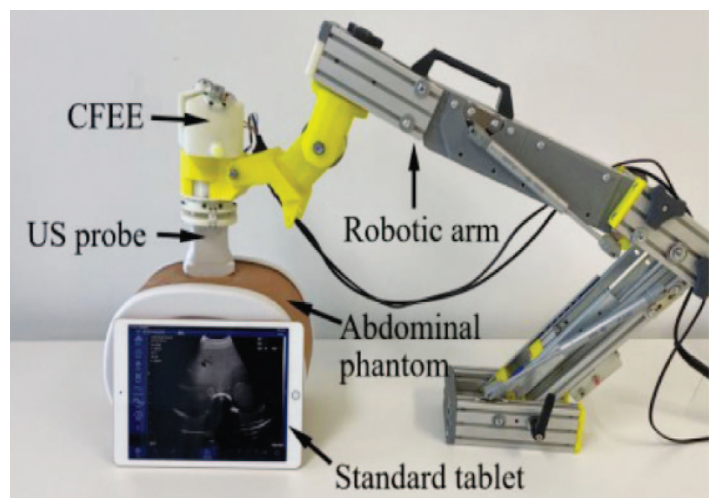
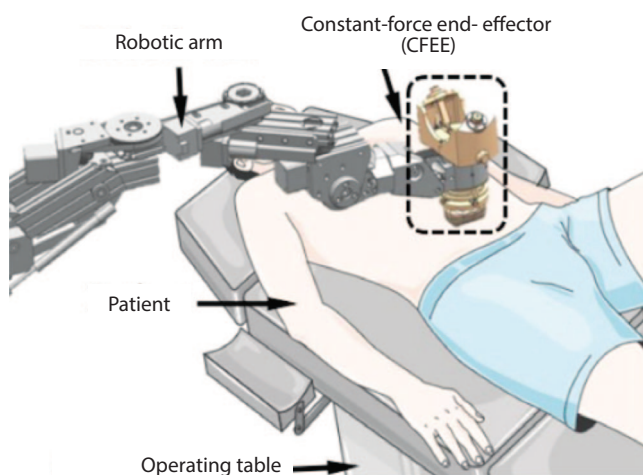


Рис. 14. Концевой эффектор с постоянной силой. Constant-force end-effector (CFEE) – концевой эффектор с постоянной силой. Robotic arm – роботическая рука. Patient – пациент. Operating table – операционный стол. US probe – датчик УЗИ. Abdominal phantom – модель абдоминальной области. Standard tablet – планшет [25]  
Fig. 14. End effector with constant force [25]

предлагается использование концевой эффектора с постоянной силой, который позволяет регулировать силу, с которой происходит контакт с поверхностью тела [25].

В статье Shihang Chen и соавт. предложено использование прибора, основанного на оптических волноводах, который позволяет измерить

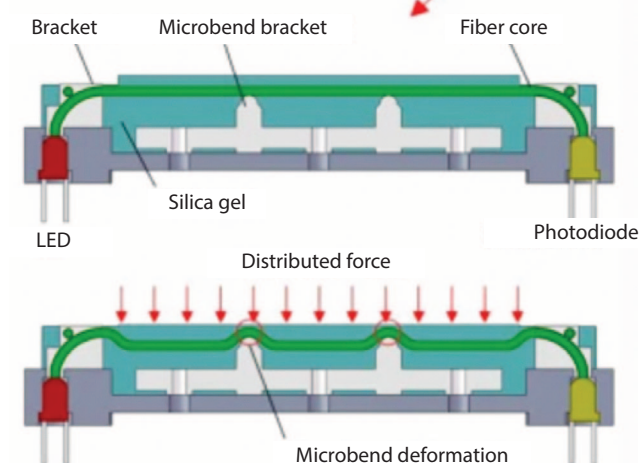
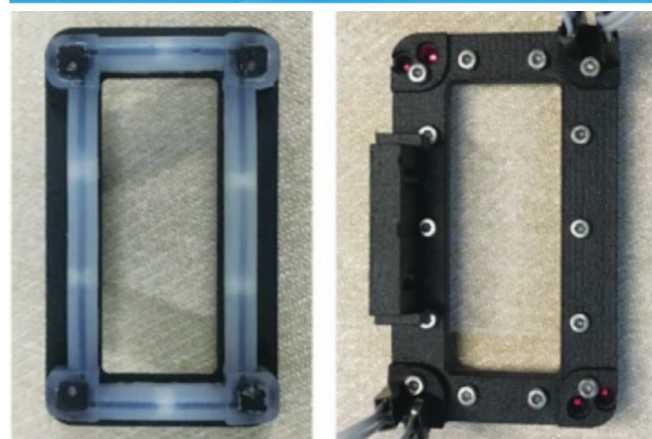
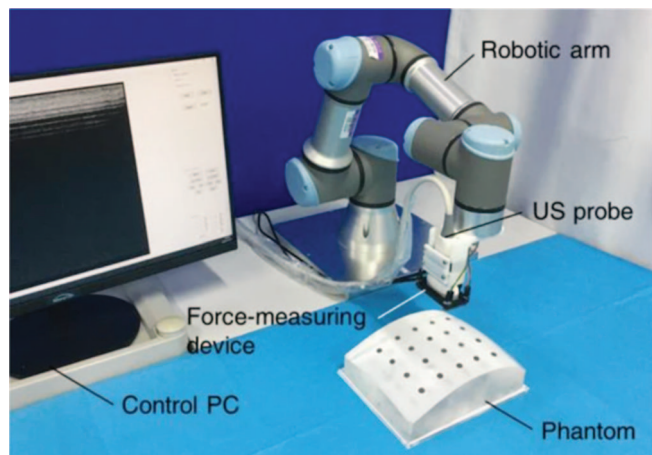


Рис. 15. Роботическая УЗИ система с измерением силы с помощью волноводов, деформация волноводов под давлением. Force-measuring device – устройства для измерения силы. Control PC – управляющий ПК. Bracket – основа. Silica gel – силиконовый гель. LED – светодиод. Fiber core – волоконный центр. Photodiode – фотодиод. Distributed force – прикладываемая сила. Microbend deformation – микродеформация [26]

Fig. 15. Robotic ultrasound system with force measurement using waveguides, deformation of waveguides under pressure [26]

распределенную силу контакта и его расположение [26]. На концах волновода находились фотодиод и светодиод, а соприкосновение с объектами приводило к деформации волновода благодаря его эластичности и изменению интенсивности света, проходящего через него (рис. 15). Калибровка полученного прибора проводилась с помощью блока силикона и тензодатчика, который фиксировал силу, прилагаемую прибором при взаимодействии с блоком. Данные с тензодатчика сравнивали с данными о напряжении на выходе, полученными с каждого волновода. В ультразвуковой системе откалиброванный прибор крепится на уровне с датчиком УЗИ и таким образом определяет силу контакта датчика с поверхностью. Для автоматизации сканирования была использована стратегия планирования пути датчика: до начала сканирования специалист приводит датчик УЗИ робота к центру сканируемой области. На основе введенных специалистом данных о длине и ширине области строится путь, который пройдет датчик. Поскольку для качественного сканирования необходимо параллельное телу расположение датчика, авторы использовали определение положения датчика по значениям прилагаемых сил на каждую из сторон прибора при контакте. На основании полученных в ходе сканирования данных строится 3D-модель области. Апробация системы, проведенная на фантоме, предплечье и бедре человека показали возможность дальнейшего ее применения. Ограничением данного ультразвукового робота является невозможность сканирования движущихся частей тела, что требует от пациента неподвижности сканируемой области.

Другим способом определения неровностей на поверхности стало использование машинного обучения, в частности обучения с подкреплением [27]. Предложенный метод включает три части: окружение, модель решения действия и роботический контроллер. Окружение включает в себя все аппаратное обеспечение: ультразвуковой датчик, RGB камеру, встроенный датчик силы (integrated force sensor) и робота (рис. 16). Вторая часть состоит из модели обучения с подкреплением и модели пространства состояний для принятия решений действия. Контроллер, третья часть, содержит в себе 4 команды (command mapping processes), необходимые



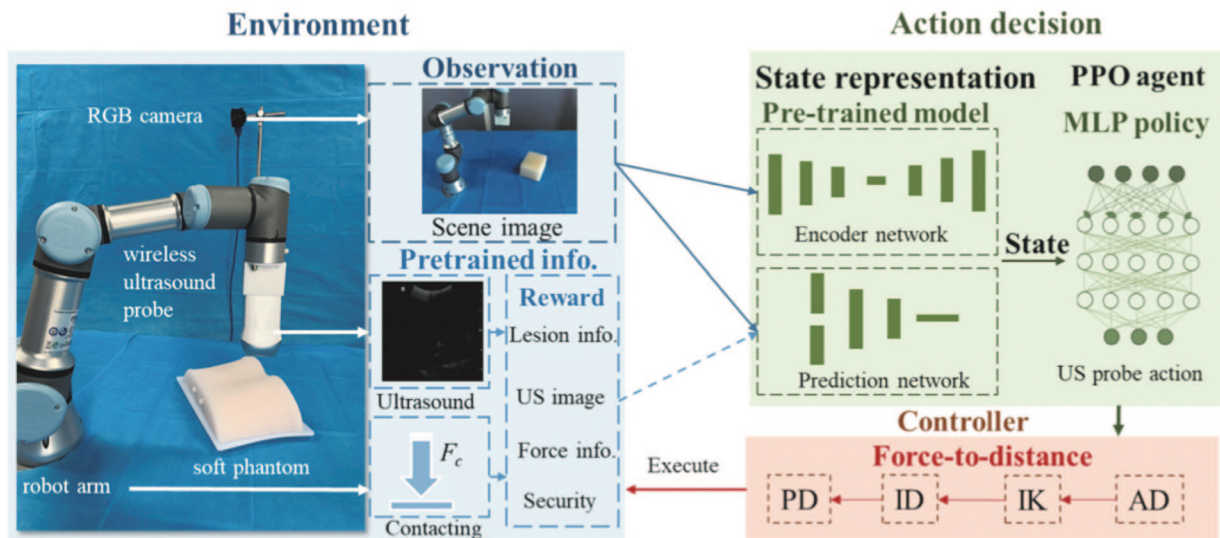


Рис. 16. Роботическая система УЗИ, основанная на обучении с подкреплением. Pre-trained model – предварительно обученная модель. Encoder network – сеть кодировщика. Prediction network – сеть прогнозирования. Us probe action – действие датчика УЗИ. Controller – контролер. Force-to-distance – соотношение силы к расстоянию. Environment – окружение. RGB camera – RGB камера. Wireless ultrasound probe – беспроводной датчик УЗИ. Soft phantom – фантом. Robor arm – роботическая рука. Scene image – изображение «сцены». Pretrained info – информация о предварительном обучении. Contacting – взаимодействие. Reward – награда. Lesion info – информация о повреждении. Us image – ультразвуковое изображение. Force info – информация о силе. Security – безопасность. Action decision – решение действия. State representation [27]

Fig. 16. Robotic ultrasound system based on reinforcement learning [27]

для достижения постоянного контроля силы ультразвукового датчика. В данной системе не использовались точки координат, что позволило уйти от необходимости наличия высокоточного оборудования. Целью исследования стало обучение ультразвуковой системы автоматическому отображению цели (фантома) в изменяющемся окружении. Успешным считался результат, при котором роботу удавалось получить четкое ультразвуковое изображение цели до окончания его движения. Исследования системы на людях, показало, что качество получаемого по такому методу изображения было ниже, чем на фантоме, вследствие дыхательных движений мышц живота, что привело к дальнейшему обучению робота на фантоме,двигающемся по оси z. Однако апробация работы ультразвукового робота на поясничном отделе показала, что датчик УЗИ автоматически приводился в правильное положение и контакт с кожей был произведен с подходящей силой. Для полноценного внедрения такого метода в клиническую практику необходимо обучение в условиях, наиболее приближенных к рутинной медицинской практике, содержащих более сложное окружение и требующих более длительного времени для обучения. Однако данная модель позволяет полностью автоматизировать процесс ультразвукового исследования с возможностью определения в том числе движущегося объекта сканирования без заданных маркеров.

Способ, предложенный Kuan-Ju Wang и соавт., также направлен на решение проблемы определения силы и угла контакта с пациентом [28]. Ультразвуковая система представляет собой роботическую руку с шестью степенями свободы, ультразвуковой датчик, датчик давления и IMU (inertial measurement unit - гиростабилизатор) (рис. 17).

От силы взаимодействия датчика с поверхностью зависит так же и качество получаемого изображения, поэтому контроль данного параметра критичен не только для комфорта пациента, но и для получения четких и качественных изображений. Один из методов определения и корректировки вызываемой датчиком деформации основан исключительно на контроле ультразвукового изображения и информации о приложенной силе [29]. Проверка работы методики проводилась на базе роботической ультразвуковой платформы с анализом изображений из 30 датасетов, полученных от волонтеров.

В статье Ipsen S. и соавт. предлагается использование автоматизированной системы УЗИ, состоящей из коллаборативного робота и 4D ультразвуковой системы [30]. Особенности данной работы стало исследование возможности длительного ультразвукового обследования на примере УЗИ печени и предстательной железы. Результаты данной работы показали, что динамический контроль силы, используемый авторами, может быть использован для стабильной ►►

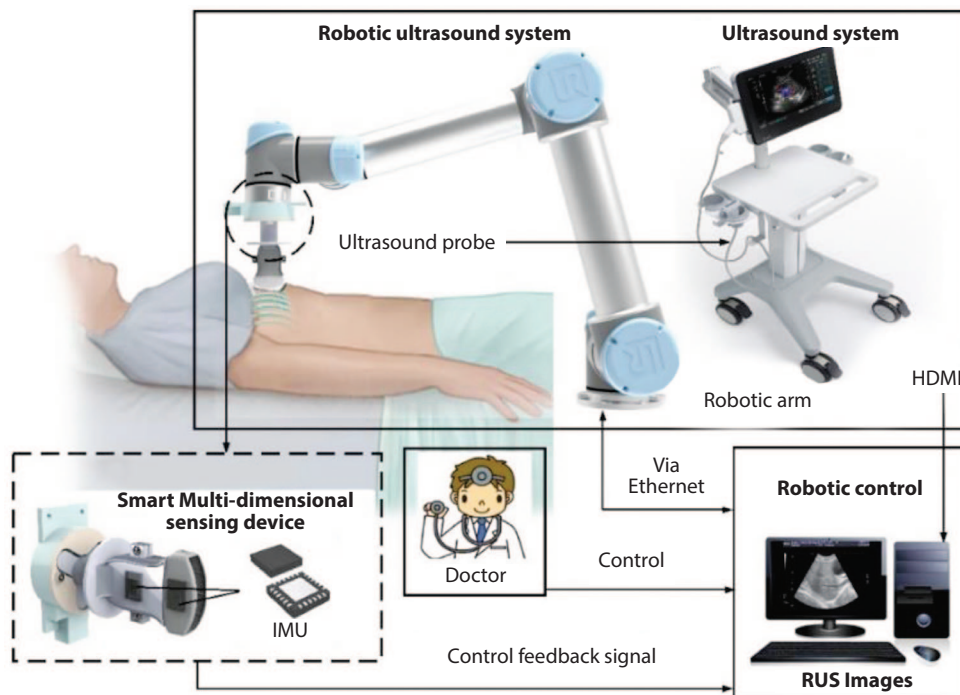


Рис. 17. Ультразвуковая система с гиостабилизатором. Via Ethernet – через интернет. Control – контроль. Control feedback signal – сигнал контроля обратной связи. Doctor – врач. Smart multi-dimensional sensing device – умное многомерное устройство. IMU – гиостабилизатор [28]  
 Fig. 17. Ultrasonic system with gyrostabilizer [28]

и длительной визуализации анатомических областей, находящихся в движении, например, вследствие дыхательной экскурсии (рис. 18).

Механизм столкновения (симулятор тактильной силовой обратной связи), разработанный Fotouhi R. и соавт., имеет также потенциал применения в роботических ультразвуковых системах [31]. Интеграция силовой обратной связи в системы имеет решающее значение для оптимизации удаленного сканирования. На основе ал-

горитма Гилберта-Джонсона-Кирти был разработан механизм столкновения, совместимый с устройством Haptic Wand, имеющим 5 степеней свободы [32]. Механизм столкновения вычисляет силу при столкновении между устройством и виртуальным объектом на основе кода, разработанного с использованием MATLAB (рис. 19). Пропорциональная сила была впоследствии возвращена пользователю через устройство Haptic Wand, тем самым имитируя силу столкновения

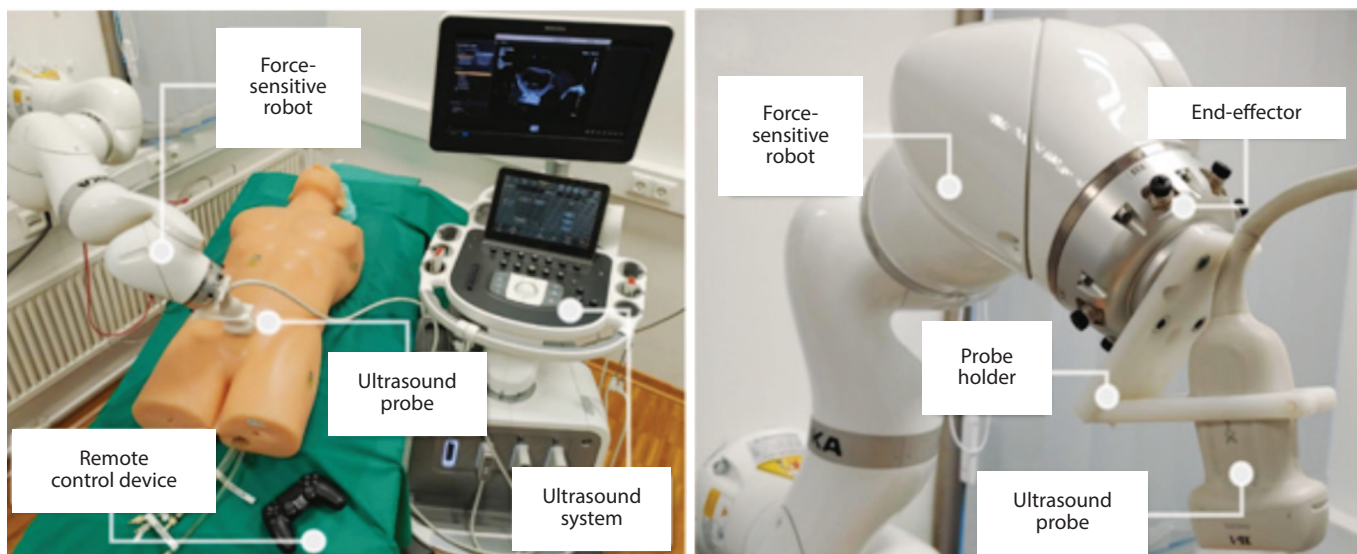


Рис. 18. Робот, чувствительный к силе. Force-sensitive robot – робот, чувствительный к силе. Ultrasound probe – датчик УЗИ. Remote control device – устройство для дистанционного управления. Ultrasound system – аппарат УЗИ. End-effector – концевой эффектор. Probe holder – держатель датчика [30]  
 Fig. 18. Force-sensitive robot [30]

для пользователя. Для оценки точности двигателя столкновения на изогнутых и плоских по-

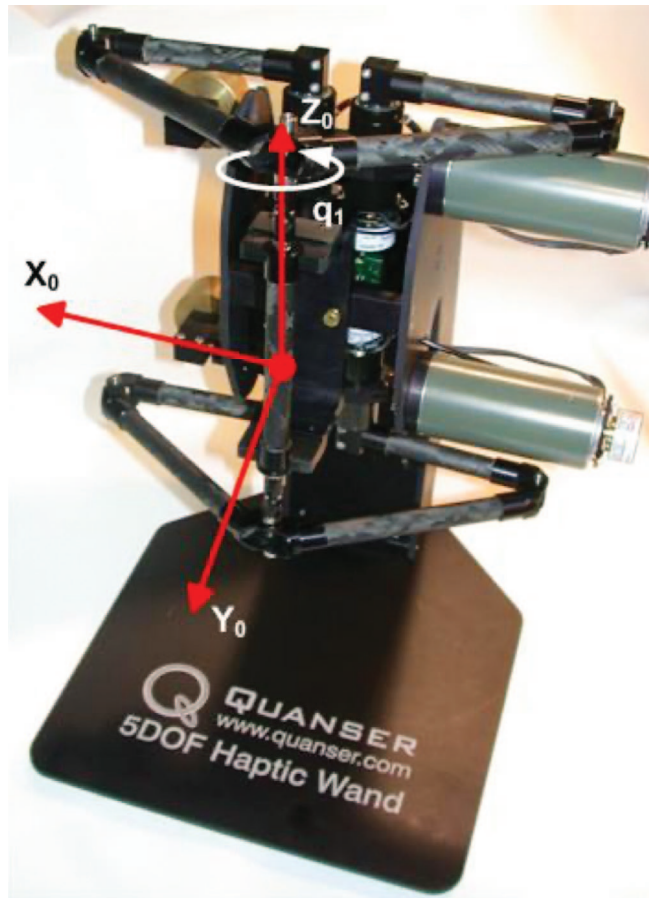


Рис. 19. Устройство «Haptic Wand» [32]  
Fig. 19. Haptic Wand device [32]

верхностям были проведены три эксперимента. Средние ошибки при расчете расстояний между устройством и виртуальным объектом составили 2,1 см, 3,4 см и 4,2 см для модели человеческой руки, цилиндра и кубоида соответственно. Двигатель столкновения точно моделировал силы на плоской поверхности, хотя и был менее точным на криволинейных поверхностях. Будущая работа будет включать тактильную силовую обратную связь в телероботическую ультразвуковую систему. Представленный здесь тренажер тактильной силы также может быть использован при разработке ультразвуковых тренажеров для обучения [31].

Для телеультразвука в настоящее время разрабатываются не только телероботические системы, но и портативные 3D ультразвуковые бэкэнд системы [2]. Данная бекэнд система выполняет 2D и полную 3D реконструкцию, включая предварительную обработку данных, beamforming и постобработку (рис. 20). Такое устройство делает работу с 3D УЗ-изображениями более доступным и снижает стоимость аналогичных систем. Авторы предлагают внедрение данного устройства в медицинскую практику, с применением его в удаленных регионах не подготовленными специалистами (не врачами ультразвуковой диагностики) для реализации телеультразвука. ►►

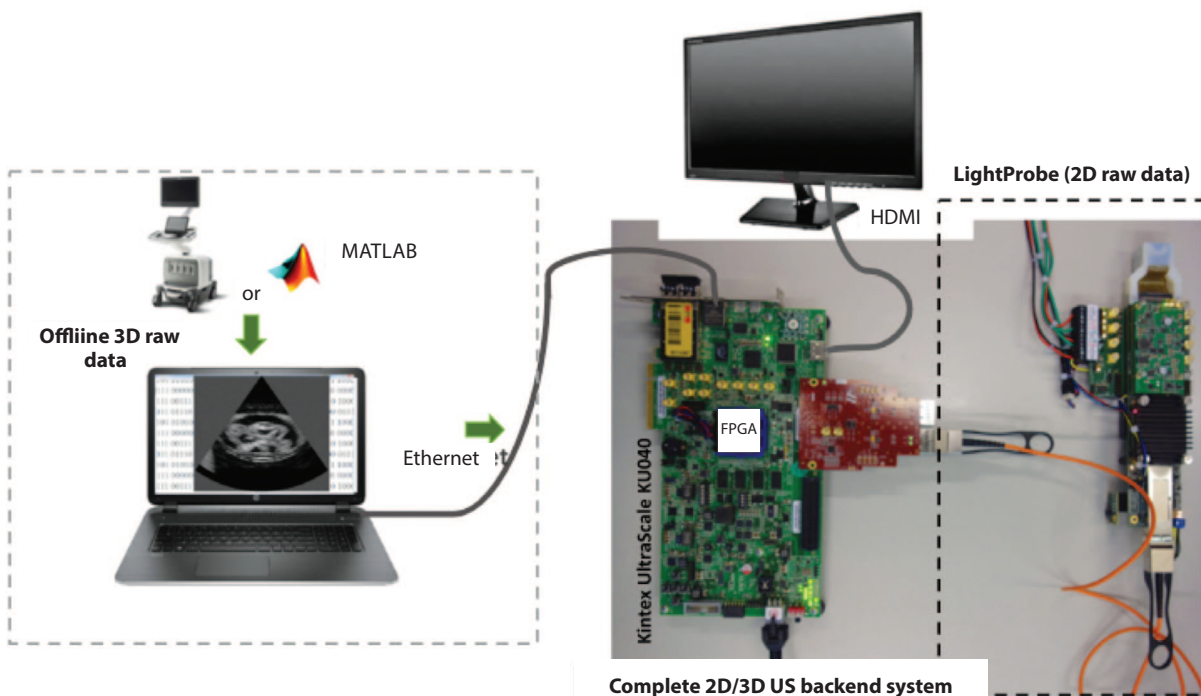


Рис. 20. Портативная 3D бэкэнд-система. Offline 3D raw data – необработанные 3D офлайн данные. Ethernet – интернет. LightProbe (2D raw data) – LightProbe (необработанные 2D данные). Complete 2d/3d US backend system – полная 2D/3D бэкэнд-система [2]  
Fig. 20. Portable 3D backend system [2]



В перкутанной HIFU-терапии под контролем УЗИ было предложено использование роботической руки INNOMOTION, имеющей семь степеней свободы, а также напечатанного на 3D принтере устройства для одновременного удержания HIFU и УЗИ датчиков роботом [33]. В данной статье описана разработка держателя датчиков, состоящего из поддерживающего модуля, вращающегося основания, кинематических суставов, частей для присоединения ультразвукового и HIFU датчиков. Часть из деталей были напечатаны на 3D принтере (рис. 21).

