

ISSN print 2712-9217 • №4 (9) • декабрь • 2023
ISSN online 2712-9225 • DOI 10.29188/2712-9217

**РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ
ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ И ЭЛЕКТРОННОГО
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

RUSSIAN JOURNAL OF TELEMEDICINE AND E-HEALTH

■ Искусственный интеллект в здравоохранении России: сбор и подготовка данных для машинного обучения

■ Применение цифровых технологий в неврологии

■ Ведение пациентов с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью с использованием цифровых технологий

Etta

ПОРТАТИВНЫЙ АНАЛИЗАТОР «ЭТТА АМП-01»

Создан для дома, точен как лаборатория!



ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ МОЧИ

- > Используется для проведения экспресс-анализа проб мочи
- > Построен на современных фотоэлектрических и микропроцессорных технологиях

ОПИСАНИЕ



- Доказано соответствие лабораторному оборудованию
- Результат за 60 секунд
- Доступна вся история анализов
- Результаты легко отправить врачу через любой мессенджер или электронную почту
- Компактен, помещается в карман, легко взять в дорогу
- Не нужно использовать специальные приспособления для сбора мочи у младенцев

11 исследуемых параметров

1. Глюкоза (GLU)
2. Билирубин (BIL)
3. Относительная плотность (SG)
4. pH (PH)
5. Кетоновые тела (KET)
6. Скрытая кровь (BLD)
7. Белок (PRO)
8. Уробилиноген (URO)
9. Нитриты (NIT)
10. Лейкоциты (LEU)
11. Аскорбиновая кислота (VC)



КАК ПРИОБРЕСТИ

info@ettagroup.ru

Приложение ETТА для iOS и Android:



Портативный анализатор «ЭТТА АМП-01»



ettagroup.ru

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 9. № 4. 1–44

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4>

Адрес и реквизиты редакции:

Издатель: ИД «УроМедиа»: 105094 Москва, ул. Золотая, 11

Тел.: +7 (926) 017-52-14; e-mail: info@uromedia.ru; editor@jtelemed.ru; 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 9. No. 4. 1–44

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4>

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; editor@jtelemed.ru; 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» № 4 за 2023 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» № 4 (2023).

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)

Калиновский Д.К. – к.м.н., доцент кафедры хирургической стоматологии ГОО 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)

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)

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. 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)

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

EDITORIAL BOARD:

CHIEF EDITOR: Vladimirskeyy 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)

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)

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)

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. 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)

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

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	6
------------------	---

■ **ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

A.M. Ханов, A.B. Гусев, A.Г. Тюрганов Искусственный интеллект в здравоохранении России: сбор и подготовка данных для машинного обучения.....	7
--	---

■ **ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

E.B. Бриль, N.A. Федотова, O.C. Зимняков, A.I. Шадеркина Применение цифровых технологий в неврологии.....	14
--	----

■ **ПРАКТИКУЮЩЕМУ ВРАЧУ**

A.I. Шадеркина, M.B. Алексеева, T.T. Батышева, Ю.А. Климов Ведение пациентов с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью с использованием цифровых технологий.....	23
---	----

■ **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**

I.A. Шадеркин, A.P. Дьяченко, E.A. Чулюкова, T.B. Пшеничный, Л.В. Ковека, В.Е. Храмцова, N.C. Гугнявых, A.I. Кузьмина Анализ влияния факторов окружающей среды на здоровье человека с применением цифровых решений.....	36
--	----

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

■ **ORIGINAL RESEARCH**

A.M. Khanov, A.V. Gusev, A.G. Tyurganov Artificial intelligence in Russian healthcare: collecting and preparing data for machine learning.....	7
--	---

■ **LITERATURE REVIEW**

E.V. Bril, N.A. Fedotova, O. S. Zimnyakova, A.I. Shaderkina Application of digital technologies in neurology.....	14
--	----

■ **CLINICAL RESEARCH**

A.I. Shaderkina, M.V. Alekseeva, T.T. Batysheva, Yu.A. Klimov Telemedicine use in the management of ADHD patients.....	23
---	----

■ **ANALYTICAL REVIEW**

I.A. Shaderkin, A.P. Dyachenko, E.A. Chulyukova, T.V. Pshenichny, L.V. Koveka, V.E. Khramtsova, N.S. Gugnyavykh, A.I. Kuzmina Analysis of the impact of environmental factors on human health using digital solutions.....	36
--	----