В статье Schlüter M. и соавт. так же представлено использование ультразвукового робота, под контролем которого проводится радиотерапия [34]. Ограничение, с которым столкнулись авторы, является блокировка части лучей, исходящих от радиотерапевтического робота, ультразвуковым роботом, поскольку его датчик находится гораздо ближе к телу пациента и, таким образом, ограничивает количество падающих на выбранную область лучей. Решением авторы предлагают использованием кинематически избыточного робота с возможностью координации движений робота УЗИ и робота-источника луча (рис. 22).

В работе Gerlach S. и соавт. была проведена интеграция УЗИ-робота с Cyberknife – системой для стереотаксической лучевой терапии с компенсацией движения мишени [35]. Исследование работы проводилось на 10 клинических случаях рака предстательной железы, для каж-

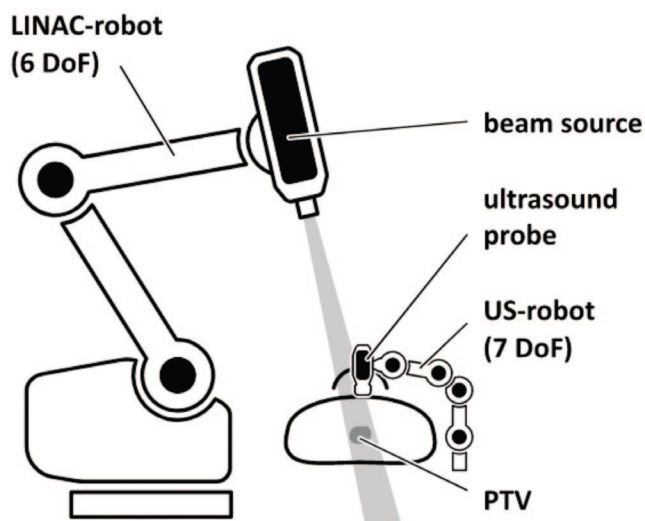


Рис. 22. Роботизированная радиотерапия под контролем УЗИ. LINAC-robot (6 DoF) – робот LINAC (6 степеней свободы). Beam source – источник лучей. Ultrasound probe – датчик УЗИ. US-robot (7 DoF) – робот УЗИ (7 степеней свободы). PTV – запланированный объем мишени [34]

Fig. 22. Robotic radiotherapy under ultrasound control [34]

дого из которых были составлены терапевтические планы. Благодаря данным планам были определены позы робота для каждого случая, а также убраны лучи, сталкивающиеся с датчиком УЗИ (рис. 23). Это позволило повысить покрытие лучами мишени и улучшить эффективность терапии.

В неотложной медицинской помощи также актуально применение телеультразвука. В систематическом обзоре, проведенном Marsh-Feiley G. и соавт., произведена оценка эффективности применения данной технологии в экстренных ситуациях [36]. Поиск статей проводился в

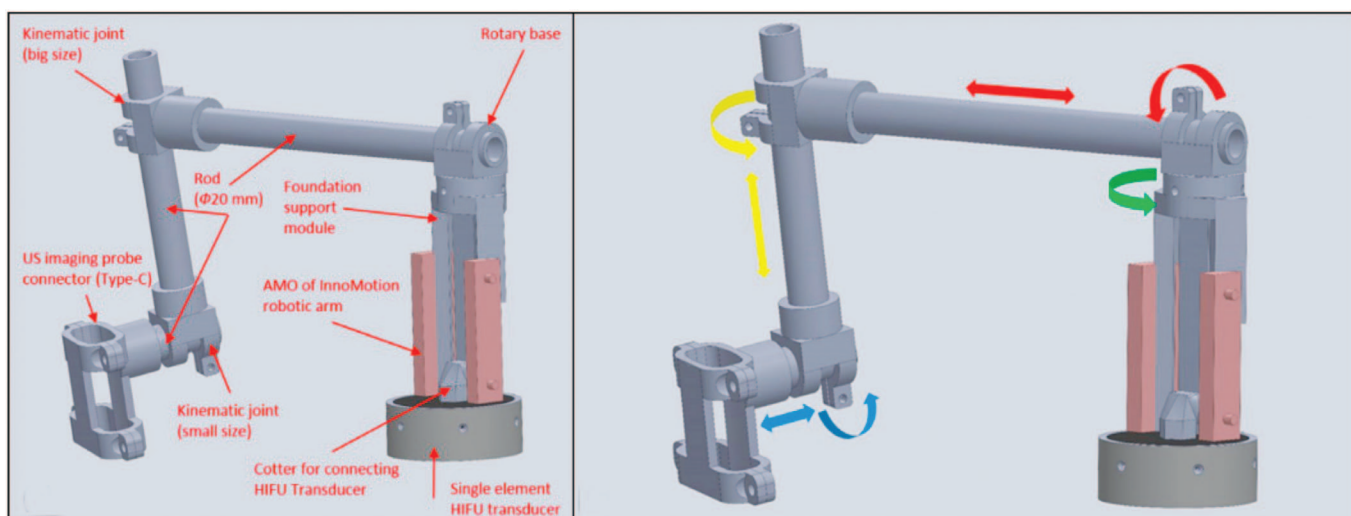


Рис. 21. 3D модель телероботической системы для выполнения HIFU под контролем ультразвука. Kinematic joint (big size) – кинематическое сочленение (большого размера). US imaging probe connector – коннектор датчика УЗИ. Kinematic joint (small size) – кинематическое сочленение (маленького размера). Rotary base – вращающаяся основа. Foundation support module – модуль поддержки основы. AMO of INNOMOTION robotic arm – модуль приложения роботической руки INNOMOTION. Cotter for connecting HIFU transducer. Single element HIFU transducer – однокомпонентный HIFU датчик [33]

Fig. 21. 3D model of a telerobotic system for performing HIFU under ultrasound control [33]

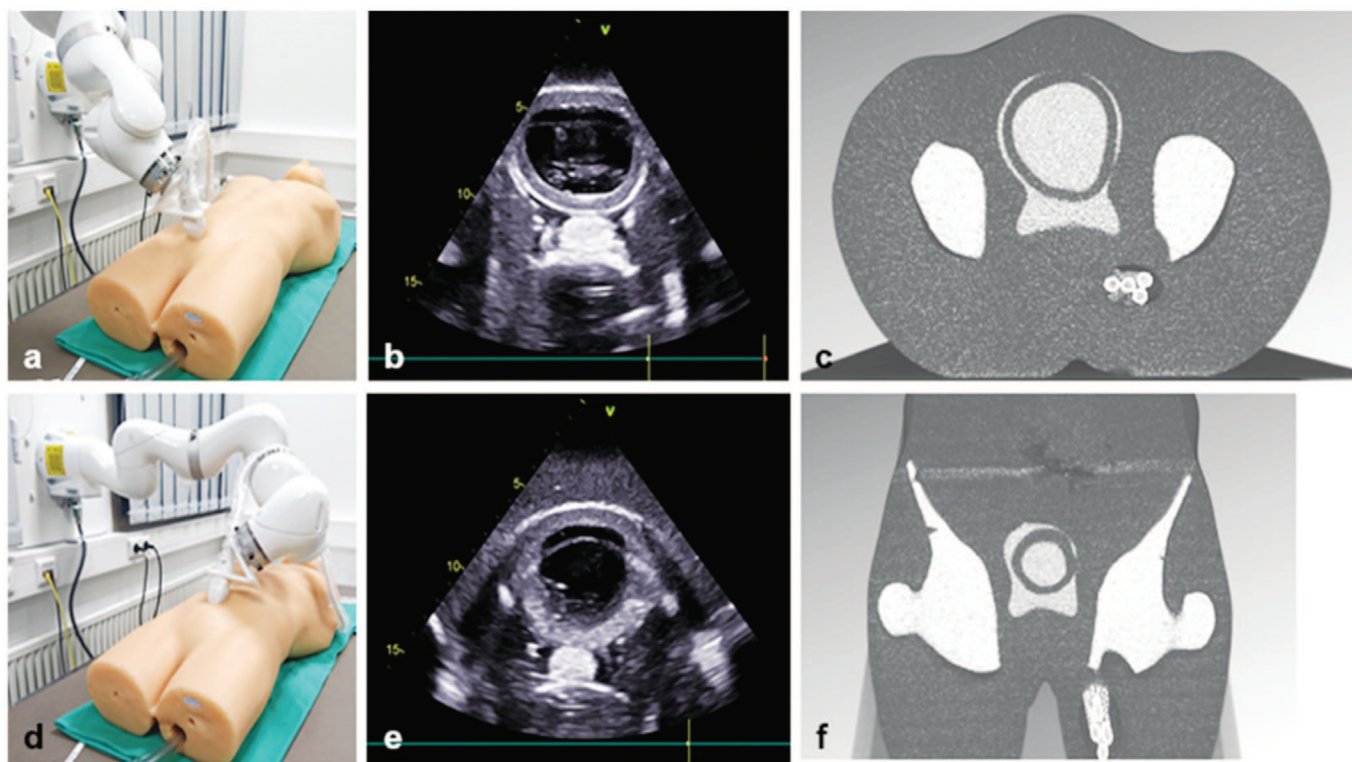


Рис. 23. Применение робота УЗИ для проведения лучевой терапии под контролем УЗИ [35]  
 Fig. 23. The use of an ultrasound robot for ultrasound-guided radiotherapy [35]

базах данных Cochrane, Medline, EMBASE и CINAHL, 4388 статей были оценены по критериям включения. В метаанализ были включены 28 статей. Результаты показали эффективность применения телеультразвука, включая его использование в отдаленных областях. Однако существующие в настоящее время клинические исследования телеультразвука требуют стандартизации по методологии для возможности воспроизведения другими авторами. Кроме того, авторы систематического обзора выделяют необходимость в исследовании минимальных требований для применения телеультразвука, таких как качество изображения, оценка точности диагностики, пропускная способность и частота кадров получаемого видео.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный поиск статей показал, что в настоящее время исследователи в данной сфере находятся в активной разработке решений для роботизации УЗИ. Только небольшое количество роботов УЗИ разрешено для использования в клинической практике. Скорее всего, в ближайшее время можно ожидать увеличение

числа работ в этом направлении и появление новых готовых решений.

Проведенный нами анализ позволяет выделить цели применения роботизации в ультразвуковых исследованиях:

1. Автоматизация, формализация процесса – в основе данных характеристик роботизации лежит наличие единых алгоритмов сканирования, выполняемого роботом. Таким образом, из процесса сбора данных исключаются все особенности проведения УЗИ, возникающих при выполнении исследования человеком. Преимуществами формализации является в первую очередь возможность сравнения результатов исследований, а также возможность повторного проведения УЗИ, при котором последовательность сбора информации датчиком будет идентична. Снижение субъективности интерпретации результатов повышает эффективность применения роботизированного УЗИ в клинической практике.

2. Дистанционное управление роботом УЗИ позволяет выполнять исследования специалистом, находящимся на любом расстоянии от пациента как в другом кабинете, так и в другом городе. Это позволяет применять роботов УЗИ ►►

в регионах с дефицитом врачей ультразвуковой диагностики, повышая доступность данного исследования. Кроме того, некоторые авторы предлагают применение дистанционного управления для снижения контактов врачей с пациентами в инфекционных отделениях.

3. Разделение процесса сканирования и анализа. В рутинной клинической практике врач ультразвуковой диагностики вынужден одновременно с проведением УЗИ анализировать изображения на экране аппарата ультразвуковой диагностики, при этом данные – видео или фото – зачастую не сохраняются. Описание нормальной или патологической ультразвуковой картины производится параллельно самому исследованию, без возможности возвращения к видео в дальнейшем, что может снижать его точность и повышать субъективность. В свою очередь проведение УЗИ роботом обеспечивает сохранение данных, позволяя вернуться к исходным данным в любое удобное для врача время, а также при необходимости отправить их другим врачам для получения второго мнения.

4. Снижение нагрузки на врача и увеличение прецизионности. Поскольку выполнение УЗИ роботом выводит врача из процесса сбора данных, это снижает нагрузку и дает возможность для более углубленного изучения результатов. Увеличение точности выполнения УЗИ связано с наличием алгоритмов, по которым робот выполняет каждое исследование с одинаковой точностью, что также снижает количество потенциальных ошибок, связанных с человеческим фактором.

В настоящее время наибольшее применение в клинической практике получила трехмерная автоматизированная ультразвуковая система анализа молочной железы (3D ABUS). Данная технология позволяет решить основные недостатки традиционного ультразвука, такие как отсутствие стандартизации, низкая воспроизводимость, небольшое поле зрения [37]. Ее преимуществом является возможность сохранения данных, их удаленный просмотр врачом. Кроме того, контроль взаимодействия пациента с роботом осуществляется средним медицинским персоналом, что не требует присутствия врача в момент исследования.

Телероботическое УЗИ может открыть возможность создания удаленных ультразвуковых клиник для регионов, которым не хватает квали-

фицированных врачей ультразвуковой диагностики, что значительно улучшит доступ к медицинской помощи [4]. В перспективе телероботический ультразвук может обеспечить доступ к диагностическим ультразвуковым исследованиям в недостаточно обслуживаемых сельских и отдаленных регионах без регулярного доступа к УЗИ [6]. Однако мы, авторы данного обзора, считаем, что в силу того, что такой подход телемедицинского УЗИ, когда врач и пациент вынуждены находиться одновременно за рабочими местами и наличия технологических сложностей, связанных с дистанционным управлением, будет являться сдерживающим в развитии такого подхода, так как данный подход не приводит к экономии времени и не может в масштабе решить вопрос дефицита кадров. Одновременное нахождение врача и среднего медицинского персонала во время проведения дистанционного УЗИ, большой поток передаваемой информации, требующей высокоскоростного интернета, необходимость в качественной аудио- и видеосвязи в режиме реального времени становятся ограничением для применения в удаленных регионах, поскольку требует значительных технологических и человеческих ресурсов для качественного функционирования всей сложной системы. Решением этой проблемы является использование автономных роботов УЗИ без дистанционного управления. В перспективе их применение снижает количество одновременно задействованного медицинского персонала, а также может отсрочить и разделить между собой сбор данных и их дальнейшую передачу врачу, что снижает требования к скорости передачи данных и, соответственно, скорости интернет-соединения.

Кроме преимущества применения в местах с дефицитом врачей, телеульtrasound делает ультразвуковую диагностику доступной в инфекционных изоляторах, где необходимо снизить количество контактов пациентов с врачами. Врачи могут быть защищены от инфекции при выполнении дистанционной диагностики, а контроль качества может быть обеспечен удаленными консультациями.

Ряд вмешательств в медицине в настоящее время проводятся под контролем УЗИ, что позволяет точно определять локализацию мишени, на которую будет осуществлено воздействие, и снижает риск ошибок. В данной сфере также



возможно применение роботических ультразвуковых систем.

В статьях не всегда приведены названия типов роботов в соответствии с существующими классификациями, однако наш анализ позволил разделить роботов, включенных в обзор, в зависимости от их типа. Пункты классификации дополнены ссылками на примеры конкретных роботов, описанных в статье:

1. Специально созданные для УЗИ [3, 9];
2. Роботизированные руки или арм-роботы. Наиболее перспективными являются коллаборативные роботы (коботы) [18, 30];
3. Аксиальные роботы (декартовы роботы) [14, 22];
4. Авторская конструкция робота-манипулятора [25].

Стоит отметить, что авторы приборов для описания строения роботов часто используют понятие «роботизированная рука» (arm robot, арм робот). Если строго относиться к терминологии, то арм-роботы – это отдельный класс специализированных роботов, нашедший свое применение в промышленной автоматизации. В подавляющем большинстве статей авторы используют это понятие для описания созданной ими специальной конструкции, приводящее в движение датчик УЗИ, но с инженерной точки зрения это не является арм-роботом.

В части публикаций мы встретили описание применения классического арм-робота, к концевой части которого прикреплен датчик УЗИ. Преимуществами таких роботов является доступность, возможность производства на основе существующих арм-роботов. В основе такой роботизации лежит общий принцип строения таких роботов, обеспечивающий движения, аналогичные движению человеческой руки, что приближает роботический метод к привычному обследованию или терапии с участием врача. Однако в настоящее время в клинической практике нашли применение роботы, созданные специально для ультразвуковых исследований, такие как MELODY, не попадающие под классическую классификацию роботов, используемых в других сферах, например, на производстве. Именно данный тип роботов имеет разрешение для использования в клинической практике и применяется в настоящее время в ряде стран наравне с мануальным способом проведения УЗИ. По мнению авторов

обзора, использование стандартных промышленных роботов будет иметь ограничение в силу того, что такие роботы избыточны для целей ультразвуковой диагностики. Несмотря на то, что УЗИ является критическим методом диагностики, он не требует высокой прецизионности при манипуляции, которой обладают стандартные промышленные роботы. Такая избыточность повышает потенциально стоимость и без того не дешевого решения, увеличивает габариты и вес готового продукта. Вероятнее всего, для таких медицинских манипуляций, как УЗИ, будут создаваться специальные роботы.

Особенностью работы с автоматизацией УЗИ является необходимость в обратной связи при соприкосновении датчика с телом пациента, регуляция давления датчика на поверхность, а также определения области сканирования. Данные опции накладывают значительное ограничение на применение роботов для взаимодействия с пациентом, поэтому требуют поиска технологий, которые способны обеспечить определение и управление силой нажатия, а также поиск областей сканирования.

Перспективным видится совмещение роботов и протоколов, таких как FAST, используемых в неотложной медицинской помощи для экстренной диагностики травм, однако подобные примеры в литературе не были найдены [38]. Но в настоящее время проводятся исследования и внедрения в клиническую практику упрощенных протоколов проведения УЗИ, которые позволяют выполнять ультразвуковое обследование персоналу без опыта проведения УЗИ и знания анатомических структур [39, 40]. В таком случае данные, полученные по определенному алгоритму движения датчика, сохраняются и передаются врачу ультразвуковой диагностики для дальнейшего анализа. Это позволяет успешно применять УЗИ в местах с дефицитом специалистов. По результатам работы были проведены обследования 22 пациентов по протоколу для щитовидной железы, 29 пациентов по протоколу для правого верхнего квадранта (ПВК) и 16 пациентов – для акушерского УЗИ. 96% изображений были подходящего для анализа врачом качества. Средний размер файлов для акушерского анализа, анализов ПВК и щитовидной железы составили соответственно 20,6 МБ, 10,3 МБ и 6,5 МБ. Время обследования для изображений с самым высоким качеством ►►



составили 27 секунд для пациенток в третьем триместре беременности, 20 секунд для пациенток во втором триместре, 13 секунд для исследования ПВК и 10 секунд для щитовидной железы [40]. Данные исследования показывают возможность создания алгоритмов ультразвукового сканирования областей тела, при которых не требуется присутствие врача. Подобные решения перспективны для внедрения в роботические ультразвуковые системы с возможностью записи данных и последующего их анализа специалистом.

Перспективным является использование роботов для разделения получения информации и ее анализа. Такой подход с одной стороны требует преодоления технологических барьеров, таких как создание роботов, способных к самостоятельному поиску областей исследования, передачи данных, их возможной обработки, а с другой стороны, может увеличить пропускную способность и автоматизировать процесс УЗИ и увеличить эффективность благодаря тому, что врач исключается из процесса сбора информации и находится только на этапе анализа данных.

За рамками нашего исследования мы оставили вопрос использования интеллектуальных инструментов для диагностики, лежащих в основе искусственного интеллекта, однако стоит сделать акцент на том, что такие инструменты имеются сейчас и развиваются, и кажется крайне перспективным их совмещение с роботизацией процесса.

## ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Роботизация ультразвукового исследования включает в себя множество технологических решений: роботы-манипуляторы, системы навигации и позиционирования, системы обратной связи, обработка, передача и хранение визуальных данных, алгоритмы на базе искусственного интеллекта.

Использование роботов для проведения ультразвукового исследования значительно облегчает проведение данной процедуры в удаленных регионах с дефицитом врачей ультразвуковой диагностики, что обеспечивается дистанционным управлением или автономностью роботов. Применение роботов УЗИ является перспективным для снижения нагрузки на врачей ультразвуковой диагностики и увеличения точности, разделения процессов сбора данных и их анализа, а также изменения процесса ультразвукового исследования с повышением его воспроизводимости и уходом от оператор-зависимых технологий благодаря автоматизации и формализации процесса.

На пути создания решений на сегодняшний момент существуют серьезные технологические барьеры. Вероятнее всего, мы находимся сейчас на этапе преодоления данных ограничений, после преодоления которых можно ожидать появления большего числа готовых решений. ▀

## ЛИТЕРАТУРА

- Nielsen MB, Sogaard SB, Andersen SB, Skjoldbye B, Hansen KL, Rafaelsen S, et al. Highlights of the development in ultrasound during the last 70 years: A historical review. *Acta Radiol* 2021;62(11):1499–1514.
- Ibrahim A, Zhang Sh, Angiolini F, Arditi M, Kimura S, Goto S, et al. Towards Ultrasound Everywhere: A Portable 3D Digital Back-End Capable of Zone and Compound Imaging. *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst* 2018;12(5):968–981.
- MELODY – Telerobotic ultrasound solution [Electronic resource]. AdEchoTech. URL: <https://www.adechotech.com/products/> (accessed: 04.06.2022).
- Adams SJ, Burbridge BE, Badaea A, Langford L, Vergara V, Bryce Rh, et al. Initial Experience Using a Telerobotic Ultrasound System for Adult Abdominal Sonography. *Can Assoc Radiol J* 2017;68(3):308–314.
- Avgousti S, Panayides AS, Jossif AP, Christoforou EG, Vieyres P, Novales C, et al. Cardiac ultrasonography over 4G wireless networks using a tele-operated robot. *Healthcare Technology Letters* 2016;3(3):212–217.
- Adams S, Burbridge SJ, Chatterson L, Babyn P, Mendez I. A Telerobotic Ultrasound Clinic Model of Ultrasound Service Delivery to Improve Access to Imaging in Rural and Remote Communities. *Journal of the American College of Radiology* 2022;19(1):162–171.
- ACUSON S2000 Automated Breast Volume Scanner. [Electronic resource]. URL: <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/marketing-toolkits/ultrasound-marketing-toolkit/acuson-s2000-abvs-marketing-toolkit> (accessed: 06.06.2022).
- Xin Y, Zhang X, Yang Y, Chen Y, Wang Y, Zhou X, et al. A multicenter, hospital-based and non-inferiority study for diagnostic efficacy of automated whole breast ultrasound for breast cancer in China. *Sci Rep* 2021;11(1):13902.
- GE InveniaTM ABUS 2.0. [Electronic resource]. URL: <https://ge-ultrasound.eu/voluson-gynecology-obstetrics/invenia-abus-2-0/> (accessed: 04.07.2022).
- Li L, Lv G, Shen H, Liao L, Zhong R, Zheng Ch, et al. Applications of Mechanical Arm in the Virtual Touch Tissue Imaging Quantification and the Differential Diagnosis of Breast Tumors. *Ultrasound Quarterly* 2022;38(1):25–30.
- Ibraheem SA, Mahmud R, Saini SM, Hassan HA, Keiteb AS, Dirie AM, et al. Evaluation of Diagnostic Performance of Automatic Breast Volume Scanner Compared to Handheld Ultrasound on Different Breast Lesions: A Systematic Review. *Diagnostics* 2022;12(2):541.
- Wang S. Robotic-Assisted Ultrasound for Fetal Imaging: Evolution from Single-Arm to Dual-Arm System. Towards Autonomous Robotic Systems. ed. Althoefer K, Konstantinova J, Zhang K. Cham: Springer International Publishing 2019(11650):27–38.
- Wang S, Housden J, Noh Y, Singh A, Back J, Lindenroth L, et al. Design and Implementation of a Bespoke Robotic Manipulator for Extra-corporeal Ultrasound. *JoVE* 2019(143):58811.
- Tsumura R, Iwata H. Robotic fetal ultrasonography platform with a passive scan mechanism. *Int J CARS* 2020;15(8):1323–1333.
- Lindenroth L, Housden RJ, Wang Sh, Back J, Rhode K, Liu H. Design and Integration of a Parallel, Soft Robotic End-Effector for Extracorporeal Ultrasound. *IEEE Trans. Biomed. Eng* 2020;67(8):2215–2229.
- Kaminski JT, Rafatzand K, Zhang H. Feasibility of robot-assisted ultrasound imaging with force feedback for assessment of thyroid diseases. *Medical Imaging 2020: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling*. ed. Fei B, Linte CA. Houston, United States: SPIE 2020:48.