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-7-13>

Искусственный интеллект в здравоохранении России: сбор и подготовка данных для машинного обучения

Оригинальное исследование

А.М. Ханов¹, А.В. Гусев², А.Г. Тюрганов³

¹ ООО «Медицинский аудит, сервис и консалтинг»; д. 31/1, Бирский тракт, Уфа, 450045, Россия

² ООО «К-Скай»; дом 17, наб. Варкауса, Петрозаводск, 185031, Россия

³ ИП НТЦ «Семантика»; дом 99, ул. Достоевского, Уфа, 450005, Россия

Контакт: Ханов Айрат Мидхатович, khanov.a@mail.ru

Аннотация:

Введение. Данная научная статья обращает внимание на важность сбора и подготовки качественных медицинских данных для развития систем искусственного интеллекта (ИИ) в российском здравоохранении.

Материалы и методы. Основной акцент делается на необходимости создания единого федерального стандарта сбора структурированных оцифрованных медицинских данных, позволяющего унифицировать процессы сбора и формирования датасетов для медицинских организаций.

Результаты. В статье предлагается внедрение цифровых помощников, включая доврачебные диагностические опросники, мобильные приложения и программные модули для врачебного осмотра, что снизит затраты времени на заполнение медицинской документации и обеспечит сбор более полной и точной информации. Следующий шаг – реинжиниринг процесса сбора медицинских данных, включая участие пациентов через смартфоны и персональные медицинские помощники. Статья выявляет методологические проблемы, такие как недостоверность, неполнота и недостаток экстенциональных знаний в собранных данных, и предлагает план развития системы сбора медицинских данных, включая создание цифровых стандартов, методов сбора данных и разработку поддержки принятия решений на основе ИИ.

Выводы. Решение описанных проблем и план развития данных имеют важное значение для успешной реализации национального проекта «Экономика данных», поддерживая развитие и применение систем ИИ в медицинской сфере.

Ключевые слова: искусственный интеллект; машинное обучение; медицина; здравоохранение.

Для цитирования: Ханов А.М., Гусев А.В., Тюрганов А.Г. Искусственный интеллект в здравоохранении России: сбор и подготовка данных для машинного обучения. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2023;9(4):7-13; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-7-13>

Artificial intelligence in Russian healthcare: collecting and preparing data for machine learning
Original research

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-7-13>

A.M. Khanov¹, A.V. Gusev², A.G. Tyurganov³

¹ LLC «Medical Audit, Service and Consulting»; 31/1, Birsky Trakt, Ufa, 450045, Russia

² «K-Sky» LLC; build. 17, emb. Varkausa, Petrozavodsk, 185031, Russia

³ IP STC «Semantics»; build. 99, st. Dostoevsky, Ufa, 450005, Russia

Contact: Airat M. Khanov, khanov.a@mail.ru

Abstract:

Introduction. This scientific article draws attention to the importance of collecting and preparing high-quality medical data for the development of artificial intelligence (AI) systems in Russian healthcare.

Materials and methods. The main emphasis is on the need to create a unified federal standard for collecting structured digitized medical data, which will unify the processes of collecting and generating datasets for medical organizations.

Results. The article proposes the introduction of digital assistants, including pre-medical diagnostic questionnaires, mobile applications and software modules for medical examinations, which will reduce the time spent filling out medical documentation and ensure the collection of more complete and accurate information.

The next step is to reengineer the health data collection process, including patient engagement via smartphones and personal health assistants. The article identifies methodological problems such as unreliability, incompleteness and lack of extensional knowledge in the collected data, and proposes a roadmap for the development of a health data collection system, including the creation of digital standards, data collection methods and the development of AI-based decision support.

Conclusions. Solving the described problems and the data development plan are important for the successful implementation of the national project «Data Economy», supporting the development and application of AI systems in the medical field.

Key words: artificial intelligence; machine learning; medicine; healthcare.