## ЛИТЕРАТУРА

17. Obaid M, Zhang Q, Adams SJ, Fotouhi R, Obaid H. Development and assessment of a tele-ultrasonography system for musculoskeletal imaging. *Eur Radiol Exp* 2021;5(1):29.
18. Akbari M, Carriere J, Meyer T, Sloboda R, Husain S, Usmani N, et al. Robotic Ultrasound Scanning With Real-Time Image-Based Force Adjustment: Quick Response for Enabling Physical Distancing During the COVID-19 Pandemic. *Front Robot AI* 2021(8):645424.
19. Wang J, Peng Ch, Zhao Y, Ye R, Hong J, Huang H, Chen L. Application of a Robotic Tele-Echography System for COVID-19 Pneumonia. *J Ultrasound Med* 2021;40(2):385–390.
20. MGIUS-R3 [Electronic resource]. URL: [https://en.mgi-tech.com/products/instruments\\_info/11/](https://en.mgi-tech.com/products/instruments_info/11/) (accessed: 14.07.2022).
21. Wu S, Wu D, Ye R, Li K, Lu Y, Xu J, Xiong L. Pilot Study of Robot-Assisted Teleultrasound Based on 5G Network: A New Feasible Strategy for Early Imaging Assessment During COVID-19 Pandemic. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2020;67(11):2241–2248.
22. Tsumura R, Hardin JW, Bimbraw K, Grossestreuer AV, Odusanya OS, Zheng Y, et al. Tele-Operative Low-Cost Robotic Lung Ultrasound Scanning Platform for Triage of COVID-19 Patients. *IEEE Robot. Autom. Lett* 2021;6(3):4664–4671.
23. Huang Q, Lan J, Li X. Robotic Arm Based Automatic Ultrasound Scanning for Three-Dimensional Imaging. *IEEE Trans. Ind. Inf* 2019;15(2):1173–1182.
24. Holmes HL, Stiller AA, Moore ChJ, Gregory AV, Roos CM, Miller JD, Gesser RC, et al. Use of 3D Robotic Ultrasound for In Vivo Analysis of Mouse Kidneys. *JoVE* 2021(174):62682.
25. Bao X, Wang S, Housden R, Hajnal J, Rhode K. A Constant-Force End-Effector With Online Force Adjustment for Robotic Ultrasonography. *IEEE Robot Autom Lett* 2021;6(2):2547–2554.
26. Chen S, Li Zh, Lin Y, Wang F, Cao Q. Automatic ultrasound scanning robotic system with optical waveguide-based force measurement. *Int J CARS* 2021;16(6):1015–1025.
27. Ning G, Zhang X, Liao H. Autonomic Robotic Ultrasound Imaging System Based on Reinforcement Learning. *IEEE Trans Biomed Eng* 2021;68(9):2787–2797.
28. Wang K-J, Chen Ch-H, Chen J-J, Ciou W-S, Xu Ch-B, Du Yi-Ch. An Improved Sensing Method of a Robotic Ultrasound System for Real-Time Force and Angle Calibration. *Sensors* 2021;21(9):2927.
29. Virga S, Gobl R, Baust M, Navab N, Hennersperger Ch. Use the force: deformation correction in robotic 3D ultrasound. *Int J CARS* 2018;13(5):619–627.
30. Ipsen S, Wulff D, Kuhlemann I, Schweikard A, Ernst F. Towards automated ultrasound imaging—robotic image acquisition in liver and prostate for long-term motion monitoring. *Phys. Med. Biol* 2021;66(9):094002.
31. Fotouhi R, Semnani AN, Zhang QW, Adams SJ, Obaid H. A toolkit for haptic force feedback in a telerobotic ultrasound system. *BMC Res Notes* 2021;14(1):393.
32. Quanser Haptic 5-DOF Wand Blocks [Electronic resource]. URL: [https://docs.quanser.com/quarc/documentation/quanser\\_5dof\\_wand\\_blocks.html](https://docs.quanser.com/quarc/documentation/quanser_5dof_wand_blocks.html) (accessed: 18.06.2022).
33. Wang J. 3D-printing based Transducer Holder for Robotic Assisted Ultrasound Guided HIFU. *Procedia Manufacturing* 2019(30):3–10.
34. Schlüter M, Furweger C, Schlaefer A. Optimizing robot motion for robotic ultrasound-guided radiation therapy. *Phys Med Biol* 2019;64(19):195012.
35. Gerlach S, Kuhlemann I, Ernst F, Furweger Ch, Schlaefer A. Impact of robotic ultrasound image guidance on plan quality in SBRT of the prostate. *BJR* 2017;90(1078):20160926.
36. Marsh-Feiley G, Eadie L, Wilson P. Tele-ultrasonography in emergency medicine: A systematic review. *PLoS ONE*. ed. Schlachetzki F 2018;13(5):e0194840.
37. Nicosia L, Ferrari F, Bozzini AC, Latronico A, Trentin Ch, Meneghetti L, Pesarane F, et al. Automatic breast ultrasound: state of the art and future perspectives. *Ecancer* 2020;14.
38. Ianniello S, Conte P, Serafino MD, Miele V, Trinci M, Vallone G, Galluzzo M. Diagnostic accuracy of pubic symphysis ultrasound in the detection of unstable pelvis in polytrauma patients during e-FAST: the value of FAST-PLUS protocol. A preliminary experience. *J Ultrasound* 2021;24(4):423–428.
39. Arroyo J, Marini TJ, Saavedra AC, Toscano M, Baran TM, Drennan K, Dozier A, et al. No sonographer, no radiologist: New system for automatic prenatal detection of fetal biometry, fetal presentation, and placental location. *PLoS ONE*. ed. Papadopoulou V 2022;17(2):e0262107.
40. Marini TJ, Oppenheimer DC, Baran TM, Rubens DJ, Toscano M, Drennan K, et al. New Ultrasound Telediagnostic System for LOW-RESOURCE Areas: Pilot Results From Peru. *J Ultrasound Med* 2021;40(3):583–595.

## Сведения об авторах:

Лебедев Г.С. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных и интернет-технологий Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет); заведующий отделом инновационного развития и научного проектирования ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» МЗ РФ; Москва, Россия; geramail@rambler.ru; PИHЦ AuthorID 144872

Шадеркин И.А. – к.м.н., заведующий лабораторией электронного здравоохранения Института цифровой медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет); Москва, Россия; info@uroweb.ru; PИHЦ AuthorID 695560

Шадеркина А.И. – студентка 4го курса Института клинической медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовского университета); Москва, Россия; nastyashade01@yandex.ru; PИHЦ AuthorID 1064989

## Вклад авторов:

Лебедев Г.С. – дизайн исследования, 10%  
Шадеркин И.А. – научный интерес публикации, написание текста, 45%  
Шадеркина А.И. – литературный обзор, написание текста, 45%

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 29.04.22

**Рецензирование:** 11.05.22

**Результаты рецензирования:** 22.05.22, 29.05.22

**Принята к публикации:** 30.05.22

## Information about authors:

Lebedev G.S. – MD, PhD, professor, Head of the Department of Information and Internet Technologies at Sechenov University; Head of the Department of Innovative Development and Scientific Design of the Central Research Institute of Organization and Informatization of Health Care of the Ministry of Health of the Russian Federation; Moscow, Russia; geramail@rambler.ru

Shaderkin I.A. – MD, PhD, Head of the Laboratory of Electronic Health, Institute of Digital Medicine, Sechenov University; Moscow, Russia; info@uroweb.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Shaderkina A.I. – 4-year student Institute of Clinical Medicine of the First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University); Moscow, Russia; nastyashade01@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0639-3274>

## Authors contributions:

Lebedev G.S. – review design, 10%  
Shaderkin I.A. – scientific interest of the article, text writing, 45%  
Shaderkina A.I. – literature review, text writing, 45%

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Received:** 29.04.22

**Reviewing:** 11.05.22

**Peer review results:** 22.05.22, 29.05.22

**Accepted for publication:** 30.05.22

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-42-49>

# Электронный бэнчмаркинг как инструмент в оценке эффективности деятельности медицинских организаций

Литературный обзор

**А.А. Иванова, Е.В. Завалева, А.В. Владзимирский, А.Г. Андрузская,  
И.И. Аюпова, В.И. Завалев**

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» Департамента здравоохранения города Москвы»; д. 8, ул. Сосенский стан, Москва, 108804, Россия

**Контакт:** Завалева Елена Валентиновна, [ezavaleva@yandex.ru](mailto:ezavaleva@yandex.ru)

**Аннотация:**

**Введение.** Обеспечение качества и доступности медицинской помощи, формирование ценностно-ориентированного здравоохранения, внедрение систем менеджмента качества создало предпосылки к разработке единого подхода к оценке эффективности медицинской деятельности учреждений здравоохранения. В рамках цифровизации и автоматизации всех процессов вышеуказанные задачи могут быть решены посредством электронного бэнчмаркинга.

**Цель:** разработка перечня критериев оценки эффективности лечебно-диагностической деятельности учреждений здравоохранения для конструирования автоматизированного многокритериального способа.

**Материалы и методы.** Проведен анализ правового поля в сфере охраны здоровья, обзор литературы по вопросам внедрения систем менеджмента качества, оценке эффективности деятельности медицинских организаций. Изучен опыт внедрения отечественных и зарубежных стандартов качества в учреждениях здравоохранения.

**Результаты.** Обоснована необходимость разработки и автоматизации способа оценки эффективности медицинской деятельности учреждений здравоохранения. Сформирован критериально-диагностический аппарат, включающий 27 показателей и предложена методика оценки. Обозначены основные составляющие для формирования автоматизированной системы оценки.

**Выводы.** Электронный бэнчмаркинг позволяет проводить оценку эффективности работы медицинских организаций с разными стандартами качества, на разных уровнях, выявлять эффективные и неэффективные учреждения здравоохранения, проводить ранжирование медицинских организаций одного номенклатурного ряда/профиля, находящихся в схожих условиях, что может быть использовано при планировании финансирования учреждений сферы охраны здоровья в рамках развития ценностно-ориентированного здравоохранения.

**Ключевые слова:** медицинские организации; электронный бэнчмаркинг; системы менеджмента качества; пациентоцентричность, ценностно-ориентированное здравоохранение; цифровые сервисы; клинические рекомендации.

**Для цитирования:** Иванова А.А., Завалева Е.В., Владзимирский А.В., Андрузская А.Г., Аюпова И.И., Завалев В.И. Электронный бэнчмаркинг как инструмент в оценке эффективности деятельности медицинских организаций. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(2)42-49; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-42-49>

**Electronic benchmarking as a tool for assessing the performance of medical organizations**  
Literature review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-42-49>

**A.A. Ivanova, E.V. Zavaleva, A.V. Vladimirskeyy, A.G. Andruzskaya, I.I. Ayupova, V.I. Zavalev**

In Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka», 108804, Moscow, st. Sosensky camp, house 8.

**Contact:** Elena V. Zavaleva, ezavaleva@yandex.ru

**Background.** Improvement in the quality and safety of medical care, the formation of patient-centered healthcare as well as the introduction of quality management systems created the necessity for the development of the unified practical tool that widespread allows to assess the effectiveness of medical activities in hospitals and clinics. The above task could be solved through electronic benchmarking within digitalization and automation.

**Purpose:** To develop indicators for evaluating the effectiveness of medical and diagnostic activities of healthcare institutions for the subsequent construction of an automated multicriterial method.

**Materials and methods.** The analysis of regulatory legal acts in the field of health care, literature review of quality management systems implementation and evaluation of the effectiveness in medical organizations were carried out. The experience of implementing national and foreign quality standards in municipal healthcare institutions has been studied.

**Results.** The necessity of developing and automating a method for efficiency evaluation of health services in medical institutes is proved. A criteria-diagnostic complex, including 27 indicators, has been formed and an assessment methodology has been proposed. Moreover, the main software components for automated evaluation system are outlined.

**Conclusions.** Electronic benchmarking makes possible to evaluate the medical organizations that keep different quality standards, have different submission levels, and allows to compare capabilities of medical organizations against peer institutes within the industry in similar conditions. All this information can be widely used in planning of medical hospitals financing within the framework of the development of value-based healthcare.

**Key words:** quality and safety of medical care; electronic benchmarking; quality management systems; patient-centered healthcare; value-based healthcare; digital services; clinical guidelines.

**For citation:** Ivanova A.A., Zavaleva E.V., Vladimirskey A.V., Andruzskaya A.G., Ayupova I.I., Zavalev V.I. Electronic benchmarking as a tool for assessing the performance of medical organizations. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(2)42-49; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-42-49>

## ■ ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Прогнозом долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года сфера охраны здоровья должна быть ориентирована на создание эффективной системы, способной обеспечить население доступной и качественной медицинской помощью с применением лучших практик и достижений медицинской науки [1].

С целью реализации поставленных задач внедрение инновационных методов управления в сочетании с лучшими отечественными практиками управления прошлого периода, доказавшими свою высокую эффективность, является наиболее целесообразным [2].

В современных условиях оценка качества оказания медицинской помощи должна проводиться на всех уровнях – федеральном, региональном и непосредственно на уровне медицинской организации и пациента. С этой целью оптимизация процессов сбора, анализа полученной информации, а также контроля эффективности и результативности организации оказания медицинской помощи требует реализации новых подходов, а именно цифровизации и автоматизации [3].

В связи с вышесказанным внедрение электронного бэнчмаркинга – автоматизированного многокритериального способа сравнительной

оценки эффективности деятельности медицинских организаций – приобретает все большую значимость.

Более того, электронный бэнчмаркинг позволяет не только выявлять «болевы точки» в работе медицинских учреждений, но и разрабатывать целенаправленный план корректирующих мероприятий, что, безусловно, способствует устойчивому развитию системы охраны здоровья в целом.

Вышеизложенное определило цель настоящей работы – разработка перечня критериев оценки эффективности лечебно-диагностической деятельности учреждений здравоохранения для конструирования автоматизированного многокритериального способа.

## ■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ действующих законодательных актов в сфере охраны здоровья в Российской Федерации с целью определения индикаторов, оказывающих влияние на построение существующей системы менеджмента качества. Осуществлен обзор литературы по вопросам применения стандартов качества, способам оценки эффективности работы медицинских организаций. Изучен опыт внедрения международных стандартов качества JCI и ISO ►►



на базе ГБУЗ «ММКЦ «Коммунарка» ДЗМ» и ГБУЗ «НПКД ДиТ ДЗМ» соответственно.

Методическая основа настоящей работы представлена комплексом методов, включающих аналитический, логический, анализ и нормативно-правовой мониторинг.

## ■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В Послании Президента Федеральному Собранию (2020 г.) определена необходимость устойчивого развития системы здравоохранения, т.е. развитие ценностно-ориентированной системы охраны здоровья с внедрением систем управления качеством и пациентоцентричного подхода [4-6].

На федеральном уровне управление качеством регламентировано Федеральными законами (от 21.11.2011 №323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», от 29.11.2010 №326-ФЗ «Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации»), Программой государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи, ежегодно утверждаемой Правительством РФ, а также нормативными актами прямого действия – приказами Министерства здравоохранения Российской Федерации (от 10.05.2017 №203н «Об утверждении критериев оценки качества медицинской помощи», от 31.07.2020 № 785н «Об утверждении требований к организации и проведению внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности»).

Таким образом, в стране создана серьезная нормативно-правовая база, регламентирующая обеспечение доступности и эффективности медицинской помощи посредством формирования современной системы управления качеством.

В настоящее время в российской системе здравоохранения широко применяются отечественные (Практические рекомендации Росздравнадзора) и постепенно внедряются международные стандарты (ISO, JCI, HAS, NSQHS, ACSA), устанавливающие систему менеджмента качества (далее – СМК). Последние реализуются и в медицинских организациях, подведомственных Департаменту города Москвы, в том числе ГБУЗ «ММКЦ «Коммунарка» ДЗМ» и ГБУЗ «НПКД ДиТ ДЗМ» [7-11].

СМК ориентированы не только на оценку результата оказания медицинской помощи, но и про-

цессов, приводящих к тому или иному результату, позволяют оценивать эффективность оказания медицинской помощи в медицинских организациях в целом.

В соответствии с национальным проектом «Здравоохранение» одним из ключевых моментов развития системы охраны здоровья является цифровизация [3]. В рамках последней свое начало получили самые перспективные направления цифрового здравоохранения (цифровые сервисы): телемедицина, цифровой ассистент для пациента, искусственный интеллект, дистанционный мониторинг пациентов и другие [12]. Внедрение цифровых технологий всегда предполагает автоматизацию всех бизнес-процессов, в том числе и оценку эффективности работы медицинских организаций.

Более десяти лет в здравоохранении развитых стран применяется такой цифровой сервис, как электронный бэнчмаркинг. Впервые появившись в экономической сфере с целью формирования конкурентно способного рынка, данный метод в эпоху коммерциализации медицины и развития ценностно-ориентированного здравоохранения завоевал и сферу охраны здоровья. При этом бэнчмаркинг применяется не только и не столько для оценки эффективности системы менеджмента, сколько отдельных направлений клинической практики [13-15].

В последние годы система здравоохранения Российской Федерации находится в непрерывном развитии: разрабатываются образовательные программы с учетом современных подходов и возможностью непрерывного обучения специалистов, происходит закупка новейшего оборудования, строительство новых и реконструкция старых медицинских учреждений, разрабатываются и внедряются клинические рекомендации, международные протоколы/схемы лечения и диагностики, в которых уже заложены критерии оценки качества оказания медицинской помощи. Необходим только инструмент, позволяющий в автоматизированном виде генерировать полученные результаты с получением интегральной оценки анализируемых процессов. Более того, данный инструмент должен быть маневренной системой, поддающейся коррекции в зависимости от изучаемого направления.

Вышеизложенное сформировало предпосылки к разработке критериев для универсаль-

ного автоматизированного способа оценки эффективности медицинской деятельности как учреждений здравоохранения в целом, так и отдельных направлений процесса оказания медицинской помощи.

Множество работ посвящено алгоритму и этапам проведения бенчмаркинга в медицинских организациях, однако только единичные отражают саму методологию оценки [16-18].

В рамках данного направления существует модель электронного бенчмаркинга, разработанного на основе метода анализа среды функционирования, в качестве источников данных в котором служит информация из медицинской информационной системы, федерального регистра медицинских организаций и федерального регистра медицинских сотрудников. Данный способ оценки позволяет вычислять единственный совокупный показатель, оценивающий относительную эффективность медицинской организации по имеющимся в общих информационных системах данным [19, 20].

Методика оценки деятельности медицинской организации посредством выделения основных функций менеджмента (5 блоков), объединенных в 4 основных блока и 1 блок по специфическим показателям, разработанная в Республике Казахстан, основана на подсчете суммы оценок каждого блока [21]. Однако данная модель бенчмаркинга не учитывает значимость (вес) индикаторов, входящих в каждый блок.

В связи с вышесказанным, целесообразно разработать интегральный способ оценки, позволяющий проводить анализ эффективности медицинской деятельности не только как простой набор критериев [22].

Такой способ может быть сконструирован на базе теории принятия решений и должен обладать следующими характеристиками:

- носить системный характер, то есть информативные критерии должны характеризовать все компоненты оказания медицинской помощи – афферентного синтеза, принятия решений, эфферентного синтеза, обратной афферентации;

- иметь четкую градацию и достаточно подробное описание каждого информативного критерия (например, высокий, средний, низкий уровень);

- разделять информативные критерии по степени важности в отношении результата адап-

тации (системообразующего фактора) – для каждого определить коэффициент значимости;

- осуществлять многокритериальную оценку на основании сравнения с обоснованными модельными вариантами;

- определять итоговую интегральную оценку; позволять проводить сравнительную оценку любого числа медицинских организаций в динамике;
- выявлять критерии, которые послужили причиной выставления той или иной интегральной оценки, то есть давать возможность определять целенаправленные корректирующие мероприятия.

Предложенный способ наряду с существующими методиками оценки деятельности медицинских организаций позволяет учитывать значимость каждого показателя при выставлении интегральной оценки, так как при простом суммировании показателей равной важности истинную эффективность деятельности учреждения здравоохранения оценить не представляется возможным – интегральная оценка при данном подходе может быть завышенной именно за счет количества менее значимых критериев, при этом показатели более важные по значимости будут проигнорированы.

В рамках данной работы проведен анализ соответствия критериев (маппинг) стандартов качества JCI (Joint Commission International) – 310 стандартов, HAS (Haute Autorité De Santé) – 85 критериев, ГОСТ ISO 9001 – 64 критерия, Практических рекомендаций Росздравнадзора – 125 показателей и нормативной базы в сфере охраны здоровья граждан в Российской Федерации. Необходимо отметить, что, несмотря на разнообразие существующих стандартов качества, во всех СМК можно выделить 3 основных блока: управление пациентами, управление кадровыми ресурсами, управление организацией оказания медицинской помощи.

Представляется интересным разработка универсальных критериев для каждого блока с целью оценки эффективности организации оказания медицинской помощи в учреждениях здравоохранения с различными СМК с возможностью выделения лидеров и «аутсайдеров», ранжирования медицинских организаций одного номенклатурного ряда как в пределах субъекта Российской Федерации, так и в рамках Федеральных округов и страны в целом.

Под критерием (от греческого *kriterion* – средство для суждения) понимают признак, на основе которого производится оценка, определение ►

или классификация чего-либо; мерило оценки, суждения.

По итогам проведенной работы по сравнению и поиску соответствий во всех вышеперечисленных стандартах качества с российским законодательством разработаны 25 наиболее информативных критериев, характеризующих каждый блок (табл. 1).

Еще два основополагающих критерия – уровень летальности и оборот койки – являются статистическими показателями деятельности учреждения здравоохранения, а не характеризуют отдельный компонент процесса оказания медицинской помощи.

С целью создания системы оценки, позволяющей в режиме реального времени удаленно вносить корректировки в зависимости от поставленных задач, предложенный способ возможно автоматизировать на базе программной системы 1С: Предприятие, при использовании стек технологий, а также на основе функционирующей Единой медицинской информационно-аналитической системы (далее – ЕМИАС). Основная задача реализации бэнчмаркинга на базе ЕМИАС состоит во внесении дополнительных полей и интеграции с Единой государственной информационной системой в сфере здравоохранения (далее – ЕГИСЗ) с целью обеспечения возможности автоматизированного включения информации

**Таблица 1. Информативные критерии эффективности организации оказания медицинской помощи в медицинских организациях**

**Table 1. Informative criteria for the effectiveness of the organization of medical care in medical organizations**

№ п/п/ No.	Наименование критерия / Criterion name
<b>Управление пациентами</b>	
1	Эффективность коммуникаций
2	Соблюдение прав пациентов и членов их семей
3	Проведение обучения пациентов и их семей
4	Организация контроля над болью (эффективное обезболивание)
5	Информированное согласие
<b>Управление кадровыми ресурсами</b>	
6	Статус персонала
7	Квалификация и обучение персонала
8	Клиническая и организационная этика
<b>Управление организацией оказания медицинской помощи</b>	
9	Идентификация пациента
10	Эпидемиологическая безопасность (профилактика инфекций, связанная с оказанием медицинской помощи)
11	Программа по улучшению качества и безопасности пациентов
12	Непрерывность оказания медицинской помощи (в том числе выписка, динамическое наблюдение)
13	Преемственность оказания медицинской помощи
14	Хирургическая безопасность
15	Организация терапии пациентов высокой группы риска
16	Менеджмент медикаментозной терапии
17	Организация ухода за паллиативными пациентами
18	Организация процесса распознавания и реагирования на изменения в состоянии пациента
19	Лабораторная служба
20	Служба визуализации
21	Менеджмент службы крови
22	Инфраструктура и безопасная среда (в том числе профилактика падений)
23	Развитие информатизации
24	Оформление медицинской документации
25	Организация реанимационной помощи

из Федерального регистра медицинских работников и медицинских организаций.

Сконструированный критериально-диагностический аппарат позволяет на основе системного и процессного подходов проводить оценку эффективности медицинской деятельности учреждений здравоохранения, определять критерии (высокой и низкой значимости), полученные на основе экспертного мнения, которые требуют проведения корректирующих мероприятий, устанавливать лучшие практики реализации системы менеджмента качества, ранжировать медицинские организации одного профиля/номенклатурного ряда и находящиеся в схожих условиях в рамках субъекта Российской Федерации, Федеральных округов и страны в целом.

## ■ ОБСУЖДЕНИЕ

Проводимой государственной политикой определен вектор развития системы здравоохранения, направленный на создание качественно нового уровня оказания медицинской помощи населению страны. С целью соблюдения траектории движения необходимым является внедрение инновационных технологий в управление оказанием медицинской помощи с целью обеспечения ее качества и доступности. При этом целесообразным является синтез лучших практик прошлого и привнесение новых вех с учетом современного развития цифровых технологий.

Концепция ценностно-ориентированного здравоохранения, основной целью которой является улучшение показателей здоровья населения наряду с эффективным расходованием денежных средств предполагает проведение оценки деятельности медицинских организаций с целью дальнейшего планирования финансирования в зависимости от ее «успешности».

Таким образом сложились предпосылки для определения унифицированного перечня показателей (критериев), характеризующих все компоненты оказания медицинской помощи.

В международной практике на протяжении уже нескольких десятилетий изучают вопрос управления качеством, разрабатывают и внедряют соответствующие стандарты, основанные на процессном и системном подходах.

Учитывая наилучшие практики стандартов качества (JCI, HAS, ISO, Практические рекомендации

Росздравнадзора), действующее законодательство с сфере охраны здоровья граждан в Российской Федерации в статье предложен перечень из 27 индикаторов, 2 из которых являются статистическими показателями, разделенных на 3 основных блока: управление пациентами, управление кадровыми ресурсами и управление организацией оказания медицинской помощи.

С целью обеспечения возможности оценки деятельности, ранжирования медицинских организаций в рамках профилей оказания медицинской помощи, номенклатурного ряда и схожих условий помимо критериев требуется разработка и/или внедрение уже сконструированного способа. В зарубежной практике на протяжении многих лет с данной целью применяют электронный бэнчмаркинг. В нашей стране данное направление внедрено в экономическом секторе, однако в сфере охраны здоровья только начинает свое развитие. В научной литературе фигурируют различные способы оценки, положенные в основу электронного бэнчмаркинга, однако ни один из них не учитывает градацию, коэффициент важности каждого показателя, характеризующего оказание медицинской помощи. В связи с вышеизложенным в работе предложена модель конструирования способа оценки, предполагающего формирование интегральной оценки, основанной на градации и важности каждого информативного критерия.

В рамках цифровизации в сфере охраны здоровья целесообразным является автоматизация предложенного способа оценки эффективности деятельности медицинских организаций, как на новой платформе с интеграцией в существующие программы, так и на базе функционирующих систем.

Автоматизированный многокритериальный способ оценки – электронный бэнчмаркинг – является одним из инновационных инструментов управления эффективностью медицинской деятельности учреждений здравоохранения с разными системами менеджмента качества и подходами к организации бизнес-процессов. Данный способ позволяет выявить проблемные моменты, разработать целенаправленные корректирующие мероприятия и тем самым повысить качество оказания медицинской помощи.

Электронный бэнчмаркинг может выступать одним из звеньев ценностно-ориентированного здравоохранения при планировании ►►



финансирования медицинских организаций в зависимости от уровня интегральной оценки.

## ■ ВЫВОД

1. Внедрение электронного бэнчмаркинга позволяет унифицировать подход в оценке эффективности работы медицинских организаций с разными стандартами качества, выявлять «этапную» модель учреждения здравоохранения.

2. Применение многокритериального способа оценки эффективности медицинской деятельности учреждений здравоохранения, основанного на тео-

рии принятия решений, позволяет проводить комплексную интегральную оценку с учетом важности/веса отдельно взятого индикатора (показателя/критерия), характеризующего каждый компонент оказания медицинской помощи.

3. Ранжирование медицинских организаций одного номенклатурного ряда/профиля может быть использовано при планировании финансирования учреждений в зависимости от полученной интегральной оценки, что является одной из составляющих современной тенденции развития системы охраны здоровья Российской Федерации – ценностно-ориентированного здравоохранения. ▀

## ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.10.2021 №2816-р. «Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_144190/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/) (Дата обращения: 30.03.2022). [Decree of the Government of the Russian Federation dated October 6 2021 N2816-r. Forecast of the long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2030; URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_144190/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/) (Data obrascheniya: 30.03.2022). (In Russian)].
2. Власова О.В., Наджафова М.Н. Проблемы внедрения инновационных технологий в здравоохранении. *Региональный вестник* 2019;2(17):6-8. [Vlasova OV, Nadzhafova MN. Problemy vnedeniya innovatsionnykh tehnologiy v zdorovoohranenii [Problems of introducing innovative technologies in healthcare. *Regional Bulletin = Regionalnyy vestnik* 2019;2(17):6-8. (In Russian)].
3. Рвачева А.С., Сарангов М.Б. Цифровизация в сфере здравоохранения. В сборнике: Цифровизация региона: проблемы и перспективы. Материалы II национальной научно-практической конференции. Редколлегия: Г.Я. Казакова и др. 2020:91-92. [Rvacheva A.S., Saranogov M.B. Digitalization in the field of healthcare. In the collection: Digitalization of the region: problems and prospects. Materials of the II National Scientific and Practical Conference. Editorial Board: G.Y. Kazakova et al. 2020:91-92. (In Russian)].
4. Хайруллин И.И., Рахматуллин Р.Э., Габитова С.Е. Обзор сертификации человекоцентричной помощи (Person-Centered Care Certification®) международной компании Planetree International США. *Менеджер здравоохранения* 2021(9):81-87. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2021-9-81-87>. [Overview of Person-Centered Care Certification® by Planetree International, USA. *Menedzher zdorovoohraneniya = Health Care Manager* 2021(9):81-87. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2021-9-81-87>. (In Russian)].
5. Иванов И.В., Швабский О.Р., Эмануэль А.В., Иванов Г.А., Таут Д.Ф., Аверьянова Е.В. Система управления качеством в здравоохранении РФ: настоящее и будущее. *Стандарты и качество* 2016(1):27-29. [Ivanov IV, Shvabskiy OR, Emanuel AV, Ivanov GA, Taut DF, Averyanova EV. Quality management system in healthcare of the Russian Federation: present and future. *Standards and quality. Standarty i kachestvo = Standards and Quality* 2016(1):27-29. (In Russian)].
6. Мусина Н.З., Омеляновский В.В., Гостищев Р.В., Сухоруких О.А., Федяева В.К., Сисигина Н.Н. и др. Концепция ценностноориентированного здравоохранения. *Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология* 2020;13(4):438-4514. [Musina NZ, Omelyanovskiy VV, Gostischev RV, Suhorukih OA, Fedyaeva VK, Sisigina NN et al. The concept of value-oriented health care. *Farmakoeconomika. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya = Pharmacoconomics. Modern pharmacoconomics and pharmacoepidemiology* 2020;13(4):438-4514. (In Russian)].
7. Иванов И.В., Шарикадзе Д.Т., Боброва С.В. Предложения (практические) организации внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности в поликлинике. *Вестник Росздравнадзора* 2017(4):79-82. [Ivanov IV, Sharikadze DT, Bobrova SV. Proposals (practical) organization of internal quality control and safety of medical activities in the clinic. *Vestnik Roszdravnadzora = Bulletin of Roszdravnadzor* 2017(4):79-82. (In Russian)].
8. Михайлова Ю.В., Иванов И.В., Шикина И.Б., Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Вечорко В.И. Экспертные методы при выборе показателей для независимой оценки качества медицинской помощи в медицинских организациях, оказывающих амбулаторную помощь. *Вестник Росздравнадзора* 2016(4):74-77. [Mihailova UV, Ivanov IV, Shikina IB, Polikarpov AV, Golubev NA, Vechorko VI. Expert methods in the selection of indicators for independent assessment of the quality of medical care in medical organizations providing outpatient care. *Vestnik Roszdravnadzora = Bulletin of Roszdravnadzor* 2016(4):74-77. (In Russian)].
9. Абдувокхидов К., Исmoiljonov Y, Komilov B. Quality management systems in healthcare myths and reality. *Universum: технические науки: электронный научный журнал* 2021;9(90). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12269>. (Дата обращения: 30.03.2022). [Abduvokhidov K, Ismoiljonov Y, Komilov B. Quality management systems in healthcare myths and reality. *Universum: tekhnicheskie nauki: elektronnyy nauchnyy zhurnal = Universum: technical sciences: electronic scientific journal* 2021;9(90). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12269>. (Data obrascheniya: 30.03.2022). (In Russian)].
10. Шигамбаева С.А. Управление качеством медицинской помощи через внедрение стандартов международной аккредитации Joint commission international. В сборнике: Окружающая среда и здоровье. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию медико-профилактического факультета Иркутского государственного медицинского университета. Под редакцией А.И. Бельих. Иркутск, 2020: 161-166. [Shigambaeva SA. Quality management of medical care through the implementation of international accreditation standards Joint commission international. V sbornike: Okruzhayuschaya sreda i zdorove. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy 90-letiyu mediko-profilakticheskogo fakulteta Irkutskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. Pod redaktsiyey A.I. Belyih. Irkutsk 2020;161-166. (In Russian)].
11. Новиков В.А., Хайитов Х.О., Цыплов Е.А. Управление качеством и безопасность в медицинской помощи. *Форум молодых ученых* 2020;43(3):301-303. [Novikov VA, Hayitov HO, Tsyiplov EA. Upravlenie kachestvom i bezopasnost v meditsinskoy pomoschi [Quality management and safety in medical care]. *Forum molodyih uchenyih = Forum of Young Scientists* 2020;43(3):301-303. (In Russian)].
12. Пугачев П.С., Гусев А.В., Кобыякова О.С., Кадиров Ф.Н., Гаврилов Д.В., Новицкий Р.Э. и др. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения. *Национальное здравоохранение* 2021;2(2):5-12. [Pugachev P.S., Gusev A.V., Kobyakova O.S., Kadyrov F.N., Gavrilov D.V., Novitsky R.E. et al. Global trends in the digital transformation of the healthcare industry. *Natsionalnoe zdorovoohranenie = National Health Care* 2021;2(2):5-12. (In Russian)].
13. Kondapalli S, Parikh PJ, Repas SJ, Ekeh AP, Deere B, Parikh PP. Benchmark-

## ЛИТЕРАТУРА

ing performance in emergency medical services for improving trauma care: A data driven approach. *Informatics in Medicine Unlocked* 2022;29(6). [Electronic resource]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/358725367\\_Benchmarking\\_performance\\_in\\_emergency\\_medical\\_services\\_for\\_improving\\_trauma\\_care\\_A\\_data\\_driven\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/358725367_Benchmarking_performance_in_emergency_medical_services_for_improving_trauma_care_A_data_driven_approach).

14. Ettorchi-Tardy A, Levif M, Michel P. Benchmarking: A Method for continuous quality improvement in health. *Healthcare policy* 2012;7(4). [Electronic resource]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/236600768\\_Benchmarking\\_A\\_Method\\_for\\_Continuous\\_Quality\\_Improvement\\_in\\_Health](https://www.researchgate.net/publication/236600768_Benchmarking_A_Method_for_Continuous_Quality_Improvement_in_Health). <https://doi.org/10.12927/hcpol.2012.22872>.

15. Wait S, Nolte E. Benchmarking Health Systems: Trends, Conceptual Issues and Future Perspectives. *Benchmarking: An International Journal* 2005;12(5):436–448.

16. Титенский Р.Ю. Проведение бенчмаркинг-исследования в медицинских учреждениях. *Экономист лечебного учреждения* 2018(1):1–2. *Economist lechbnogo uchrezhdeniya = Economist of Healthcare Facilities* 2018(1):1–2. (In Russian)].

17. Конопля А.А. К вопросу о роли и содержании бенчмаркинга как инструмента управления стратегическим развитием медицинской организации. *Инов: электронный научный журнал* 2017;4(33). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/k-voprosu-o-rol-i-soderzhanii-bench/> (Дата обращения: 30.03.2022). [Konoplya AA. On the question of the role and content of benchmarking as a tool for managing the strategic development of a medical organization. *Innov: elektronnyy nauchnyy zhurnal = Innov: electronic scientific journal* 2017;4(33). URL: <http://www.innov.ru/science/economy/k-voprosu-o-rol-i-soderzhanii-bench/> (Дата обращения: 30.03.2022). (In Russian)].

18. Латуха О.А. Технология бенчмаркинга как фактор устойчивого развития медицинской организации. *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета* 2016(5):218–231. [Latuha OA. Benchmarking technology as a factor in the sustainable development of a medical organization. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta = Science for Education Today* 2016(5):218–231. (In Russian)].

19. Данилов А.В. Технология электронного бенчмаркинга медицинских организаций региона. В сборнике: Цифровое здравоохранение. Труды XX Международного конгресса «Информационные технологии в медицине» 2019;28–30. Technology of electronic benchmarking of medical organizations in the region. In the collection: Digital Healthcare. Proceedings of the XX International Congress "Information Technologies in Medicine" 2019:28–30. (In Russian)].

20. Баширова М.М., Исакова М.Н., Чубанова М.В. Бенчмаркинг медицинских организаций региона. *Вопросы устойчивого развития общества* 2021(12):142–144. [Bashirova MM, Isakova MN, Chubanov MV. Benchmarking of medical organizations in the region. *Voprosy ustoychivogo razvitiya obschestva = Issues of sustainable development of society* 2021(12):142–144. (In Russian)].

21. Азербайева А.Ж., Есполова Г.Д. «Бенчмаркинг в здравоохранении Республики Казахстан»: Методические рекомендации. Астана 2014;44 с. [Azerbaeva AZh, Espolova GD. «Benchmarking in healthcare of the Republic of Kazakhstan»: Guidelines». Astana 2014;44 с. (In Russian)].

22. Завалева Е.В. Организационно-методическое обоснование оптимизации управления адаптацией выпускников медицинских образовательных организаций высшего образования к условиям самостоятельной профессиональной деятельности: дисс. к.м.н. 14.02.03 2016;147 с. [Zavaleva EV. Organizational and methodological justification for optimizing the management of adaptation of graduates of medical educational institutions of higher education to the conditions of independent professional activity: diss. k.m.n. 14.02.03 2016;147 с. (In Russian)].

## Сведения об авторах:

Иванова А.А. – д.м.н., заместитель главного врача по перспективному развитию ГБУЗ «ММКЦ «Коммунарка» ДЗМ»; Москва, Россия; [annaiv33@rambler.ru](mailto:annaiv33@rambler.ru); РИНЦ Author ID 329597

Завалева Е.В. – к.м.н., врач-методист Проектного офиса ГБУЗ «ММКЦ «Коммунарка» ДЗМ»; Москва, Россия; [ezavaleva@yandex.ru](mailto:ezavaleva@yandex.ru); РИНЦ Author ID 1101468

Владимирский А.В. – д.м.н., заместитель директора по научной работе ГБУЗ «НПКЦ ДИТ ДЗМ»; Москва, Россия; [a.vladimirsky@npcmr.ru](mailto:a.vladimirsky@npcmr.ru); РИНЦ Author ID 820681

Андрузская А.Г. – врач-методист Проектного офиса ГБУЗ «ММКЦ «Коммунарка» ДЗМ»; Москва, Россия; [anna\\_andruzskaya84@mail.ru](mailto:anna_andruzskaya84@mail.ru); РИНЦ Author ID 1071394

Аюпова И.И. – заместитель главного врача по клинико-экспертной работе ГБУЗ «ММКЦ «Коммунарка» ДЗМ»; Москва, Россия; [iluzaaupova9@gmail.com](mailto:iluzaaupova9@gmail.com)

Завалев В.И. – д.м.н., директор по развитию ООО «Корпорация «Проект-техника»; Москва, Россия; [vzavalev@yandex.ru](mailto:vzavalev@yandex.ru); РИНЦ Author ID 323369

## Вклад авторов:

Иванова А.А. – концепция исследования, 30%  
Завалева Е.В. – анализ литературы и написание текста, 30%  
Владимирский А.В. – внесение корректировок в концепцию, 10%  
Андрузская А.Г. – внесение корректировок в концепцию, 10%  
Аюпова И.И. – внесение корректировок в концепцию, 10%  
Завалев В.И. – внесение корректировок в концепцию, 10%

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 27.04.22

**Рецензирование:** 26.05.22

**Результаты рецензирования:** 27.05.22

**Принята к публикации:** 01.06.22

## Information about authors:

Ivanova A.A. – MD, Ph.D., D.Sci., Deputy Chief Physician for Prospective Development In Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka»; Moscow, Russia; [annaiv33@rambler.ru](mailto:annaiv33@rambler.ru); <https://orcid.org/0000-0003-1493-8481>

Zavaleva E.V. – MD, Ph.D., methodist of the Project Office In Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka»; Moscow, Russia; [ezavaleva@yandex.ru](mailto:ezavaleva@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-5305-9394>

Vladimirskyy A.V. – MD, Ph.D., D.Sci., Deputy Director for Research Moscow Centre for Diagnostics and Telemedicine; Moscow, Russia; [a.vladimirsky@npcmr.ru](mailto:a.vladimirsky@npcmr.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Andruzskaya A.G. – methodist of the Project Office In Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka»; Moscow, Russia; [anna\\_andruzskaya84@mail.ru](mailto:anna_andruzskaya84@mail.ru); <https://orcid.org/0000-000303757-1053>

Ayupova I.I. – Head for Clinical Expert Work In Moscow Multidisciplinary Clinical Center «Kommunarka»; Moscow, Russia; [iluzaaupova9@gmail.com](mailto:iluzaaupova9@gmail.com); <https://orcid.org/0000-0002-3014-2099>

V.I. Zavalev – MD, Ph.D., D.Sci., Director for Development, LLC «Corporation «Project-Tekhnika»; Moscow, Russia; [vzavalev@yandex.ru](mailto:vzavalev@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0002-2392-0710>

## Authors contributions:

Ivanova A.A. – research concept, 30%  
Zavaleva E.V. – literature analysis and text writing, 30%  
Vladimirskyy A.V. – making adjustments to the concept, 10%  
Andruzskaya A.G. – making adjustments to the concept, 10%  
Ayupova I.V. – making adjustments to the concept, 10%  
Zavalev V.I. – making adjustments to the concept, 10%

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Received:** 27.04.22

**Reviewing:** 26.05.22

**Peer review results:** 27.05.22

**Accepted for publication:** 01.06.22

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

# Электронное развитие умных пластырей в Кыргызстане

Оригинальное исследование

**А.Е. Воробьев<sup>1</sup>, Д.М. Раимбекова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГОУ ВО «Грозненский государственный технический нефтяной университет им. академика М.Д. Миллионщикова»; д. 100, пр. Х. Исаева, Грозный, Чеченская Респ., 364061, Россия

<sup>2</sup> Международный университет им. К.Ш. Токтомаматова; ул. Абдукаимова, Жалал-Абад, 720002, Кыргызская Республика

**Контакт:** Воробьев Александр Егорович, [fogel\\_al@mail.ru](mailto:fogel_al@mail.ru)

**Аннотация:**

В статье подробно раскрыты вопросы происхождения, применения и дальнейшего усовершенствования умных пластырей. Описан первый электронный пластырь, представляющий собой гибкую электрическую наклейку, обеспечивающую стимуляцию организма человека в определенном месте электрическим полем. Также дано понятие умного пластыря, который является портативным электронным инновационным устройством и используется для бесконтактного измерения различных показателей здоровья пациента, с целью их дальнейшего улучшения. Современные умные пластыри – это не только физическая защита мелких ранок и ушибов от внешних воздействий, обеспечивающая антибактериальный и прогревающий эффект, но также они способны мониторить показатели здоровья пациента, определять время приема лекарственных средств и обеспечивать их ввод.

**Ключевые слова:** пластырь; развитие; функциональные свойства; умные технологии.

**Для цитирования:** Воробьев А.Е., Раимбекова Д.М. Электронное развитие умных пластырей в Кыргызстане. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(2)50-58; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

## Innovative development of clever plasters in Kyrgyzstan

Original research

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

**A.E. Vorobev<sup>1</sup>, D.M. Raimbekova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Grozny State Technical Petroleum University named after Millionshchikov; 100, Kh. Isaev Ave., Grozny, Chechen Republic, 364061, Russia

<sup>2</sup> K.Sh. Toktomamatov International University; st. Abdukaimova, Jalal-Abad, Kyrgyzstan, 720002

**Contact:** Alexander E. Vorobev, [fogel\\_al@mail.ru](mailto:fogel_al@mail.ru)

Idea of clever plasters is opened. It is shown that the flexible electric plaster providing stimulation of a human body in the right place with electric field was the first electronic plaster. The concept of a clever plaster which represents the smart wearable electronic innovative device directed to the most contactless measurement of various characteristics and parameters of an organism of the patient for the purpose of improvement of his initial health is given. Modern clever plasters not only are the physical barrier to small wounds and bruises having the antibacterial and warming-up properties but also are capable to carry out monitoring of a condition of an organism of the patient, often capable to define time of input of drugs and to provide their input.

**Key words:** plaster; development; functional properties; smart technologies.

**For citation:** Vorobev A.E., Raimbekova D.M. Innovative development of clever plasters in Kyrgyzstan. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(2)50-58; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-50-58>

**ВВЕДЕНИЕ**

Разработанный правительством Кыргызстана проект цифровизации страны охватывает как весьма крупные сферы (например, цифровое правительство, цифровые банки и т.д.), так и более мелкие, но не менее актуальные для национальной экономики (например, здравоохранение – поликлиники и больницы). Здесь цифровизация обретает формы «умных» медицинских технологий и «умного» медицинского оборудования ((в том числе «умного» мелкого расходного медицинского материала – пластыри, повязки и т.д.)), что превращает существующее здравоохранение в персонализированную и точную медицину.

Современные умные медицинские пластыри представляют собой носимые пациентами цифровые тонкие и гибкие полимерные инновационные устройства, которые можно использовать для постоянного мониторинга состояния здоровья пациента, а в некоторых случаях применять с целью терапевтического вмешательства, например, ввода лекарственных средств. Благодаря встроенным нанодатчикам с микроиглами и электродами можно отслеживать состояние здоровья пациента (от значений температуры, давления, частоты и ритма сердечных сокращений, характеристик дыхания до показателей движения и походки), а при необходимости передавать собранную информацию на специальные устройства. Данная

инновационная технология может значительно трансформировать существующее в Кыргызстане здравоохранение.

Как правило, лечебный медицинский пластырь (стоимостью в аптеках КР от 80 до 350 сом) используется в здравоохранении для облегчения боли в мышцах и суставах, вызванной артритом, растяжениями, повреждениями, деформациями и ушибами, а также применяется в виде физико-механического прикрытия (защита) небольших ранок и ссадин и т.д.

**Методологическую основу** исследований составляют:

1. Философский метод, на котором базируются полученные аналитические выводы и теории о развитии умных пластырей.
2. Общенаучный метод, с помощью которого осуществлялся анализ мировой практики и опыта перехода к умным пластырям.
3. Классификационно-сравнительный метод, позволяющий с научной точки зрения рассмотреть наиболее перспективные направления развития умных пластырей.

**Тенденции развития медицинских пластырей**

Развитие медицинских пластырей происходит под действием всех существующих тенденций, характерных для развития как умного здравоохранения, так и медицинской техники в целом.(рис. 1). Эта тенденция на своем ►►

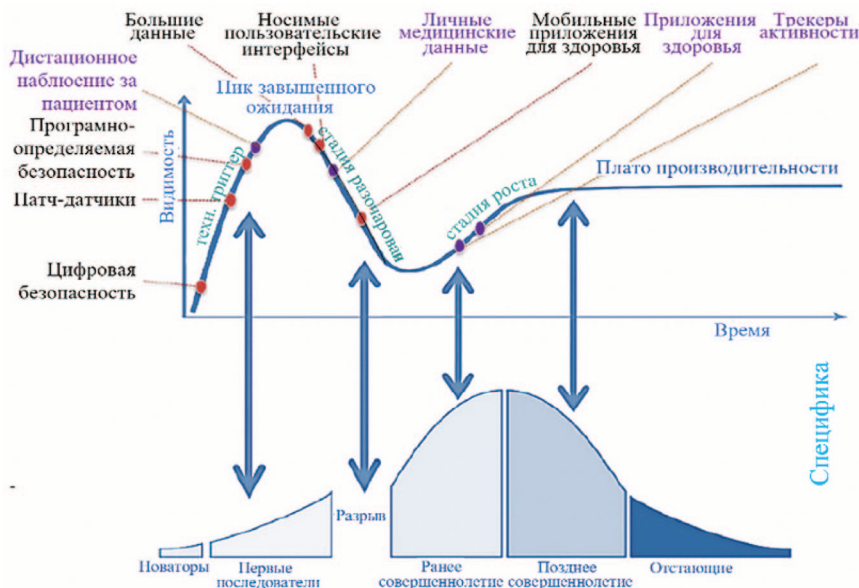


Рис. 1. Характер тенденции развития умных пластырей  
Fig. 1. The nature of the development trend of smart patches



первом этапе характеризуется резким, практически взрывным, ростом инновационных разработок.

### Первые результаты

Имеющийся к концу XX века научные знания позволяли только разработать гибкий электрический пластырь (ePatch), способный решить существующие проблемы стимуляции организма человека электрическим полем и предложить набор уникальных медицинских функций [1].

Для его изготовления, в качестве электродов, за основу были взяты серебряные нанопроволоки, которые не только обладают антибактериальными свойствами, но и обеспечивают довольно высокую проводимость при наложении электрического тока [1, 2].

Позднее в пластырь было решено встроить электроды в альгинат (гелеобразное вещество), который поддерживает необходимый уровень биосовместимости используемых материалов и в настоящее время используется в медицине в абсорбирующих хирургических повязках [1]. Путем дальнейшей корректировки количественного соотношения серебряных нанопроволок и модифицированного альгината был получен гибкий хорошо пригодный для 3D-печати гель, из которого получили пластырь, способный подстраиваться под различные формы и размеры ран. Кроме того, добавленный в смесь при изготовлении пластыря кальций способствует пролиферации клеток организма человека и миграции цитокинов и других необходимых соединений, к месту раны, что, в свою очередь, способствует образованию в поврежденном месте кровеносных сосудов.

### ■ ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Однако в последнее время область применения медицинских пластырей значительно расширилась (рис. 2) и это связано с появлением у них «умных» функций.

В настоящее время умные пластыри – это в большинстве случаев умное носимое электронное инновационное устройство, не обременяющее пациента. Основная цель лечения с применением умного пластыря все чаще направ-

лена на максимально бесконтактное измерение различных характеристик и параметров организма, с целью улучшения исходного самочувствия пациента.

При этом важные изменения в функционале умного пластыря осуществляются во многих направлениях его последующего применения. В частности, из-за того, что от 20 до 50% пациентов, как правило, не соблюдают назначенные врачом схемы лечения, возникла потребность в специальном умном пластыре, контролирующем этот важный аспект медицинской культуры [3].

Для этого компании Elnk и LTS специально разработали умный пластырь, который доставляет в организм пациента необходимые для его лечения лекарства и имеет дисплей, с представлением на нем наиболее важной медицинской информации [3]. С этой целью умный пластырь был оснащен 2-дюймовым электронным бумажным дисплеем, работающим от бистабильной схемы, поэтому в такой технологической схеме нет необходимости перезаряжать электрическую батарейку. Это пластырь также содержит переключатель, датчик измерения артериального давления организма и в постоянном режиме отображает сообщения о правильности его наложения на кожу пациента, ведет отчет

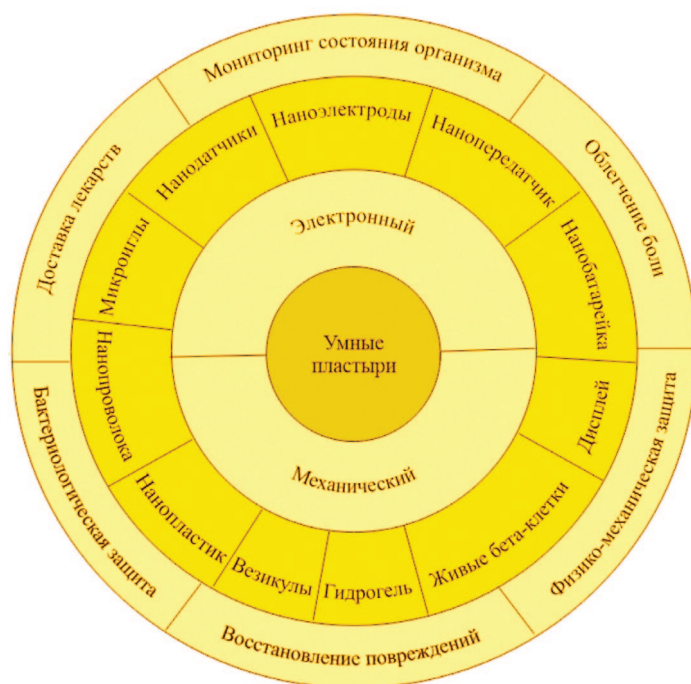


Рис. 2. Характерные области применения и основы устройства умных пластырей  
Fig. 2. Typical areas of application and basics of smart patches

до приема следующей дозы лекарств и напоминает о времени удаления пластыря или замены.

В настоящее время умные пластыри часто используются при лечении больных сахарным диабетом. Так, больные сахарным диабетом 1 типа вынуждены постоянно делать себе инъекции инсулина. Эта процедура довольно болезненная и ненадежная. Установлено, что введение неточной дозы этого гормона может привести к серьезным последствиям для здоровья, а в редких случаях – даже к коме и смерти больного [4].

Чтобы избавить больных диабетом от таких ежедневных, довольно неприятных процедур, исследователи из университета Северной Каролины в Чапел-Хилл (UNC) и университета Северной Каролины в Роли разработали умный инсулиновый пластырь, который высвобождает и направляет в организм пациента инсулин строго в необходимых ему количествах (дозах) [4]. Этот умный пластырь представляет собой тонкую прозрачную полоску, размер которой не более мелкой монетки (рис. 3).

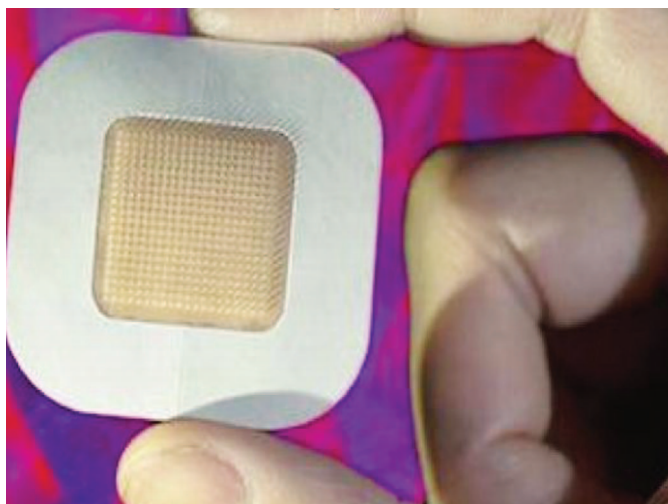


Рис. 3. Размеры умного пластыря  
Fig. 3. Smart patch size scale

Внутри такого пластыря находится резервуар с инсулином, а также 100 микроигл (рис. 4) и сенсор с глюкозочувствительными ферментами.

Такой умный инсулиновый пластырь можно наклеить на любую часть тела пациента. Сразу после наклеивания ферментный сенсор этого пластыря начинает определять уровень глюкозы в организме, после чего пластырь выделяет и направляет необходимое количество инсулина в кровь пациента.

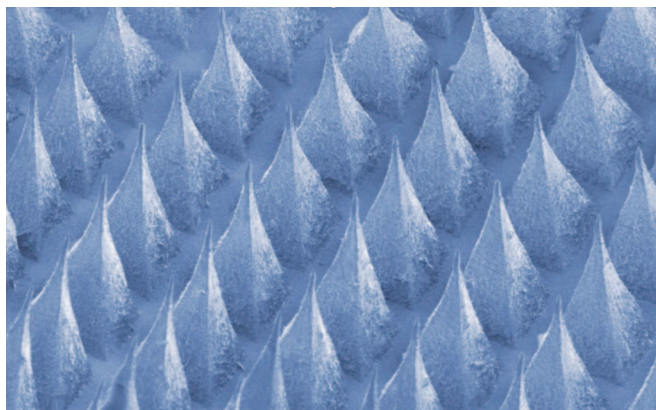


Рис. 4. Иглы умного пластыря [5]  
Fig. 4. Smart patch needles [5]

Для этого разработанный умный пластырь имитирует существующие природные механизмы секреции инсулина бета-клетками поджелудочной железы. В организме человека этот необходимый гормон продуцируется, запасается, а затем выделяется в нужном количестве в ответ на повышение уровня глюкозы в крови человека [4]. Для этого, разработанный умный пластырь содержит искусственные везикулы из естественных природных материалов (гиалуроновой кислоты и 2-нитроимидазола), в которых инсулин хранится, выделяясь по мере его необходимости организму пациента. Эти 2 компонента формируют гидрофильную часть (гиалуроновую кислоту) и гидрофобную часть (2-нитроимидазол). При чем, их молекулы группируются особым образом, формируя «капельки-мешочки» – везикулы (рис. 5), с гидрофобным слоем внутри и гидрофильным – снаружи. Таких везикул (каждая из которых имеет наноразмерный диаметр) в умном пластыре может находиться несколько миллионов.

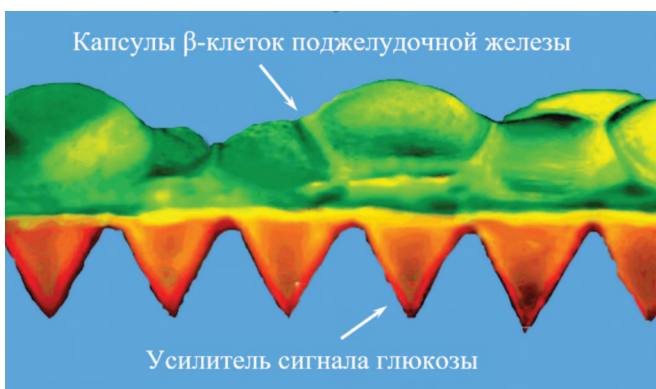


Рис. 5. Везикулы с лекарством умного пластыря [5]  
Fig. 5. Vesicles with smart patch medicine [5]

Исследователи обнаружили, что в эти везикулы можно ввести ядро из твердого инсулина и специальных глюкозочувствительных ферментов [9]. ►►

В результате получается идеальный умный резервуар, который сам контролирует высвобождение своего содержимого в необходимых количествах. Так, когда вокруг такого резервуара повышается концентрация глюкозы, то лишние молекулы (при помощи энзимов и кислорода) трансформируются в глюконовую кислоту, которая проникает внутрь везикул. Это приводит к возникновению некоторого рода «гипоксии», из-за чего гидрофобный слой везикул разрушается, они лопаются и высвобождают свое содержимое – инсулин.

Кроме того, врачи десятилетиями пытались замещать функции бета-клеток, которые синтезируют инсулин и управляют обменом глюкозы в организме больных сахарным диабетом (этой болезнью в мире страдает сейчас порядка 387 млн. человек). Но инъекции инсулина зачастую довольно болезненные и непрактичные, а трансплантация бета-клеток слишком сложная и весьма рискованная (из-за необходимости последующего приема иммуносупрессоров) процедура [6]. Поэтому сотрудники университета Северной Каролины в Чапел-Хилл и университета штата Северная Каролина в Роли (США) предложили принципиально новую медицинскую технологию: синтетический умный пластырь, с живыми бета-клетками, которые секретируют пациентам нужные дозы инсулина и тем самым помогают им избежать резких перепадов концентрации сахара в крови организма.

Такой пластырь представляет собой небольшой кусочек полимера, оснащенного на одной из сторон многочисленными тонкими иглами. Если раньше медицинская концепция предполагала наполнение этих игл готовыми пузырьками с инсулином, то теперь ученые сумели организовать своеобразный мост, служащий для возникновения обратной связи между физиологическими сигналами внутри организма пациента и лечебными клетками вне его, наладив их довольно эффективное взаимодействие [6]. Для этого, на обратной стороне умного пластыря размещаются живые инсулинпродуцирующие клетки, которые полностью интегрированы с иглами пластыря и вырабатывают нужное количество гормона в ответ на те или иные потребности больного.

Кроме того, инженеры из Института фундаментальных наук (Южная Корея) разработали еще один multifunctional электронный пластырь, предназначенный для диабетиков, ко-

торый одновременно контролирует показатели глюкозы и доставляет в организм пациента необходимые дозы лекарств (например, метформин) [7].

Для этого сенсор глюкозы, находящийся внутри этого умного пластыря, выполнен из золотой сетки с графеном, и может целенаправленно корректировать измерения (благодаря встроенным функциям анализа) количественных значений температуры, влажности и уровня pH кожи проходящего лечение пациента [7]. А резервуар с микроиглами обеспечивает непрерывную доставку в кровь пациента сахаропонижающих лекарственных веществ.

Используемая в таком умном пластыре технология основана на уникальных физических свойствах графена – гибкости, оптической прозрачности и электропроводности. Кроме того, графен представляет собой двумерный наноматериал толщиной в один атом с точными механическими, структурными и цифровыми характеристиками, который способен разрушать клеточные мембраны бактерий, разрезая и напрямую извлекая неблагоприятные для липидов молекулы.

Однако имеющиеся электрохимические особенности графена значительно ограничивают его практическое применение при повышенной влажности (например, паров пота) в биосенсорах [7]. В последней своей инновационной разработке корейским инженерам удалось разрешить эту важную и сложную проблему, путем комбинирования графена с золотыми вкраплениями и тончайшей золотой сетью, сделав надежный, практичный и эффективный биосенсор, предназначенный для полноценной работы на влажной коже пациента.

В этом умном устройстве также предусмотрена возможность беспроводной связи с сервисными устройствами, а для его электропитания и сбора результатов измерений используется любой подходящий современный смартфон или планшет [7].

Междисциплинарная группа исследователей из университета штата Северная Каролина (NCSU) и университета Северной Каролины в Чапел-Хилл также разработала умный пластырь, контролирующей вязкость крови пациента и при необходимости самостоятельно вводящий кроверазжижающий препарат [8].



Обычно, для лечения тромбоза используют известные кроверазжижающие препараты (такие, как гепарин), однако для их точной дозировки требуется регулярное проведение анализов крови пациента: слишком маленькая доза будет неэффективной для лечения тромбоза и профилактики рецидива, а слишком большая – может привести к спонтанному кровотечению в организме человека [8].

На поверхности пластыря, прикасающейся к коже пациента, находятся микроиглы, выполненные из полимера, содержащего гиалуроновую кислоту и гепарин. При этом, полимер модифицирован таким образом, чтобы сразу же реагировать на уровень тромбина (фермента, запускающего свертывание крови). Когда кровь с повышенным уровнем тромбина вступает в контакт с микроиглами, то под действием этого фермента разрушаются аминокислотные цепочки, связывающие гепарин с гиалуроновой кислотой, и он выпускается в кровь [8]. При этом, чем будет выше количественный уровень тромбина, тем больше гепарина выделится в ответ в организм пациента.

Центр по контролю и профилактике заболеваний США (CDC) и Технологический институт Джорджии (Georgia Tech) сделали первый шаг к массовой вакцинации населения, осуществляемой без традиционных шприцов и болезненных ощущений [9]. Для этого ими был разработан новый пластырь с специально выполненными микроиглами, который вскоре может стать новым стандартом для иммунизации детей в США. Кроме того, в отличие от вакцинации с использованием шприцев, вакцинные пластыри практически исключают заражение сервисного медицинского персонала (например, в результате несчастных случаев с иглами и т.д.). К тому же такие пластыри с вакциной могут легко распространяться даже в отдаленных сельских районах и с легкостью могут применяться (при чем даже без профессиональной помощи медицинских работников). Им также требуется в 2 раза меньше дозы обычных вакцин: больше иммунных клеток находится в слоях кожи, в которые проникают микроиглы, поэтому даже несколько уменьшенная доза вакцины по-прежнему будет вызывать эквивалентный иммунный ответ [10]. Но самым значительным преимуществом этой формы вакцинации является ее долговечность: в процессе производ-

ства вакцина на микроиглах высушивается, сохраняя свои необходимые свойства при температуре до 40° С на период до 1 года, и ее охлаждения не требуется. Это открывает принципиально новые возможности для вакцинации населения (особенно в странах с выраженным тропическим климатом).

Это уникальное изделие имеет площадь около 1 см<sup>2</sup>. Чтобы сделать необходимую прививку, теперь достаточно просто распаковать такой пластырь и плотно приложить его к коже ребенка. На обратной стороне этого пластыря нанесено 100 твердых конических микроигл, выполненных из смеси полимера, сахара и вакцины [9]. Длина каждой такой микроиглы составляет около 1 мм. При легком надавливании эти микроиглы проникают в верхние слои кожи и быстро растворяются, высвобождая лечебную вакцину. После чего такой использованный пластырь можно будет уже утилизировать.

Кроме того, за прошедшие несколько лет носимые устройства для определения давления, пульса и ЭКГ значительно преобразились, став «умными» и в других аспектах медицинского использования [11]. Так, например, пациенты, которые нуждаются в непрерывном контроле работы своего сердца, в ближайшем будущем смогут получить ультратонкий гибкий пластырь-кардиомонитор, который можно носить на любом участке кожи и легко скрывать под одеждой.

Для этого, инженер Dae-Hyeong Kim из Сеульского университета (Южная Корея) и его коллеги на основе наночастиц разработали умный пластырь (рис. 6), состоящий из электрокардиографических наносенсоров (ЭКГ-наносенсор), преобразователя и специальных усилителей электросигналов, которые собирают необходимые данные ►►

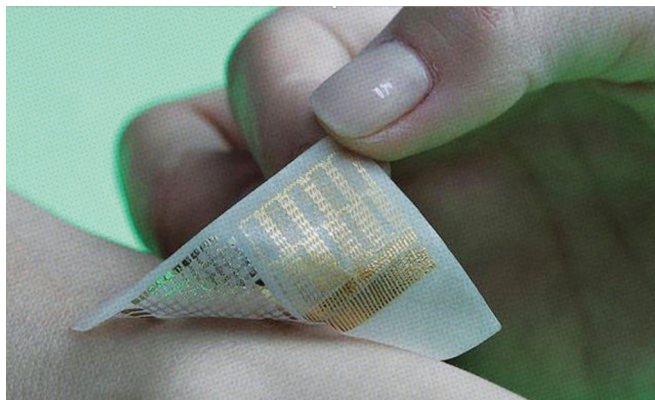


Рис. 5. Везикулы с лекарством умного пластыря [5]  
Fig. 5. Vesicles with smart patch medicine [5]



о работе сердца пациента и позволяют их считывать на компьютере со специальной программой (например, с помощью платформы Qualcomm 2net). Этот пластырь-кардиомонитор способен не только определять параметры сердцебиения пациента, но и записывать все эти собранные медицинские данные на специальные нанокристаллы [12].

Ультратонкие электронные схемы, использованные в этом новом устройстве, производятся из эластичной силиконовой мембраны (вместо традиционных проводниковых пленок), в виде нанокристаллов, с нанесенными на нее золотыми наночастицами [11, 12]. Такой подход обусловлен тем, что золото обладает более высокой химической стабильностью и поэтому может гораздо дольше хранить необходимую медицинскую информацию.

Но поддержка работы сердечных мышц человека должна осуществляться и в период его постхирургической реабилитации. Для этого руководствуясь результатами компьютерного моделирования, международная группа исследователей разработала специальный умный медицинский пластырь, обеспечивающий поддержку поврежденной сердечной ткани, потенциально снижая ее возможное растяжение, характерное для сердечного приступа. Этот пластырь, изготовленный из гидрогелевого материала на водной основе, был разработан с использованием компьютерного моделирования работы сердца (для более точной настройки механических свойств используемого в нем материала).

Этот умный пластырь весьма эффективен в предотвращении ремоделирования левого желудочка сердца — растяжения сердечной мышцы, которое часто встречается после сердечного приступа и может снизить функцию основной насосной камеры сердца и тем самым ограничить возможности ее полноценной работы [13]. Осуществленное исследование также показало, что материал такой защиты, оптимизированный с помощью специального компьютера, превосходит все другие известные материалы, физико-механические свойства которых были выбраны без специальной основы.

Чтобы развить и эффективно использовать эти принципы в реальной медицинской практике, исследователи разработали компьютер-

ную модель бьющегося сердца, которая зафиксировала механическую динамику как самого сердца, так и умного пластыря, прикрепленного к нему. В результате команда смогла разработать особый гидрогелевый материал из пищевого крахмала, который мог бы полностью соответствовать физико-химическим свойствам сердечной мышцы [13]. Ключевым моментом такого материала является то, что он имеет вязкоупругие свойства, т.е. одновременно сочетает в себе свойства жидкости и твердого тела. В частности, до определенного значения напряжения он обладает жидкими свойствами, после чего несколько затвердевает и становится более жестким.

Биохимические маркеры показали, что такой пластырь существенно уменьшает гибель живых клеток сердца пациента, снижает накопление на нем рубцовой ткани и предотвращает возможный окислительный стресс, происходящий в ткани, поврежденной во время сердечного приступа [13].

Инженеры из университета Калифорнии в Беркли также создали новый тип умного пластыря, который способен сделать гораздо больше, чем просто остановить кровь или защитить ссадину на коже человека [14]. Разработанный ими умный пластырь, работающий на специальных электронных схемах, с помощью электрического тока малой величины определяет наличие повреждений тканей пациента, вызванные пролежнями.

Поэтому исследователи сосредоточили свое внимание на изменении величины значения электропроводности, которые возникают при гибели здоровых клеток кожи пациента, и разработали устройство, которое вполне способно оценивать степень повреждения тканей, зависящее от изменения их величины сопротивления [14].

Для этого исследователи нанесли несколько электродов на гибкую и тонкую пленку. Они соединили их со слабым источником электрического тока, чтобы с помощью такой сети составить «карту» тканей пациента, основываясь на изменении значения сопротивления тканей, полученной при разных частотах электрического тока. С этой целью они применили метод импедансной спектроскопии. В ходе ис-

следований было установлено, что у здоровой, нормально функционирующей, клеточной мембраны имеется достаточно высокое электрическое сопротивление, поэтому она действует как изоляция, в которую помещено токопроводящее клеточное содержимое [14]. Тем самым работа этого механизма похожа на работу электрического конденсатора. Когда клетка кожи пациента погибает, то целостность ее мембраны нарушается, и электрический сигнал получает возможность беспрепятственно проходить через нее. Причем количественная степень повреждения обратно пропорциональна величине сопротивления.

К важной разработке, практического характера, относится и мониторинг пота человека, также основанный на применении специальных пластырей [15]. Как правило, пот человека содержит различные биомаркеры (такие, как натрий, глюкоза, белки и др.), которые можно собрать и неинвазивно измерить, с помощью специальных датчиков. Пот пациента может использоваться для мониторинга других состояний (таких, как кистозный фиброз и др.), а также для мониторинга дефицита питательных веществ, дисбаланса ионов, повышенного уровня глюкозы и наличия в организме воспалений. Кроме того, пот пациента может даже показать врачу ситуацию, если лекарства, которые принимает пациент, не работают должным образом.

Поэтому, основанная в 2015 г. Eccrine Systems, компания, специализирующаяся в области биометрии человеческого пота, сосредоточилась на создании носимых датчиков пота, предназначенных для спорта, промышленности и медицины, служащих для количественного измерения и передачи данных о выделяемом людьми поте в режиме реального времени [15]. Другая инновационная компания Kenzen, представляющая собой стартап, базирующаяся в Калифорнии и Швейцарии, по персонализированному мониторингу здоровья, разработала носимый умный пластырь, который способен анализировать пот, выделяемый людьми, на предмет каких-либо возможных изменений в их организме.

Зарегистрированные в этой компании пользователи могут подключить умный пластырь по беспроводной сети к своему смартфону и на-

чать получать действенные предупреждения и уведомления о состоянии своего здоровья в режиме реального времени, в зависимости от их активности, по выделяемому ими поту [15]. Для чего умный пластырь собирает по выделяемому поту пациента необходимые данные и отправляет их в специальное приложение для смартфона, для последующего детального анализа.

В зависимости от полученных данных это приложение предупредит пользователя, если он находится в сложной медицинской ситуации (например, при обезвоживании его организма) [15]. Кроме того, выделенный пот, содержит электролиты, метаболиты, небольшие молекулы и белки, по которым можно определить уровень глюкозы, гидратации, кортизола и лактата в организме пациента, а также его другие важные характеристики.

Еще один новый, умный уже противомоскитный, пластырь (разработанный в Olfactor Laboratories и университете Калифорнии в Риверсайде) защитит людей от малярии (которой в 2010 г. болели около 219 млн. чел.) и вируса Западного Нила, т.к. позиционируется как эффективная замена для антимоскитных спреев и лосьонов [16]. Для этого такой пластырь (получивший название Kite) прикрепляется к телу человека и использует в своей работе определенные нетоксичные соединения, которые блокируют (на период до 48 часов) способность комаров отслеживать людей.

## ■ ВЫВОДЫ

Цифровизация национального здравоохранения Кыргызстана, с учетом экономического и технологического развития этой страны, должна начинаться преимущественно с малых проектов. И если медицина Кыргызстана на первом этапе цифровизации воспользуется хотя бы только одними умными пластырями, то значительная часть населения этой республики, с большим комфортом и повышенной степенью надежности лечения, получит необходимые им медицинские процедуры. Но это будет лишь маленький шаг в направлении цифровизации здравоохранения Кыргызстана, за которым неизбежно будут и другие, более важные и ответственные, шаги. █

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гибкие электрические пластыри для печати ускоряют заживление ран. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/mbd/insiders/mbd/stories/45831?m=1733>. [Flexible electric printing patches accelerate wound healing. [Electronic resource]. URL: <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/mbd/insiders/mbd/stories/45831?m=1733>. (in Russian)].
2. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Нанотехнологии топливно-энергетического комплекса. Нанотехнологии настоящего и будущего. М., РУДН 2019(3):417 с. [Vorobyev A.E., Gladush A.D. Nanoengineering of the fuel and energy complex. Nanotechnologies of the present and the future. M., RUDN University 2019(3):417 s. (in Russian)].
3. Hayes T. New smart patch helps patients manage medicine intake. [Electronic resource]. URL: <https://www.healthcarepackaging.com/machinery-materials/adherence-delivery/news/13293962/new-smart-patch-helps-patients-manage-medicine-intake>.
4. Умный инсулиновый пластырь. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26338-umnyj-insulinovyj-plastyr.html>. [A smart insulin patch. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26338-umnyj-insulinovyj-plastyr.html>. (in Russian)].
5. Lavars N. Smart diabetes patch gets smarter. [Electronic resource]. URL: <https://newatlas.com/smart-diabetes-patch-insulin/42319>.
6. Безболезненный пластырь для лечения диабета. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6283-bezboleznennyj-plastyr-dlja-lechenija-diabeta.html>. [A painless patch for the treatment of diabetes. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6283-bezboleznennyj-plastyr-dlja-lechenija-diabeta.html>. (in Russian)].
7. Диабетический пластырь «все в одном». [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6288-diabeticheskij-plastyr-vse-v-odnom.html>. [Diabetic patch "all in one". [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/saharnyj-diabet/6288-diabeticheskij-plastyr-vse-v-odnom.html>. (in Russian)].
8. "Умный" пластырь защитит от тромбоза. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.krasotaimedicina.ru/news/cardiology/2016-011-29-smart-patch-releases-blood-thinners-as-needed.html>. [A "smart" patch will protect against thrombosis. [Electronic resource]. URL: <https://www.krasotaimedicina.ru/news/cardiology/2016-011-29-smart-patch-releases-blood-thinners-as-needed.html>. (in Russian)].
9. Пластырь с микроиглами для безболезненных прививок. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26242-plastyr-s-mikroiglami-dlja-bezbolezennyh-privivok.html>. [A patch with microneedles for painless

- vaccinations. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26242-plastyr-s-mikroiglami-dlja-bezbolezennyh-privivok.html>. (in Russian)].
10. Smart vaccine patch production with piezo elements. [Electronic resource]. URL: <https://www.piceramic.com/en/knowledge-center/blog/smart-vaccine-patch-production-with-piezo-elements>.
11. Корейские ученые создали пластырь-кардиомонитор. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/zabolevanija-serdca-i-sosudov-2/5867-korejskie-uchenye-sozdali-plastyr-kardiomonitor.html>. [Korean scientists have created a heart monitor patch. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/bolezni-simptomny-lechenie/zabolevanija-serdca-i-sosudov-2/5867-korejskie-uchenye-sozdali-plastyr-kardiomonitor.html>. (in Russian)].
12. Воробьев А.Е., Воробьев К.А. Наноматериалы и нанотехнологии: особенности протекания физико-химических процессов. Lambert Academic Publishing. Mauritius 2018;104 с. [Vorobyov A.E., Vorobyov K.A. Nanomaterials and nanotechnologies: features of the physico-chemical processes. Lambert Academic Publishing. Mauritius 2018;104 p. (in Russian)].
13. Patch could limit muscle damage after heart attack. [Electronic resource]. URL: <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/mbd/insiders/mbd/stories/34325?m=1733>.
14. Умный пластырь для выявления пролежней. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26343-umnyj-plastyr-dlja-vyjavlenija-prolezhnej.html>. [A smart patch for detecting pressure sores. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26343-umnyj-plastyr-dlja-vyjavlenija-prolezhnej.html>. (in Russian)].
15. Kite-Powell J. How this wearable smart patch analyzes your sweat to monitor your body. [Electronic resource]. URL: <https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2017/04/29/how-this-wearable-smart-patch-analyzes-your-sweat-to-monitor-your-body?sh=48b2fc4f4b02>.
16. Новый противомосkitный пластырь защищает от малярии и вируса Западного Нила. [Электронный ресурс]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26222-novyj-protivomoskitnyj-plastyr-zashishhaet-ot.html>. [A new mosquito patch protects against malaria and West Nile virus. [Electronic resource]. URL: <https://guruhealthinfo.com/raznoe-2/obshhaja-informacija-6/26222-novyj-protivomoskitnyj-plastyr-zashishhaet-ot.html>. (in Russian)].

## Сведения об авторах:

Воробьев А.Е. – д.т.н., профессор, ФГОУ ВО «Грозненский государственный технический нефтяной университет им. академика М.Д. Миллионщикова»; Грозный, Чеченская Республика; Россия; fogel\_al@mail.ru, SPIN-код: 3457-6870

Раимбекова Д.М. – аспирант, Международный университет им. К.Ш. Токтомаматова; Жалал-Абад, Кыргызская Республика

## Вклад авторов:

Воробьев А.Е. – определение научного интереса, литературный обзор, написание текста статьи, 50%  
Раимбекова Д.М. – литературный обзор, написание текста статьи, 50%

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 14.07.22

**Рецензирование:** 15.07.22

**Результаты рецензирования:** 16.07.22

**Принята к публикации:** 18.07.22

## Information about authors:

Vorobev A.E. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Grozny State Oil Technical University; Grozny, Chechen Republic; Russia; fogel\_al@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7324-428X>

Raimbekova D.M. – postgraduate student, K.Sh. Toktomamatova International University, Jalal-Abad, Kyrgyzstan

## Authors contributions:

Vorobev A.E. – determination of scientific interest, literature review, writing the text of the article, 50%  
Raimbekova D.M. – literature review, writing the text of the article, 50%

**Conflict of interest.** The author declare no conflict of interest.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Received:** 14.07.22

**Reviewing:** 15.07.22

**Peer review results:** 16.07.22

**Accepted for publication:** 18.07.22

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-59-76>

# Барьеры телемедицины и пути их преодоления

**И.А. Шадеркин**

Институт цифровой медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); д. 1, стр. 2, Абрикосовский пер., Москва, 119435, Россия

**Контакт:** Шадеркин Игорь Аркадьевич, [info@uroweb.ru](mailto:info@uroweb.ru)

## Аннотация:

Непрекращающееся обсуждение вопросов телемедицины говорит о том, что существуют препятствия на пути широкого внедрения телемедицинских технологий в клиническую практику. В статье впервые выполнена классификация барьеров на пути внедрения телемедицинских технологий в практику.

Можно выделить 4 основных барьера: технологический, юридический, экономический и методологический. В конце описания каждого барьеров приведены пути их преодоления.

К технологическому барьеру относятся: неудобство использования имеющихся инструментов, слабая интеграция телемедицинских платформ с имеющимися медицинскими информационными системами (МИС), слабая стандартизация протоколов обмена информацией между источниками (приборами), информационными системами разных производителей, малое количество и низкое качество оцифрованной информации о состоянии здоровья человека и другие.

В юридическом барьере можно выделить запрет на постановку диагноза и назначение лечения при оказании медицинской помощи с применением телемедицинских технологий, требования к рабочему месту врача, оказывающего ТМ-консультацию.

Финансовые барьеры представлены сложностями финансирования телемедицины – отсутствием тарифов ОМС, ошибочным мнением о том, что телемедицина должна снизить затраты на здравоохранение или вообще не требует отдельного финансирования.

Отсутствие методологической поддержки телемедицины – клинических исследований, публикаций, методологических и клинических рекомендаций, обучающих курсов и программ по телемедицине для студентов, приводит к низкой приверженности врачей использовать телемедицину в своей работе.

Процесс внедрения телемедицинских технологий — это неизбежный процесс. Однако нет сомнений в том, что телемедицина со временем станет привычным и обязательным инструментом в руках врачей. Рано или поздно, даже без нашего активного участия, эти барьеры будут преодолены.

**Ключевые слова:** телемедицина; дистанционные технологии; технологические барьеры внедрения.

**Для цитирования:** Шадеркин И.А. Барьеры телемедицины и пути их преодоления. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2022;8(2)59-76; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-59-76>

## Telemedicine barriers and ways to overcome them

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-59-76>

**I.A. Shaderkin**

Institute of Digital Medicine of the First Moscow State Medical University them Sechenov (Sechenov University); 1, bldg. 2, Abrikosovskiy per., Moscow, 119435, Russia

**Contact:** Igor A. Shaderkin, [info@uroweb.ru](mailto:info@uroweb.ru)

## Summary:

The ongoing discussion of telemedicine suggests that there are barriers to the widespread adoption of telemedicine technologies in clinical practice. The article is the first to classify the barriers of the introduction of telemedicine technologies into practice.

There are 4 main barriers: technological, legal, economic and methodological. At the end of the description of each barrier, ways to overcome them are given.

The technological barrier includes: the inconvenience of using existing tools, poor integration of telemedicine platforms with existing medical information systems (MIS), Poor standardization of information exchange protocols between sources (devices), information systems from different manufacturers, a small amount and low quality of digitized information about the state of human health and others.

In the legal barrier, it is prohibited to make a diagnosis and prescribe treatment when providing medical care using telemedicine technologies, and also there are requirements for the workplace of a doctor providing TM-consultation.

Financial barriers are represented by the difficulties of financing telemedicine - the lack of compulsory medical insurance tariffs, the erroneous opinion that telemedicine should reduce healthcare costs or does not require separate financing at all.

The lack of methodological support for telemedicine - clinical studies, publications, methodological and clinical recommendations, training courses and programs on telemedicine for students, leads to a low commitment of doctors to use telemedicine in their work. The process of implementing telemedicine technologies is unavoidable. However, there is no doubt that telemedicine will eventually become a familiar and indispensable tool in the hands of doctors. Sooner or later, even without our active participation, these barriers will be overcome.

**Key words:** telemedicine; remote technologies; technological barriers to implementation.



**For citation:** Shaderkin I.A. Telemedicine barriers and ways to overcome them. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2022;8(2)59-76; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-2-59-76>

## ■ АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА

Телемедицина (ТМ), совместно с технологией дистанционного мониторинга состояния здоровья, имеет высокий потенциал в развитии профилактической системы здравоохранения, увеличении доступности медицинской помощи и отвечает современным вызовам в медицине, повышая ее качество, формируя индивидуальный подход к пациентам. Широкая дискуссия по поводу ниши ТМ, начатая в период обсуждения и принятия поправок к Федеральному Закону 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», которые законодательно регламентировали применение телемедицины в России, достаточно затянулась.

В подавляющем большинстве случаев дискуссии по этому вопросу затрагивают направление телемедицины «пациент-врач». Благодаря тому, что телемедицинские консультации «врач-врач» были погружены в функционал созданных Национальных Медицинских Исследовательских Центров (НМИЦ) по направлениям, они получили отдельное финансирование и были включены в отчетность работы этих НМИЦ. Этот вид медицинской помощи сегодня не вызывает больших дискуссий [1]. Также стоит отметить, что реальная потребность телемедицинских консультаций «врач-врач» имеет несоизмеримо меньший объем в сравнении с прямой медицинской помощью пациентам с применением ТМ-технологий. В связи с этим в статье будет идти речь о вопросах применения телемедицинских технологий в направлении «пациент-врач».

## ■ КЛАССИФИКАЦИЯ БАРЬЕРОВ НА ПУТИ ВНЕДРЕНИЯ ТМ-ТЕХНОЛОГИЙ

Непрекращающееся обсуждение вопросов телемедицины говорит о том, что существуют препятствия на пути широкого внедрения телемедицинских технологий в клиническую практику. В дальнейшем в статье будем называть эти препятствия «барьерами».

Можно выделить 4 основных барьера на пути внедрения телемедицинских технологий:

- 1) Технологический барьер
- 2) Юридический барьер

3) Экономический барьер

4) Методологический барьер

Часть из этих барьеров имеют глобальный общемировой характер, некоторые из них продиктованы особенностями организации и регулирования здравоохранения в России, то есть имеют локальный характер. В данной статье не проводится сравнительной характеристики барьеров по разным странам, внимание сосредоточено только на внедрении телемедицины в России.

Далее в статье будут более подробно раскрыты эти барьеры с краткой их характеристикой.

В конце описания каждого барьеров будут приведены пути их преодоления. Отчасти уже из описания барьеров может следовать вывод о том, как можно его преодолеть. Может показаться излишним перечисление и описание этих путей. Но, чтобы статья не выглядела как только лишь критика текущей ситуации без предложения решений, в статье добавлены, возможно даже очевидные и избыточные пути и рекомендации по преодолению описанных барьеров.

Описание путей преодоления барьеров носят экспертную оценку, основанную на научном и практическом опыте автора. Пути включают в себя оценку возможного дальнейшего развития телемедицины и общие рекомендации, которые могут ускорить и упростить внедрение ТМ-технологий.

Особо стоит отметить, что телемедицина, являясь медицинской технологией, подвержена всем тенденциям развития такого вида технологий, и она будет развиваться вне зависимости от наличия любых препятствий. Скорость преодоления барьеров будет зависеть, в первую очередь, от демонстрируемой ею со временем клинической эффективности и безопасности. Участники телемедицины или те, от которых зависит преодоление ряда барьеров, могут только ускорить или замедлить на некоторое время внедрение телемедицины, но не затормозить ее в развитии.

Одним из наиболее важных аспектов, влияющих на развитие телемедицины является практика ее применения. Чем больше людей будет вовлечено в телемедицинские технологии, тем быстрее телемедицина станет частью нашей жизни и покажет свою эффективность.

Из-за ряда барьеров, в первую очередь юридического, врачи, использующие телемедицинские технологии при оказании медицинской помощи пациентам, подвергаются риску из-за того, что в реальной практике в большом числе случаев они не полностью соблюдают юридический регламент применения телемедицинских технологий. Но процесс уже начался, ТМ-технологии применяются врачами, пусть даже и с юридическими рисками для себя. Этот барьер возник из-за нежелания людей, принимающих решения (ЛПР), брать на себя ответственность по либерализации законодательства в телемедицине – таким образом груз ответственности переложено с плеч ЛПР на плечи врачей. Но так было со всеми медицинскими технологиями – «евангелистами» становились отдельные врачи, которые брали на себя ответственность, чтобы помочь своим пациентам. Яркий пример – это эндоскопия, которая с трудом внедрялась в медицине, постепенно сменяя открытые хирургические методики, ставшая сейчас «золотым стандартом». Но начинала она применяться несколько десятков лет назад, как и телемедицина, с технических, методологических сложностей и под гнетом мнения «открытых хирургов», которые отрицали возможности и целесообразность выполнения хирургических манипуляций эндоскопическим методом.

## ■ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

Этот барьер включает в себя проблемы, связанные с использованием аппаратных и программных решений, применяемых в телемедицине. К таким решениям можно отнести: а) телемедицинские платформы (в ФЗ № 323 имеют определение как «иные информационные системы»); б) мобильные приложения; в) медицинские приборы для дистанционного мониторинга; г) медицинские информационные системы; д) программные и/или аппаратные шины для интеграции этих инструментов [2].

1) **Неудобство использования имеющихся инструментов.** Телемедицинские платформы, мобильные приложения, приборы для дистанционного мониторинга – довольно «молодые» продукты на рынке. Первые итерации создания сейчас проходят проверку практикой. Набор инструментов, интуитивно понятный интерфейс, скорость освоения, время, затраченное на использование этого

инструмента являются критичными факторами, влияющими на распространение и конкурентное преимущество как со стороны врачей и администраторов клиник, так и со стороны пациентов.

2) **Слабая интеграция телемедицинских платформ** с имеющимися медицинскими информационными системами (МИС). В первую очередь с МИСами, которые используются в клиниках и где накоплен довольно большой объем информации о состоянии здоровья пациентов. В связи с этим, врач, осуществляющий телемедицинский прием пациента либо вообще лишен информации о состоянии здоровья пациента и вынужден собирать ее вместе с пациентом из разных источников, разного вида и разного качества, либо вынужден одновременно использовать во время приема несколько информационных систем, тратя свое время и силы на переключение между этими системами.

3) **Слабая стандартизация протоколов обмена информацией** между источниками (приборами), информационными системами разных производителей. Несмотря на наличие стандартов обмена медицинской информацией (HL7, DICOM и пр.) и использовании этих стандартов в России в виде ГОСТов, разработчики программных продуктов и, тем более, медицинских изделий для персонального использования пациентами, редко используют имеющиеся стандарты [3, 4]. Отчасти это связано с отсутствием реальной необходимости в этих стандартах (весь продукт и/или экосистема построена разработчиками на базе проприетарных решений и протоколов), отчасти с низкой экономической мотивацией и, порой, конкурентной защитой занятой ниши медицинских информационных систем.

4) **Наличие на российском рынке ограниченного числа приборов для дистанционного мониторинга.** Российские производители тонометров, глюкометров, пульсоксиметров и прочих «гаджетов» с возможностью передачи данных через интернет очень сильно отстают от международных компаний. Их не только мало по количеству, но и их продукты еще очень «молоды» и не все прошли испытание временем и модернизацией согласно требованиям практического применения. Непрозрачность регистрации приборов в качестве медицинских изделий в уполномоченном органе, смена правил регистрации, непрозрачность приоритетов при регистрации, относительно небольшой несформированный ►

рынок приборов для дистанционного мониторинга и отсутствие местной поддержки, а последнее время и санкции, – все это снижает интерес зарубежных компаний в выводе своих решений на российский рынок.

Эта проблема давно назрела, и она простирается далеко за пределы применения телемедицинских технологий. В телемедицине она ярко себя проявила, так как совокупность дополнительных расходов компаний, связанные с процедурой регистрации (включая время самой регистрации) существенно сказывается на итоговой стоимости медицинских приборов. В силу того, что медицинские приборы для дистанционного мониторинга состояния здоровья покупаются пациентами, последние ожидают, что их стоимость примерно сопоставима со стоимостью бытовых приборов со схожими технологическими решениями, влияющими на их себестоимость. В силу открытости рынков потребитель может сравнить стоимость «отечественного» медицинского прибора с регистрационным удостоверением (РУ) для личного использования со стоимостью аналогов, которые продаются на открытых маркетплейсах из-за рубежа (например, из Китая) без РУ. И эта цена, порой различается в разы не в пользу отечественного медицинского прибора.

Также ряд программных решений, используемых в том числе в телемедицине, такие как медицинские приложения, решения на базе технологий искусственного интеллекта отнесены к категории медицинских изделий и требуют их регистрации в уполномоченном органе в качестве медицинских изделий [5, 6]. Это требование не кажется избыточным и соответствует международным сложившимся правилам. Но оно накладывается на непредсказуемость процесса регистрации в России, на малый практический опыт и динамичность развития программного продукта в сравнении с аппаратными медицинскими изделиями, что может потребовать более частого внесения изменений в текущее РУ.

**5) Малое количество аппаратных и программных шин и/или низкое их применение.** Эти решения должны взять на себя логику автоматизировать процесс объединения разнообразной информации, полученной с первоисточника информации о состоянии здоровья и окружающей среды человека (пациента). Этот пункт можно отнести как барьеру («нет шин»), так и к пути пре-

одоления технологического барьера, связанного с низкой интероперабельностью в медицинской информационной среде («нужны шины»).

**6) Малое количество и низкое качество оцифрованной информации о состоянии здоровья человека.** Постановка диагноза и принятие клинического решения в первую очередь базируются на данных о состоянии здоровья человека. К таким данным можно отнести: жалобы пациента, анамнез заболевания и жизни, результаты лабораторных и инструментальных методов диагностики, результатов ранее проведенного лечения. При использовании телемедицинских технологий из-за пространственного удаления пациента и врача, последний вынужден при принятии решения опираться на описанные выше данные. Такие данные врач может получить во время телемедицинского приема пациента в подавляющем случае в электронном виде. Даже при наличии доступа к электронной медицинской карте пациента, врач не находит всей необходимой ему в данном клиническом случае информации, так как ее просто нет в этой истории болезни. Многие данные лабораторных исследований пациенту на руки и в клинику передаются на бумажных носителях. Высокомотивированный пациент сам может оцифровать эти данные (сделать фото или сканы) и передать их консультирующему врачу – сейчас в этом нет сложностей. Но данные эти, как правило, представляются в неудобном для изучения виде, без хронологической последовательности и порой низкого качества (низкое разрешение фото, вне фокуса, лишь фрагменты анализа или заключения на неопрятном бумажном носителе). Редкие пациенты (сейчас, скорее исключение, чем правило), могут дать врачу доступ к своим данным в удобном для изучения и анализа виде. Клиники же, в подавляющем числе случаев, данные, полученные из лаборатории или переданные им пациентами на бумажном носителе оцифровывают и хранят в электронной истории болезни. Ряд инструментальных исследований (УЗИ, гастро-, цистоскопия и др.) в сложившейся клинической практике не содержат первичных данных несмотря на то, что большинство приборов позволяют это сделать. В лучшем случае врач во время исследования делает скрин картинки с прибора, который носит субъективный характер. А в основном исследования заканчиваются субъективным описанием увиденной врачом картины, часто в грубо форма-

лизованном виде на удобном только для врача бланке, который иногда не содержит ответа на ряд вопросов клинициста. Еще одной проблемой, которая влияет на качество данных, является использование ранее заготовленных шаблонных заключений или описаний дневников, записей в истории болезни, описания хирургических манипуляций и выписок из клиник. Эти шаблоны врач использует для экономии времени при формировании заключения или записи в истории болезни и амбулаторной карте. Спешка и невнимательность приводят к тому, что в этих записях не отражаются важные клинические моменты и порой попадают данные из записей других пациентов. Проблема «копи-паста» — это обратная сторона применения цифровых технологий.

**7) Не у всех пользователей (пациентов) есть технические инструменты для использования телемедицинских технологий.** В большинстве случаев технические инструменты, используемые пациентами, не являются специализированными (за исключением случаев использования медицинских приборов для дистанционного мониторинга: тонометры, глюкометры и пр.). Такие инструменты – личный смартфон пользователя, компьютер, стандартное программное обеспечение. Разработчики решений для телемедицины часто предполагают, что пользователь имеет эти приборы, является продвинутым их пользователем, мотивирован использовать эти приборы и даже видит преимущество в их использовании, так как это экономит его средства (не требуется покупка специального прибора). Во многих случаях это так. Но клиническая практика показывает, что есть ряд пациентов (пожилые люди, люди с когнитивными нарушениями, люди с невысоким финансовым достатком и пр.) не имеют смартфонов и/или компьютеров, и, даже имея их, испытывают затруднения при их использовании для задач телемедицины (консультации и дистанционного мониторинга здоровья). Ряд пациентов просто отказываются использовать личные устройства в качестве телемедицинских решений, считая, что это может навредить их личному пространству. Использование же личных приборов (в первую очередь личного смартфона) врачом для оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий, особенно на фоне низкой мотивации (что чаще встречается в ЛПУ с государственной формой собственности), приво-

дит к отказу врачей или сопротивлению, часто носящего форму саботажа.

В этом же подпункте технического барьера (в силу общности проблемы) стоит отметить еще один часто ускользающий, но, как показала практика, очень важный для успешного внедрения телемедицинских технологий аспект. Это попытка разработчиков сосредоточить свои усилия для **придачи стандартным приборам (смартфон, компьютер и др.) функции приборов для телемедицины.**

Есть несколько причин, объясняющих почему это происходит:

- а) нежелание и/или отсутствие компетенции у разработчиков в создании аппаратных решений;
- б) сложность реализации аппаратно-программных решений в сравнении с только программными продуктами;
- в) желание снизить затраты пользователей на покупку специализированных аппаратно-программных решений.

Такой подход на практике приводит к тому, что функционал и управление логикой работы решений приспособливается к стандартным инструментам смартфонов (компьютеров, планшетов и др.), делает ее интуитивно непонятной, запутанной, натывается на технические сложности и в итоге становится неудобной. Неудобство становится более ощутимым при частом использовании такого «приспособленного» решения.

#### **Пути преодоления технологического барьера:**

1) **Формирование обратной связи разработчиков телемедицинских платформ с пользователями** этих платформ – врачами, администраторами клиник и пациентами. Получение обратной связи, анализ и внесение изменений в программный продукт со временем позволит сделать более удобным и интуитивно понятным его интерфейс.

2) **Интеграция телемедицинских платформ с медицинскими информационными системами.** Так получилось, что разработчики МИСов проявили низкую заинтересованность в телемедицине. Хотя именно у них имелся самый большой потенциал создания телемедицинских платформ на базе своих программных продуктов. Поэтому нишу заняли другие игроки ИТ-индустрии. Последнее время наметилась тенденция сближения этих двух групп программных продуктов, но конкуренция между собой, желание игроков на базе своих ►►



продуктов создать дубли телемедицинских платформ и МИСов, являются сдерживающими факторами развития этой интеграции. Кажется очень полезным в этом плане инициатива Министерства Здравоохранения по созданию интеграционной шины в виде Федерального проекта «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)» [7]

3) **Использование протоколов обмена информацией между МИСами и телемедицинскими платформами.** ГОСТы, HL7, DICOM должны в будущем стать стандартом для разработчиков.

4) **Формирование прозрачности регистрации медицинских изделий.** Просто об этом заявить, но очень сложно исполнить в текущей ситуации. Те компании, которые сталкиваются с процессом регистрации медицинских изделий в Российской Федерации очень хорошо знакомы с этой проблемой, и каждый из них находит свой путь решения. Однако во многих случаях реальные сроки получения регистрационного удостоверения (РУ) могут растянуться на годы. Объединение усилий разрозненных игроков рынка медицинских изделий (сюда попадают некоторое программное обеспечение, в первую очередь решения на базе искусственного интеллекта), которые часто конкурируют между собой и, к сожалению, не готовы к коллаборации – может быть одним из инструментов, чтобы начать переговоры с представителями органов исполнительной и законодательной власти, которые могут повлиять на ситуацию с регистрацией медицинских изделий в России.

5) **Создание аппаратных и программных шин для решения вопроса интероперабельности в информационной среде** (см. пункт 4 в списке технологических барьеров).

6) **Создание технических решений для оцифровки медицинских данных.** Этот путь можно разделить на 3 больших направления: 1) создание решений для облегчения ввода данных, например, голосовой ввод данных, распознавание данных на печатных носителях (анализы, заключение); 2) создание новых или надделение функцией передачи данных в МИСы существующих медицинских приборов; 3) программная и аппаратная интеграция, организация и передача данных между медицинскими информационными системами, особо обращая внимание на лабораторные информационные системы (ЛИС) частных клиник и круп-

ных государственных лабораторно-диагностических центров. На поверхности лежит желание усилить контроль за качеством ввода данных, отказаться от использования шаблонов, использования стандартных программ, таких как Word, для ведения записей в электронной истории болезни или формирования заключений, но, кажется, этот путь не очень конструктивный, так как один лишь запрет без предложения технологических решений (облегчающий и без того непростую работу врача) может не привести к желаемым результатам.

7) **Разработка и создание специализированных аппаратно-программных решений для телемедицины** – таких, как специализированные хабы для обмена информацией, станции для видеосвязи, приборы для мониторинга состояния здоровья и состояния окружающей среды человека.

## ■ ЮРИДИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

Этот барьер наиболее дискуссионный. Когда говорят об ограничениях применения телемедицинских технологий, в большей части случаев подразумевают юридические ограничения. Эти законодательные ограничения сосредоточены в основном в Федеральном Законе 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [2].

Кратко перечислим наиболее критичные для телемедицины юридические ограничения.

1) **Запрет на постановку диагноза и назначение лечения** при оказании медицинской помощи с применением телемедицинских технологий. Это, пожалуй, самая острая и неоднозначная тема. Сторонники и противники этого ограничения имеют наибольший градус общения, из-за которого очень сложно найти конструктивную позицию, позволяющую найти компромиссное решение. Как правило, врачи, которые используют в своей клинической практике телемедицинские технологии и знакомы с ними «не в теории», придерживаются более либерального подхода в этом вопросе. Врачи, не имеющие опыта применения телемедицины и отягощенные бременем принятия решения, придерживаются позиции ограничения. Особенными сторонниками этих ограничений выступают руководители системы здравоохранения, которые не имеют или не поддерживают свою клиническую практику. Детальное обсуждение этого вопроса нашло в отдельной статье [8].

2) Сдерживающим фактором применения телемедицинских технологий являются **требования к рабочему месту**, с которого осуществляется оказание удаленной медицинской помощи. Согласно текущему законодательству оказывать медицинскую помощь с применением ТМ-технологий можно лишь на рабочем месте, которое имеет лицензию по соответствующему профилю. Лицензия же ориентирована на очный прием и основывается на порядках оказания медицинской помощи, в которых прописаны требования к оснащению кабинета, стационара или центра. Это совершенно избыточное требование, т.к. для оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий не требуется ничего кроме компьютера, каналов связи и системы идентификации участников этого процесса. Практика во время пандемии COVID-19 показала, что место, где находится врач при оказании медицинской помощи с применением ТМ-технологий не является сдерживающим и ограничивающим моментом. Телемедицинские центры были развернуты не только на базе лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) с соответствующими лицензиями по профилям оказания медицинской помощи, но и на базе непригодных для этого мест (например, спортивные площадки школ), где из оборудования были использованы компьютер с программным обеспечением и средства связи. Такой подход не только не встретил сопротивления со стороны органов исполнительной и законодательной власти в сфере здравоохранения, а более того, был ими поддержан, и эта инициатива широко освещалась в средствах массовой информации (СМИ) как адекватное решение в сложившейся ситуации [9, 10, 11].

#### **Пути преодоления юридического барьера:**

1) **Вывести запрет на постановку первичного диагноза дистанционно с применением телемедицинских технологий без очного визита пациента на прием к врачу и назначение лечения из Федерального Закона 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».** Принятие решения о возможности постановки первичного диагноза дистанционно с применением телемедицинских технологий, должно решать на уровне **подзаконных актов (порядки и стандарты) и клинических рекомендаций**. Профессиональное медицинское сообщество должно само принимать решение в какой клинической ситуации и на основании каких данных можно поставить диагноз дистан-

ционно. Жесткое закрепление в Федеральном Законе ограничений на постановку диагноза дистанционно затрудняет внедрение в практику современных технологий в здравоохранении. При появлении новых возможностей очень сложно и затратно менять Федеральные Законы.

2) **Использование математической модели оценки рисков постановки диагноза дистанционно**, разработанной в Сеченовском Университете [12]. Возможность постановки или не постановки диагноза и назначения лечения не лежит в плоскости конкретных типов диагнозов или нозологических единиц, а связана с наличием у врача достаточного объема информации для принятия решения. Один из путей решения этого вопроса находится в плоскости технологии – математической (программной) оценке рисков постановки диагноза исходя из имеющейся у врача на момент телемедицинской консультации информации. Модель базируется на использовании существующих в стандартах оказания медицинской помощи диагностических мероприятий, которые имеют кратность и частоту использования (статические показатели) и экспертной оценки веса (значимости для постановки диагноза) этих мероприятий. Модель предполагает, что врач, который консультирует дистанционно пациента перед принятием решения о постановке первичного диагноза, заполняет (в полуавтоматическом режиме) собранные и изученные в ходе консультации медицинские данные, и модель их оценивает в процентном отношении возможности и риска постановки диагноза. Модель не оценивает правильность постановки диагноза, а лишь полноту имеющихся у врача данных, соотнося их со стандартами.

3) **Использование экспериментального правового режима для временного и частичного снятия юридических ограничений.** 28 января 2021 года вступил в силу разработанный Минэкономразвития России Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации» [13]. У государства, научного и бизнес-сообщества появился системный механизм тестирования в реальных правоотношениях технологий, которые в силу разных причин (прежде всего – инертность законодательства) можно использовать уже сегодня. В рамках экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций (ЭПР) правительство может ►

дать ограниченному числу компаний на определенной территории и на определенное время соблюдать действующее законодательство с рядом особенностей. В Российской Федерации регуляторные «песочницы» возможны в нескольких сферах, в их числе оказалась телемедицина. Эта инициатива была положительно оценена в профессиональном сообществе, занимающемся телемедицинскими технологиями. Однако на момент написания статьи (июль 2022 года) было проведено обсуждение 4-х инициатив по возможности снятия ряда законодательных ограничений, и не одна из этих инициатив в итоге не прошла полного цикла согласования и одобрения при поддержке большинства представителей профессионального сообщества. Министерство здравоохранения выступило против введения экспериментально-правовых режимов в сфере медицины [14].

В статью вынесено это решение, так как часто в неформальной обстановке специалисты и чиновники ссылаются на ЭПР как путь преодоления юридического барьера. Может сложиться неверное представление, что этот механизм рабочий и на него стоит делать основной акцент. Но практика (еще раз звучит ключевое слово «практика»!) показала, что пока этот механизм не заработал.

4) **Использовать опыт применения телемедицинских технологий, накопленный во время пандемии COVID-19.** Опыт показал, что нет опасности снятия ограничений с постановки первичного диагноза с применением телемедицинских технологий в ситуации с коронавирусной инфекцией. Поэтому можно ожидать схожих результатов при других клинических ситуациях. Инициатива и опыт дистанционной выдачи и закрытия листов нетрудоспособности во время пандемии COVID-19 также может быть оценена и использована в ситуации, когда сняты эпидемиологические ограничения [15].

Крайне ценным является опыт снятия ограничений на местонахождение врача, использующего телемедицинские технологии, полученный во время пандемии. Компьютер, программное обеспечение, видеокамера, микрофон и средства коммуникации – это могут быть минимальные требования для телемедицинских консультаций.

5) **Добавить в порядки оказания медицинской помощи перечень Условий (поликлиника, стационар, центр и пр.) еще одно условие — телемедицинский кабинет.** В приложении прописать для него отдельные требова-

ния, такие, которые будут достаточны, но не избыточны, для оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий. Такой подход позволит владельцам лицензий на медицинскую деятельность, не нарушая закона, без существенных ресурсных затрат открывать такие телемедицинские кабинеты, а надзорные органы в сфере здравоохранения могут получить инструмент для контроля качества применения телемедицинских технологий.

## ■ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

Главный тезис данной статьи (возможно, даже аксиома): любой вид медицинской помощи должен иметь финансирование. Получение прибыли в сфере здравоохранения – это отдельный вопрос, который лежит в основе экономических сложностей при использовании телемедицинских технологий в ЛПУ с частной формой собственности. Об этом будет сказано ниже более подробно. Но, даже если прибыль не рассматривается (например, в ЛПУ с государственной формой собственности), то в любом случае затраты, составляющие себестоимость такого рода медицинских услуг, имеются, и, чтобы телемедицина внедрялась и развивалась, надо их учитывать. Приказом по ЛПУ и ведомству, без прозрачного понимания источника и размера финансирования, внедрить телемедицину в практику будет очень сложно.

В первой части статьи обсуждалось, что в ней не будут рассматриваться вопросы применения ТМ-технологий в направлении «врач-врач», так как в силу создания НИМЦ и относительно небольшого объема потребности в телемедицинских консультациях «врач-врач» в сравнении с телемедициной «пациент-врач» этот вид медицинской помощи не имеет существенных барьеров в своем развитии. Все же стоит сделать акцент на том, что финансирование телемедицинских консультаций «врач-врач» включено в общее финансирование НИМЦ [16]. Но НИМЦ – это лишь одна сторона, принимающая участие в телемедицине «врач-врач». Есть другая сторона – это региональные ЛПУ 2-го и 3-го уровня, которые готовят документы и направляют их на консультацию в НИМЦ. Финансирование этой стороны идет за счет фонда заработной платы выделенных специалистов и/или специально созданных структурных подразделений, занимаю-

щихся подготовкой документов для телемедицинских консультаций. Решения в этом вопросе принимаются руководством здравоохранения регионов и ЛПУ. Автору статьи не известны публикации или дискуссии, в которых обсуждаются сложности финансирования телемедицинских технологий формата «врач-врач» в региональном сегменте. Но в частных случаях из-за локальной специфики структуры и местных возможностей финансирования здравоохранения стоит ожидать снижения мотивации поддержания на должном уровне и наращивания такого рода медицинской помощи. Вероятнее всего, в силу низкой потребности в телемедицинских консультациях «врач-врач» и самодостаточности медицинской помощи в регионах, эти сложности нивелируются и смешиваются с общими вопросами финансирования здравоохранения конкретного региона, растворяясь в их общих «успехах» или недостатках.

Прежде чем перейти к описанию экономического барьера телемедицины стоит отметить, что некоторые аспекты этого вопроса будут иметь особенности, связанные с тем, что система финансирования здравоохранения России неоднородная и имеет 5 моделей.

1) Обязательное медицинское страхование (ОМС) – 56,8% оборота рынка медицинских услуг;

2) Бюджетное целевое финансирование – 15,8%. Включает в себя частичное финансирование высокотехнологичной медицинской помощи, квоты, целевые субсидии и др.

3) Частная система здравоохранения (легальная коммерческая медицина, включая платные услуги на базе ЛПУ с государственной формой собственности) – 15,8%;

4) Добровольное медицинское страхование (ДМС) – 4,9%;

5) Теневой сектор рынка медицинских услуг, на который приходится 6,7%.

В связи с этим некоторые экономические барьеры для одной системы могут быть сдерживающими, для другой, наоборот, могут способствовать ее развитию. Это противоречие в большей части находится не в специфике дистанционных технологий, а в разнородности финансовых моделей. Яркими примером может быть пример со снижением среднего чека посещения клиники при применении телемедицинских технологий. Для частной системы здравоохранения – это сдерживающий момент, а для государствен-

ных ЛПУ снижение общей стоимости (нагрузки на ЛПУ) может быть аргументом в пользу применения телемедицины.

В статье «Экономические аспекты телемедицины» описаны основные черты финансирования телемедицины в этих моделях [17].

Итак, давайте перечислим основные составлявшие **экономического барьера телемедицины** и приведем их краткую характеристику.

1) **Ошибочное представление, что телемедицинские технологии могут привести к общему снижению затрат на здравоохранение.** Автору статьи приходилось неоднократно сталкиваться с мнением, что телемедицина должна развиваться в силу того, что дистанционные технологии приводят к общей экономии затрат на здравоохранение. Этот аргумент на этапе обсуждения поправок к Федеральному Закону 323, регламентирующему применение телемедицинских технологий, на площадках с участием представителей исполнительной и законодательной власти в сфере здравоохранения, очень широко «эксплуатировался», так как такой аргумент в пользу телемедицины был самым понятным и веским, но, ошибочным. И это представление по-прежнему остается в понятийной базе руководителей и организаторов здравоохранения.

Телемедицина в ФЗ 323 определена как телемедицинские технологии [2]. Ценность новых технологий в медицине в первую очередь должна рассматриваться под углом повышения клинической эффективности и безопасности, влияющих на три основных ключевых показателя здравоохранения: а) увеличение продолжительности жизни; б) улучшение качества жизни; в) рождение здорового ребенка. И только после этого должен быть рассмотрен вопрос клинико-экономической эффективности (четвертый ключевой показатель здравоохранения). Если поменять местами эту последовательность, и говорить в первую очередь о снижении затрат на здравоохранение, то, вероятнее всего, подавляющее большинство новых технологий не появились бы в клинической практике. Так эндоскопия, как огромное направление медицины, изменившее подходы в диагностике и лечении подавляющего большинства заболеваний, сопряжена с существенными затратами на оснащение клиник новым оборудованием (эндоскопические стойки), обучение медицинского персонала, порой эндоскопические операции (особенно на этапе их внедрения) ►►



приводят к увеличению продолжительности вмешательства и койко-дня, требуют дорогостоящих расходных материалов. Другим ярким примером новой технологии может быть таргетная терапия в онкологии, которая увеличивает продолжительность и улучшает качество жизни онкологических пациентов, но при этом обходится намного дороже в сравнении с традиционной химиотерапией. Внедрение и развитие вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) потребовало не только оснащения оборудованием и отдельного финансирования самой процедуры, но и создание целого направления – репродуктивной медицины. Повышение доступности медицинской помощи в России требует восстановления утраченного после распада СССР первичного звена здравоохранения – строительства и оснащения фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП), врачебных амбулаторий и, порой, существенной модернизации системы центральных районных больниц (ЦРБ). Таким образом новые (и не только новые, но и в целом медицинские) технологии увеличивают совокупную финансовую нагрузку на систему здравоохранения, но при этом решают ключевые задачи здравоохранения, для которых и создавалась эта служба. Несомненно, экономика любого государства имеет свои границы, и оценка экономической эффективности имеет значение для страны, но смотреть на здравоохранение как институт общества, который призван экономить ресурсы – это неверный путь, который таит в себе много моральных и этических вопросов. Если поинтересоваться мнением не руководителей здравоохранения, а отдельно взятого пациента, какой он выберет для себя метод диагностики и лечения, вряд ли он во главу угла своего решения поставит экономию средств бюджета государства, территориального фонда ОМС или ЛПУ.

2) **Ошибочное представление, что телемедицина не требует специального финансирования.** Этот аспект экономического барьера логически исходит из первого пункта. Затраты на телемедицинские технологии складываются из базисных затрат на внедрение этих технологий (приобретение оборудования, программного обеспечения (ПО), обучения) и из затрат, связанных с их поддержанием (амортизация и износ оборудования, абонентское обслуживание ПО). В крупных ЛПУ и при применении дистанционного мониторинга состояния здоровья в ряде случаев приходится создавать отдельные службы или выделять

сотрудников, непосредственно занимающихся этими задачами. Телемедицинские технологии требуют специальных технических инструментов (ПО, оборудование для мониторинга, средства связи и коммуникации между МИСами и др.), которые увеличивают себестоимость медицинской помощи с применением ТМ-технологий. Встраивание этих затрат в систему подушевого финансирования без ее соответствующего увеличения приводит к увеличению нагрузки без ее компенсации. Поэтому в ЛПУ с государственной формой собственности, где как раз и развита такая модель финансирования (осуществляемая, в первую очередь, через ОМС), появление телемедицины задерживается. Отдельные яркие примеры внедрения телемедицинских технологий, тиражируемые в СМИ, в отчетах и на профессиональных мероприятиях, как правило, порождаются инициативными руководителями ЛПУ и являются исключениями, часто кратковременны и очень тяжело тиражируемы. Попытка мотивировать врачей к использованию телемедицинских технологий за счет их поощрения (премии, прибавки к заработной плате) в рамках неизменяемого бюджета ЛПУ вызывает аналогию с «перетягиванием одеяла». Это приводит к тому, что может возникнуть:

- а) дефицит по другим статьям затрат в рамках ЛПУ;
- б) появление субъективного и непрозрачного определения приоритетов руководством ЛПУ;
- в) отсутствие мотивации врачей заниматься телемедициной;
- г) уход или монополия технологических компаний, создающих и предоставляющих инструменты для телемедицины.

ЛПУ с частой формой собственности за счет того, что могут приобрести конкурентное преимущество за счет предоставления телемедицинских консультаций, ориентируются на личные оплаты граждан, теоретически не имеют описанного ограничения.

3) **Отсутствие широкой практики внедрения тарифов ОМС.** Это, пожалуй, самый важный сдерживающий момент на пути телемедицины. В первую очередь это касается ЛПУ с государственной формой собственности. Но и ЛПУ с частной формой собственности могли бы оказывать медицинскую помощь с применением телемедицинских технологий, если бы были широко распространены такие тарифы. Вероятнее всего,

сдерживание появления тарифов ОМС на телемедицинские консультации и дистанционный мониторинг связано в первую очередь с наличием общего ограниченного финансирования здравоохранения в России, которое и нашло проявление в подушевом финансировании. Так же общий неблагоприятный юридический фон, сопровождающий ограничение телемедицины, негласное перманентное неодобрение лицами, принимающими решения (ЛПР), дистанционных технологий и отсутствие широкой практики – все это влияет на задержку принятия тарифов ОМС, покрывающих затраты на медицинскую помощь с применением телемедицинских технологий.

#### 4) **Практические сложности при осуществлении межтерриториальных оплат услуг в ОМС.**

Телемедицина не знает границ — это одно из ее ключевых преимуществ. Сбор средств в бюджет территориальных фондов обязательного страхования (ТФОМС) зависит от общего экономического состояния регионов. Некоторые субъекты имеют профицитный бюджет на фоне высоких заработных плат и отчислений налогов, другие регионы имеют дефицит с невысокими заработными платами и налоговыми отчислениями. Поэтому тарифы ОМС и подушевое финансирование в разных регионах может существенно отличаться. Это сказывается на финансировании регионального здравоохранения, уровнях заработной платы медицинских работников. Такая ситуация в ряде регионов приводит к снижению доступности для населения качественной медицинской помощи. Кажется, что решение этого вопроса лежит в применении телемедицинских технологий – компенсация недоступной медицинской помощи консультациями врачей из других регионов. Так как за такие консультации (или иную форму применение телемедицинских технологий) надо платить и в том числе из ТФОМС региона, откуда пациент обратился (по сути, где «прописан пациент»), то это теоретически может приводить к оттоку средств из субъекта и усугублению их дефицита. Поэтому на местах создаются барьеры, препятствующие этому процессу. В первую очередь это сказывается на межтерриториальных оплатах. Это проблема существует не только при применении телемедицинских технологий, но и других форм медицинской помощи, при которых пациент из одного региона получает медицинскую помощь в другом регионе. Ярко это проявляется при оказании высокотехнологичной медицинской помощи (ВМП), включенной в ОМС.

Специалисты на местах стараются удерживать пациента от направления его на лечение по ВМП в другой регион и/или ТФОМС не подтверждает оплаты счетов за уже оказанные медицинские услуги.

В силу неразвитости тарифов ОМС на телемедицинскую помощь мы не наблюдаем на данный момент этой проблемы, но при появлении возможности компенсации затрат на телемедицинские технологии за счет ОМС стоит ожидать возникновения сложностей при межтерриториальных оплатах.

#### 5) **Снижение среднего чека в ЛПУ с частной формой собственности.**

Частные клиники ориентированы на получение прибыли при оказании медицинских услуг. Одним из ключевых показателей их эффективности является средний чек. В средний чек помимо консультации пациента врачом входят дополнительные услуги по диагностике: инструментальное обследование, забор анализов, лабораторная диагностика и др. Так как при телемедицинских консультациях пациенты не приходят в клинику, то оплата, как правило, ограничивается только непосредственно консультацией врача. Это приводит к снижению среднего чека. Компенсировать доход можно увеличением числа пациентов. Но, в силу высокой конкуренции, стоимость привлечения «нового пациента» в клинику (маркетинговые затраты, реклама и пр.) по ряду регионов порой превышает стоимость первичного приема. Поэтому стандартными маркетинговыми инструментами клинике невозможно увеличить свой доход только наращивая количество консультаций. Требуется увеличение совокупных затрат пациента, другими словами «увеличение среднего чека». Столкнувшись с этими особенностями телемедицинских консультаций, клиники либо стали отказываться от такой формы медицинских услуг, либо рассматривают их как:

а) лидогенерация (направление пациента на очный прием в клинику);

б) повышение лояльности пациентов с целью увеличения своего конкурентного преимущества.

Именно поэтому ТМ-консультации в частных клиниках не рассматриваются как самостоятельный клинический инструмент. Таким образом, совместно с юридическими ограничениями, этот аспект приводит к сдерживанию раскрытия потенциала телемедицинских технологий.

6) **Ошибочное ожидание, что телемедицинские консультации имеют более низкую стоимость, чем аналогичные при очном визите** ►►

в клинику. В самом начале перечисления составляющих экономического барьера было указано на заблуждение о снижении экономических затрат при использовании телемедицины. Это заблуждение через СМИ достигло и пациентов. Пациенты ожидают, что телемедицинский прием должен стоить меньше, чем очный прием в клинике. Это ожидание поддерживается тем фактом, что телемедицинская консультация (особенно первичная, до очного визита пациента в клинику) имеет законодательные ограничения и не может закончиться постановкой диагноза и назначением лечения. Таким образом пациент не получает того объема медицинской помощи, который он мог получить на очном приеме. При этом временные затраты врача на телемедицинскую консультацию не меньше, чем на очную консультацию аналогичного объема.

Порой телемедицинский прием сопровождается:

а) техническими сложностями (как правило, со стороны пациента), ожиданиями, когда пациент подключится к видеосвязи;

б) сложностями дистанционного общения, требующими дополнительного времени на сбор жалоб и анамнеза;

в) необходимостью изучения медицинской документации часто низкого качества;

г) затратами на работу с телемедицинскими инструментами;

д) большим объемом времени на разъяснения пациенту результатов консультации.

Очень часто это приводит к увеличению времени, потраченного врачом и сотрудниками клиники. Так как в себестоимости консультации врача время является основным составляющим моментом, то и себестоимость такой консультации может возрасти.

В реальной клинической практике потребности пациента в медицинской помощи компенсируются за счет либо прямого нарушения закона (в итоговом заключении пациенту ставится диагноз и назначается лечение), либо постановка диагноза и назначение лечения не выделяются в виде отдельной записи в заключении, а погружаются внутрь теоретического рассуждения («информирования») пациента, а пациент воспринимает это как программу действия. Таким образом, либо врач (клиника) берет на себя груз ответственности, либо этот груз неявно перекладывается на плечи пациента, так он сам «вправе принимать решение» как трактовать

заключение врача. Это необходимое действие, так как без постановки диагноза и назначения лечения телемедицинские консультации не имеют существенной ценности, за которую пациент готов платить. Платить просто за разговор с врачом, который закончится направлением пациента в клинику на очный прием – к этому пациент не готов.

#### **Пути преодоления экономического барьера:**

1) **Признание необходимости затрат на телемедицину.** Это, скорее, идейный тезис, не требующий никаких финансовых затрат. Но и базируясь на идее (вере в экономический эффект от применения телемедицины), он наиболее сложно реализуем, так как известен факт, что вера не требует доказательств. Этот тезис верен и в том, что, ряд людей уверовали в гипотетическую (ни разу не возникающую на практике, но могущую возникнуть) опасность постановки диагноза и назначения лечения с применением телемедицинских технологий. В случае веры методы доказательной медицины работают очень плохо.

2) **Проведение исследований, направленных на оценку клинико-экономической эффективности телемедицины.** Развивая первый пункт и опираясь на научные инструменты, кажется, что проведение таких исследований может быть конструктивным путем внедрения телемедицины в клиническую практику. Остается открытым вопрос кто и на какой базе смог бы выполнять такие исследования. Об этом чуть подробнее будет сказано в части статьи, посвященной методологическому барьеру.

3) **Создание и утверждение тарифов в ОМС.** Стоит сделать акцент на том, что это должны быть тарифы на телемедицинские консультации по всем медицинским профилям, включая и урологию, как бы это ни звучало странно. Есть опасение, что под тарифами могут скрываться услуги, например, по расшифровке ЭКГ, которые в отчетах выдаются за телемедицинские консультации, по факту такими не являются.

Также очень полезным для развития телемедицинских технологий может быть создание и утверждение тарифов на дистанционный мониторинг.

4) **Создание прозрачных механизмов осуществления межтерриториальных оплат услуг в ОМС.** Кажется, что решение этого вопроса лежит за рамками вопроса телемедицины. Это, скорее общеэкономический вопрос здравоохранения России. И, возможно, решение его лежит в пре-

одолении экономического неравноправия в разных субъектах Российской Федерации, в первую очередь, в части доступа к медицинской помощи. Телемедицинские технологии – это лишь инструмент, который мог бы увеличить доступность медицинской помощи. Но он ложится бременем на существующее здравоохранение и вынужден жить по его правилам и на его условиях.

Временным решением может быть финансирование телемедицины из федерального бюджета или за счет формирования отдельной статьи в Федеральном фонде ОМС (ФФОМС) за счет равноправного отчисления средств со всех регионов. Если деньги на телемедицинские консультации не будут тратиться непосредственно из ТФОМС, то это может уменьшить обеспокоенность перетекания бюджета из одного региона в другой.

5) **Акцент на развитие технологий дистанционного мониторинга.** Сегодня дистанционный мониторинг состояния здоровья активно развивается, так как:

- а) не нарушает российское законодательство;
- б) имеет клиническую ценность;
- в) решает вопросы со здоровьем, которые нельзя решить иными инструментами.

С точки зрения объективного обоснования затрат (в первую очередь для пациента) дистанционный мониторинг имеет два существенных преимущества:

а) имеется материальный актив, в виде прибора (набора приборов) для мониторинга состояния здоровья и за него пациент готов платить (по крайней мере, понимает обоснованность затрат);

б) большая часть действий по этой услуге выносится за пределы клиники на «территорию пациента», что снижает себестоимость при продаже дополнительной услуги «здесь и сейчас», например, за счет продажи пациенту пакета («программы») углубленного обследования и/или дистанционного сопровождения. Этот аспект может быть полезен в первую очередь для ЛПУ с частной формой собственности и для ЛПУ, которые оказывают дополнительные платные услуги.

## ■ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ БАРЬЕР

Медицина не зря имеет большое количество регуляторных ограничений: от сложного пути врача до лицензирования медицинской деятель-

ности и регулирования оборота медицинских изделий и препаратов. Это связано с высокими рисками, которые возникают при оказании медицинской помощи. Эти риски включают в себя здоровье и жизнь людей – самые большие ценности, защищаемые обществом.

Телемедицинские технологии, будучи инструментами для решения вопросов, связанных со здоровьем людей, попадают под эти регуляторные механизмы. Непонимание и игнорирование сложившихся правил в медицинской отрасли приводит к торможению телемедицины.

Прежде чем перейти к характеристике методологических проблем в телемедицине, давайте очень кратко и укрупненно опишем путь, который проходят аналогичные инструменты в медицине.

На первом этапе создается инструмент или решение для диагностики, лечения, реабилитации и профилактики, будь то молекула, потенциальный кандидат на препарат или технология, которая может в будущем лечь в основу медицинского изделия. Источником таких решений выступают научные лаборатории, университеты, клиники или производители (фармкомпании, производители медицинских изделий). На первом этапе в лабораторных условиях проводятся опыты и испытания, которые должны подтвердить эффективность и безопасность исследуемого решения. Это **доклинический этап**. После его успешного прохождения создается наиболее близкая к реальному клиническому применению форма решения (препарат, изделие) и после процедуры одобрения проводятся **клинические исследования**. При их успешности уполномоченный орган (Роспотребнадзор, или Росздравнадзор, или Минздрав) выдает **разрешительные документы для использования продукта в клинической практике**. Продукт появляется в продаже – становится доступен.

Прохождение только этого этапа в большинстве случаев не гарантирует повсеместного применения продукта в медицине. Еще одной заградительной чертой, которая защищает от возможных ошибок и рисков с ними связанных, является врач с его кажущимся, скептическим отношением к новым медицинским продуктам. Для того, чтобы убедить врача использовать продукт, необходимо проведение клинических исследований на разных научно-клинических базах (так называемые, ►►



**пострегистрационные клинические исследования**). Цель таких исследований – продемонстрировать, что продукт показывает схожие с заявленными характеристиками в разных клиниках, в руках разных врачей и ученых. Другими словами, легко ли продукт может быть масштабирован в клинике. Даже при качественно выполненных клинических исследованиях на этапе прохождения одобрения в уполномоченных на то органах, продукт может быть сложным или требовать соблюдения неочевидных условий его применения. Эти моменты надо исследовать, описать и найти решения для их устранения. Также пострегистрационные клинические исследования проводятся для вовлечения большего числа экспертов, которые апробируют продукт, становятся его последователями или, как минимум, формируют доказательную базу. Исследователи, как правило, врачи по специализации применения продукта, **публикуют результаты в виде научных статей** в рецензируемых научных медицинских журналах. Публикация в таком журнале дает профессиональному сообществу возможность ознакомиться с продуктом и его характеристиками. Исследователи и последователи могут делать это даже без мотивации со стороны производителя, **выступая с результатами исследований на тематических медицинских мероприятиях**. Научные статьи, выступления, в основе которых лежат проведенные клинические исследования, позволяют познакомить врачей с продуктом и сподвигнуть к использованию в своей практике. Одним из важных моментов является степень доверия врачей к тому, кто проводил исследование и выступает с результатами. Критерием оценки является репутация в профессиональном сообществе и отсутствие прямой финансовой заинтересованности в продажах продукта. Доклады о продукте, сделанные сотрудниками компаний, которые производят или продают его, являются одними из самых неубедительными аргументами для врачей.

Полученный в ходе исследования и анализа результатов опыт позволяет **описать методологию применения продукта**, которая может быть оформлена в **виде методических разработок («методичек»)**. Такой документ включает в себя: описание методологии применения продукта, показания, противопоказания, целевые показатели эффективности, безопасность, осложнения, отдаленные результаты и другие важные сведения,

структурированные внутри этого документа. Такой документ (после научной публикации) является первым базисным основанием для использования продукта в клинической практике.

На основании выполненных исследований на разных клинических базах и разными авторами, созданной и описанной ими методологии, накопленного практического опыта коллектива экспертов, который представлен рабочей группой от национального профессионального сообщества, может внести продукт (как правило, без торгового названия) или методику в соответствующий раздел **клинических рекомендаций**. Это одна из наивысших форм одобрения продукта во профессиональной врачебной среде. Попадание продукта в клинические рекомендации – это один из самых надежных и желанных (для создателей, производителей и дистрибьютеров) форматов продвижения продукта, который открывает широкий коридор возможностей.

Есть еще важных 2 документа, в которых может быть описан продукт и которые регламентируют его использование в медицине – **Порядки** по медицинским специальностям и **Стандарты** по ведению пациентов с конкретными нозологиями и состояниями. Это довольно формализованные статистические документы, базирующиеся на клинических рекомендациях. В свою очередь, на эти два типа документов опираются при лицензировании клиник, закупке оборудования для оснащения, создания и утверждения тарифов и в ряде других юридических и экономических вопросах здравоохранения.

И, даже несмотря на наличие упоминания продукта во всех этих документах, врач должен иметь личный положительный опыт применения его в своей клинической практике, положительные отзывы коллег и их неформальное одобрение.

Регулярное подкрепление знаний о продукте (визиты медицинских представителей к врачам), упоминание его в профессиональной среде (новые публикации и выступления лидеров мнений) способствует его продвижению и является обязательным условием вхождения в рутинную клиническую практику.

При соблюдении всех этих условий со временем продукт или методика становится стереотипом поведения врача и входит в его клиническую работу, плотно закрепляясь в его сознании в виде

«кейсового мышления» (типовой клинический случай -> применение продукта или методики).

В дальнейшем ряд решений и методик становятся обязательными при получении базисного медицинского образования и при прохождении специализации. Такие знания включают в **образовательную программу медицинских ВУЗов** и в преподавание при прохождении ординатуры.

Кажущееся наиболее эффективным для продвижения желание навязать продукт врачам через безальтернативное его использование (закупки без учета мнения специалиста, отечественные аналоги, административное навязывание и пр.), может давать краткосрочный эффект, но в перспективе имеет иногда даже обратный эффект.

Также хочется предупредить от желания напрямую финансово мотивировать врача использовать (назначать) продукт. В последующем при попытке отказаться от «мотивационной программы» это приводит к отказу врачей использовать продукт с негативной эмоциональной окраской – эффект отмены. Потом становится очень сложно вернуть продажи к прежнему уровню, даже при возврате к прямой экономической мотивации.

Таким образом, существует несколько ключевых документов, где тем или иным образом описывается методология применения медицинских продуктов:

- **Отчеты** о результатах проведенных **клинических исследований**
- **Научные публикации**, в основе которых лежат проведенные клинические исследования
- **Методические рекомендации**
- **Клинические рекомендации**
- **Порядки** по специальностям с упоминанием телемедицинских технологий
- **Стандарты** специализированной медицинской помощи
- **Образовательная программа** ВУЗов и при прохождении ординатуры.

Важными сдерживающими моментами на пути продвижения телемедицинских технологий, основанными на методологии применения телемедицины, являются следующие.

1) **Попытка позиционировать телемедицинские инструменты как не медицинские решения.** Опасение производителей попасть под сложную регуляторику, требующую отдельных ресурсов и уменьшающую гибкость развития про-

дукта, приводит к тому, что приходится маскировать его под бытовой прибор или немедицинское приложение. По схожей причине первичные телемедицинские консультации с постановкой диагноза и назначением лечения приходится скрывать под маской «информирования пациента». Это временное решение, которое не способствует стратегическому развитию продукта. Соответствовать требованиям и получить одобрение регулирующих органов – это, с одной стороны, барьер для входа на рынок, но с другой – защита продукта от высокой конкуренции и увеличение срока его жизни в сравнении с технологическими аналогами из ботовой отрасли. Волна внимания, интерес и надежда на формирование нового рынка цифровой медицины «вынесли» в зону видимости игроков с ограниченными ресурсами и плохо знакомых со спецификой здравоохранения. Стоит надеяться на то, что по мере их «взросления» появятся ресурсы, которые позволят этим игрокам принять правила медицинской индустрии.

2) **Низкое участие производителей инструментов для телемедицины в методологической работе и формировании пула лидеров в медицинской среде.** Вероятнее всего, тому причиной является тот факт, что производители этих инструментов большей своей частью имеют корни из ИТ-среды разработчиков, которые не понимают правил медицинской индустрии. Просто наличие «хорошего продукта», по их мнению, уже достаточно для того, чтобы врачи и пациенты начали его использовать. Стандартные инструменты продвижения в медицине не работают. Отсутствие внимания, игнорирование и даже отрицание медицинским сообществом таких продуктов, разработчиками оценивается как консервативность и косность врачей. Даже получив представление о правилах работы с врачами, производители, осознавая большой объем работ и инвестиций, игнорируют их и пытаются искать альтернативные пути. Если при этом маркетинговое давление производителей на врачей продолжается, а научная доказательная база телемедицинского продукта отсутствует, то это приводит к нарастанию понятийной дистанции и отторжению продукта врачами.

3) **Малое количество научно-клинических исследований по вопросам применения телемедицины.** В сравнении с другими инструментами, применяемыми в клинических ►►

дисциплинах, телемедицинские технологии имеют невысокую доказательную базу. Опубликованных исследований с хорошим качеством и четкой нацеленностью на конкретную медицинскую проблему на сегодняшний день немного. Их еще меньше в России [18, 19].

4) **Отсутствие методических разработок для врачей по применению телемедицинских технологий.** Такие методические разработки должны описывать не только общие телемедицинские вопросы для врачей всех специальностей, но и описывать методологию применения дистанционных технологий в частных случаях, где будут отражаться особенности для конкретной медицинской специальности, конкретной нозологии или клинического состояния.

5) **Отсутствие описания возможностей применения телемедицины в клинических рекомендациях по медицинским профилям.** Появление телемедицинских технологий в клинических рекомендациях возможно лишь при накоплении большого научного и практического опыта, который будет показывать схожую эффективность и безопасность в разных клинических базах и будет поддержан профессиональным сообществом врачей.

6) **Отсутствие описания возможностей применения телемедицинских технологий в клинических порядках и стандартах.** Есть документ, носящий название Приказ Министерства здравоохранения РФ от 30 ноября 2017 г. N 965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий» [20]. Это важный документ, однако не позволяющий врачу принять и обосновать решение использования телемедицинских технологий в конкретных клинических ситуациях. Более того, отсутствие телемедицинских технологий в стандартах медицинской помощи как инструмента, делает практически невозможным обоснование включения дистанционных технологий в тарифы ОМС.

7) **Слабое преподавание для студентов основ цифровой медицины, включая телемедицину.** Цифровая медицина и телемедицина - относительно новые технологии в медицине, поэтому опыт только накапливается, и возникает потребность обучения этим технологиям студентов. Постепенно появляются тематические кафедры и научные институты на базе медицинских

ВУЗов. Важным аспектом стоит считать наличие сбалансированного сочетания теоретических и практических знаний у преподавателей, а также практических занятий со студентами - этого сейчас еще не везде достаточно.

8) **Малое количество качественных курсов тематического усовершенствования для врачей по телемедицине.** Такая потребность в практическом здравоохранении постепенно формируется, но количество специалистов с научным, практическим и преподавательским опытом пока отстает от этой потребности. Известны случаи, когда к преподаванию привлекаются даже разработчики телемедицинских инструментов. Некоторый их практический опыт очень ценен для врачей, но стоит учитывать ангажированность таких преподавателей коммерческими интересами компаний. Очень критичным является возможное искажение знаний в угоду этих интересов.

9) **Слабая представленность телемедицинских технологий на профессиональных специализированных медицинских мероприятиях.** Речь в первую очередь идет о врачебных конференциях по медицинским специальностям. Есть довольно большое количество специализированных мероприятий, где рассматриваются цифровые технологии в медицине, включая телемедицину. Но их посещают большей частью специалисты ИТ-сектора медицины, руководители здравоохранения, представители индустрии, а практические врачи редко приходят на такие мероприятия. Большой частью врачи бывают на конференциях, которые посвящены конкретной специальности или медицинской проблеме. Поэтому информации у врачей о возможностях дистанционных технологий немного, тем более ее немного с привязкой к конкретной специальности.

**Пути преодоления методологического барьера:**

1) **Участие разработчиков в формировании методологии применения телемедицинских инструментов.** Ожидать, что врачи сами инициативно разберутся как использовать тот или иной инструмент или ожидать от них, что они докажут его эффективность и безопасность - это удел лишь очень малого числа продуктов: уникальных, простых и интуитивно понятных в применении. Большинство же продуктов не обладают такими свойствами, и разработчикам

необходимо самим позаботиться о создании доказательной методологии и ее продвижении. Очень хорошо в этом преуспели фармацевтические компании. Для индустриальных игроков телемедицины будет очень полезно ознакомиться с их опытом работы с врачами и использовать схожие инструменты и подходы.

2) **При создании продукта для телемедицины необходимо в бюджете закладывать статью расходов на методологию.** При планировании работ, получения инвестиций или грантов надо иметь выделенный бюджет и ресурсы (люди и время) на проведение клинических исследований, апробацию продукта, работу с врачами, формирование пула лидеров из медицинской среды, написание научных публикаций, участие в медицинских конференциях. Отсутствие управления этим процессом и контроля за ним не только не будет способствовать продвижению телемедицинских технологий, но и может привести к публикации с негативной оценкой продукта и методики.

3) **Поддержка со стороны государства и университетов исследований, направленных на оценку эффективности и безопасности применения телемедицинских технологий.** Маловероятно, что инициативные исследования без финансирования могут иметь широкого распространения. Такие исследования даже не всегда поддерживаются Университетами. Государственные задания для университетов, научно-исследовательских учреждений и кафедр, грантовая поддержка научной деятельности в этом направлении может способствовать более широкому и обоснованному применению телемедицинских технологий.

4) **Открытие на базе медицинских ВУЗов кафедр по базисному обучению студентов и постдипломному обучению врачей основам цифровой медицины, включая телемедицину.** Отрадно отметить, что этот процесс уже идет, но пока касается в большей части передовых медицинских Университетов.

5) **Создание программ по основам телемедицины и преподавание их в медицинских университетах для студентов.** Реализацию таких программ логично ожидать на базе специализированных кафедр.

6) **Создание качественных образовательных программ для постдипломного обучения применению телемедицинских техноло-**

**гий.** С развитием непрерывного медицинского образования (НМО) появились официальные инструменты для включения в процесс передачи знаний не только медицинских образовательных учреждений, но и общественных организаций, некоммерческих и коммерческих структур. Процесс обучения может быть распределен во времени, а благодаря информационным технологиям он удобно встраивается в рабочий график врача. Отдельно стоит обратить внимание на качество преподавания и экспертизу преподающих знания.

7) **Встраивание тематики телемедицины в специализированные врачебные мероприятия.** Проведение тематических секций и круглых столов по телемедицине на базе врачебных мероприятий (конференций, конгрессов, семинаров, школ и пр.). На таких площадках можно обсуждать общие вопросы телемедицины. По мере появления результатов клинических исследований и накопления опыта можно ожидать выступлений экспертов с этими результатами с акцентом применения телемедицинских технологий для решения конкретных медицинских проблем, привязанных к нозологиям или состояниям. Такие доклады могут органично вплестаться в тематику мероприятия.

## ■ ВЫВОДЫ

Процесс внедрения телемедицинских технологий — это неизбежный процесс. Автор убежден, что телемедицина со временем станет привычным и обязательным инструментом в руках врачей.

Телемедицинские технологии могут обеспечить не только доступность медицинской помощи, повысить ее качество, но и решать те проблемы, которые невозможно решить другим инструментами (в первую очередь у пациентов с хроническими заболеваниями). И если это убеждение верно, а исследования это подтверждают, то телемедицина, как и любая новая технология, приносящая пользу для медицины, несмотря на такое количество барьеров, все равно со временем найдет широкое применение. Рано или поздно, даже без нашего активного участия, эти барьеры будут преодолены.

Вопрос к нам: сможем ли мы что-то сделать для того, чтобы телемедицинские технологии как можно быстрее пришли на помощь нашим пациентам, гражданам нашей страны? █



## ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство Здравоохранения Российской Федерации. Приказ от 7 апреля 2021 года N 309 «Об утверждении Положения о формировании сети национальных медицинских исследовательских центров и об организации деятельности национальных медицинских исследовательских центров». [Ministry of Health of the Russian Federation. Order N 309 of April 7, 2021 «On Approval of the Regulations on the Formation of a network of National Medical research centers and on the Organization of the Activities of National Medical research centers». (In Russian)].
2. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 11.06.2022, с изм. от 13.07.2022) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 29.06.2022), ст. 91. П. 6. [Federal Law N 323-FL of 21.11.2011 (as amended on 11.06.2022, with amendments and additions, intro. effective from 29.06.2022), Article 91, paragraph 6. (In Russian)].
3. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. N162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» ст. 26. [Federal Law N162-FL of June 29, 2015 «On Standardization in the Russian Federation», Article 26. (In Russian)].
4. Национальный ГОСТ 58940-2020 «Требования к протоколам обмена информацией между компонентами интеллектуальной системы учета и приборами учета». [Электронный ресурс]. URL: [https://allgosts.ru/35/020/gost\\_r\\_58940-2020?ysclid=6j0ug692s307659074](https://allgosts.ru/35/020/gost_r_58940-2020?ysclid=6j0ug692s307659074). [National GOST 58940-2020 «Requirements for information exchange protocols between components of an intelligent accounting system and accounting devices». [Electronic resource]. URL: [https://allgosts.ru/35/020/gost\\_r\\_58940-2020?ysclid=6j0ug692s307659074](https://allgosts.ru/35/020/gost_r_58940-2020?ysclid=6j0ug692s307659074). (In Russian)].
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 № 1416 «Об утверждении Правил государственной регистрации медицинских изделий». [Resolution of the Government of the Russian Federation N 1416 of December 27, 2012 «On Approval of the Rules for State Registration of Medical devices». (In Russian)].
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.11.2012 № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных». [Resolution of the Government of the Russian Federation N 1119 dated 01.11.2012 «On Approval of requirements for the protection of personal data during their processing in Personal data information systems». (In Russian)].
7. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)». [Электронный ресурс]. URL: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravoohraneniya/tsifra>. [Federal project «Creation of a single digital circuit in healthcare on the basis of a unified state information system in the field of healthcare (USISH)2. [Electronic resource]. URL: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravoohraneniya/tsifra>. (In Russian)].
8. Шадеркин И.А. Можно ли поставить диагноз дистанционно? *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2022;8(1):69-79. [Shaderkin I.A. Is it possible to make a diagnosis remotely? *Rossiiskij zhurnal telemeditsiny i elektronnoho zdravoohraneniya = Russian Journal of Telemedicine and E-Health* 2021;8(1):69-78. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-1-69-79>.
9. В пандемию вырос спрос россиян на удаленные медицинские консультации. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2020/09/23/v-pandemii-vyros-spros-rossiian-na-udalennye-meditsinskie-konsultacii.html?ysclid=6j1a3z1gd209428585>. [During the pandemic, the demand of Russians for remote medical consultations has increased. [Electronic resource]. URL: <https://rg.ru/2020/09/23/v-pandemii-vyros-spros-rossiian-na-udalennye-meditsinskie-konsultacii.html?ysclid=6j1a3z1gd209428585>. (In Russian)].
10. Можно ли пойти к врачу на онлайн-прием за лекарством по рецепту? [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/11892151?ysclid=6j1b6tomi94048164>. [Is it possible to go to a doctor for an online appointment for a prescription medicine? [Electronic resource]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/11892151?ysclid=6j1b6tomi94048164>. (In Russian)].
11. Телемедицина против COVID-19: жизненно важные технологии во время пандемии. [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2020/05/12/telemedicine-COVID-19>. [Telemedicine vs. COVID-19: Vital technologies during a pandemic. [Electronic resource]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/11892151?ysclid=6j1b6tomi94048164>. (In Russian)].
12. Журнал «Врач и ИТ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.idmz.ru/journals/information-technologies-for-the-physician>. [Information technologies for the Physician. [Electronic resource]. URL: <https://www.idmz.ru/journals/information-technologies-for-the-physician>. (In Russian)].
13. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/gosudarstvennoe\\_upravlenie/normativnoe\\_regulirovanie\\_cifrovoy\\_sredy/eksperimentalnye\\_pravovye\\_rezhimy/](https://www.economy.gov.ru/material/directions/gosudarstvennoe_upravlenie/normativnoe_regulirovanie_cifrovoy_sredy/eksperimentalnye_pravovye_rezhimy/). [Federal Law N 258-FL of July 31, 2020 «On Experimental Legal Regimes in the Field of Digital Innovations in the Russian Federation». [Electronic resource]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/gosudarstvennoe\\_upravlenie/normativnoe\\_regulirovanie\\_cifrovoy\\_sredy/eksperimentalnye\\_pravovye\\_rezhimy/](https://www.economy.gov.ru/material/directions/gosudarstvennoe_upravlenie/normativnoe_regulirovanie_cifrovoy_sredy/eksperimentalnye_pravovye_rezhimy/). (In Russian)].
14. Телемедицина не нашла поддержки у Минздрава. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/07/20/932329-telemeditsina-podderzhki>. [Telemedicine has not found support from the Ministry of Health. [Electronic resource]. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/07/20/932329-telemeditsina-podderzhki>. (In Russian)].
15. Приказ Министерства Здравоохранения РФ от 4 февраля 2022 г. №57Н «О внесении изменений в Приказ Министерства Здравоохранения Российской Федерации от 19 марта 2020 г. №198Н «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19». [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation N 57N dated February 4, 2022 «On Amendments to the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 198N dated March 19, 2020 «On the Temporary Procedure for organizing the work of medical organizations in order to implement measures to prevent and reduce the risks of the spread of a new coronavirus infection COVID-19». (In Russian)].
16. Министерство Здравоохранения Российской Федерации. Приказ от 7 апреля 2021 года №309 «Об утверждении Положения о формировании сети национальных медицинских исследовательских центров и об организации деятельности национальных медицинских исследовательских центров». [Ministry of Health of the Russian Federation. Order N 309 dated April 7, 2021 «On Approval of the Regulations on the Formation of a network of National Medical Research Centers and on the Organization of the Activities of National Medical research centers». (In Russian)].
17. Шадеркин И.А. Экономические аспекты телемедицины. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2021;7(3):65-72. [Shaderkin I.A. Economic aspects of telemedicine. *Rossiiskij zhurnal telemeditsiny i elektronnoho zdravoohraneniya = Russian Journal of Telemedicine and E-Health* 2021;7(3):65-72. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-3-65-72>.
18. Гарманова Т.Н., Шадеркин И.А., Цой А.А. Дистанционный мониторинг пациента после эндоскопической коррекции устья мочеточника. *Экспериментальная и клиническая урология* 2016(4):122-126. [Garmanova T.N., Shaderkin I.A., Soy A.A. Remote monitoring of the patient after endoscopic correction of the right ureter opening. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and clinical urology* 2016(4):122-126. (In Russian)].
19. Монаков Д.М., Шадеркин И.А., Шадеркина В.А., Локшин К.Л. Уретерогидронефроз у беременной: опыт дистанционного бездренажного ведения. *Экспериментальная и клиническая урология* 2022;15(1):162-169. [Monakov D.M., Shaderkin I.A., Shaderkina V.A., Lokshin K.L. Ureterohydronephrosis in a pregnant woman: experience of remote non-drainage management. *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya = Experimental and clinical urology* 2022;15(1):162-169. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-1-162-169>.
20. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 30 ноября 2017 г. N 965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71851294/?ysclid=6dmdn08oc32274285>. [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation N 965n dated November 30, 2017 «On approval of the procedure for organizing and providing medical care using telemedicine technologies». [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/71851294/?ysclid=6dmdn08oc32274285>. (In Russian)].

## Сведения об авторе:

Шадеркин И.А. – к.м.н., заведующий лабораторией электронного здравоохранения Института цифровой медицины Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова; Москва, Россия; info@uroweb.ru; PMID Author ID 695560

## Вклад автора:

Шадеркин И.А. – определение научного интереса, литературный обзор, написание текста, 100%

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 11.06.22

Результат рецензирования: 17.06.22

Поступление после коррекции: 25.06.22

Принята к публикации: 26.06.22

## Information about author:

Shaderkin I.A. – MD, PhD, Head of the Laboratory of Electronic Health, Institute of Digital Medicine, Sechenov University; Moscow, Russia; info@uroweb.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

## Author contribution:

Shaderkin I.A. – definition of scientific interest, literature review, text writing, 100%

**Conflict of interest:** The author declare no conflict of interest.

**Financing:** The study was performed without external funding.

Received: 11.06.22

Review result: 17.06.22

Progress after correction: 25.06.22

Accepted for publication: 26.06.22