For citation: Khanov A.M., Gusev A.V., Tyurganov A.G. Artificial intelligence in Russian healthcare: collecting and preparing data for machine learning. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2023;9(4):7-13; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-7-13>

■ ВВЕДЕНИЕ

Системы искусственного интеллекта (СИИ), применяемые в здравоохранении России, в основном, – это автоматически обучаемые системы (системы машинного обучения). При правильно выбранном математическом аппарате и методе обучения результат обучения всецело зависит от качества обучающей выборки – набора структурированных оцифрованных медицинских данных (датасета). Обеспечить требуемое качество данных возможно только в случае правильной организации процессов сбора и предварительной подготовки данных. Этой проблеме посвящена настоящая работа.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной акцент делается на необходимости создания единого федерального стандарта сбора структурированных оцифрованных медицинских данных, позволяющего унифицировать процессы сбора и формирования датасетов для медицинских организаций.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Необходимость совершенствования сбора и подготовки данных для машинного обучения в здравоохранении

В отрасли здравоохранения для развития СИИ и систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в первую очередь необходимы качественные датасеты из структурированных оцифрованных медицинских данных с максимальной полнотой охвата набора признаков распознавания, результирующих классов распознаваемых образов, первичных источников данных, результатов решений задач распознавания экспертами, потоков сбора, обработки и выдачи информации.

В этой связи должна быть выстроена логическая цепочка: структурированные оцифрованные медицинские данные – качественные датасеты – ИИ (СППВР) (рис. 1). Сейчас у нас существенный ряд проблем в первом, а соответственно и втором этапах, являющихся фундаментом всего.

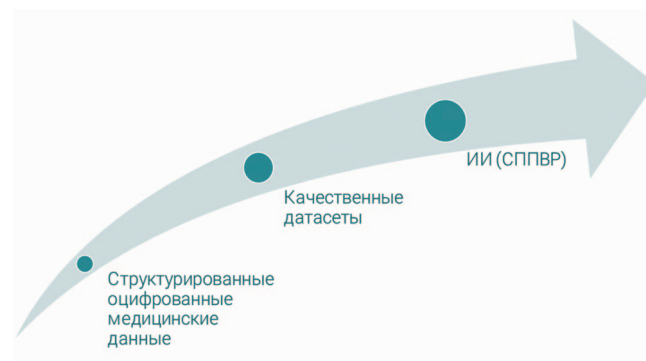


Рис. 1. Этапность развития СИИ для здравоохранения
Fig. 1. Stages of development of AI for healthcare

Данные для принятия организационно-управленческих решений как в отдельных медицинских организациях, так и по отрасли в целом (медицинские транзакции, факты выполненных работ и расходования ресурсов) оцифрованы и присутствуют во всех медицинских информационных системах (МИС). А данные для врачебных решений в ходе процесса диагностики, маршрутизации и лечения пациентов (жалобы, анамнез, результаты осмотра врача) оцифрованы частично, присутствуют в МИС в основном в текстовом неструктурированном формате, включая:

- МКБ–Х – оцифровано, предстоит переход на МКБ-ХI;
- Лабораторные данные – в основном, цифровые, автоматически получают из лабораторного оборудования;
- Данные диагностических исследований – частично, только из цифровых диагностических систем;
- Морфология – оцифровка в начале пути;
- Описание осмотра врача – частично структурировано, в большей части текстовый формат;
- Жалобы и анамнез пациента – текстовый формат. В настоящее время практически все, что говорит пациент и видит врач на амбулаторном приеме вводится в медицинские информационные системы в сокращенном текстовом формате и не может непосредственно без потерь и искажений использоваться для цифровой обработки. Необходим полноценный структурированный цифровой медицинский профиль пациента;

- Клинические рекомендации – оцифрованы частично.

2. Единый Федеральный стандарт сбора медицинских данных

Для развития и массового применения СИИ в здравоохранении РФ важно построить систему сбора структурированных и оцифрованных медицинских данных, начиная с анамнеза, жалоб и данных осмотра врача. При этом требуется строить ее не в рамках одной МИС для одной или нескольких МО или регионов, а создать и внедрить единый федеральный стандарт (формат данных, протокол информационного обмена и регламент сбора) для всех программно-информационных и программно-аппаратных медицинских систем страны (МИС МО и других). Тогда становится возможной унификация процессов сбора данных и формирования качественных датасетов для любой медицинской организации в строящемся сейчас домене «Здравоохранение». И вооруженные системами искусственного интеллекта врачи всех регионов смогут читать и использовать их.

В настоящее время получение качественных наборов данных для СИИ является крайне сложной задачей. Как правило, создание наборов данных осуществляется ретроспективно и на основе данных реальной клинической практики (ДРКП, RWD). На рисунке 2 зеленым отмечены структурированные области данных и желтым ►►

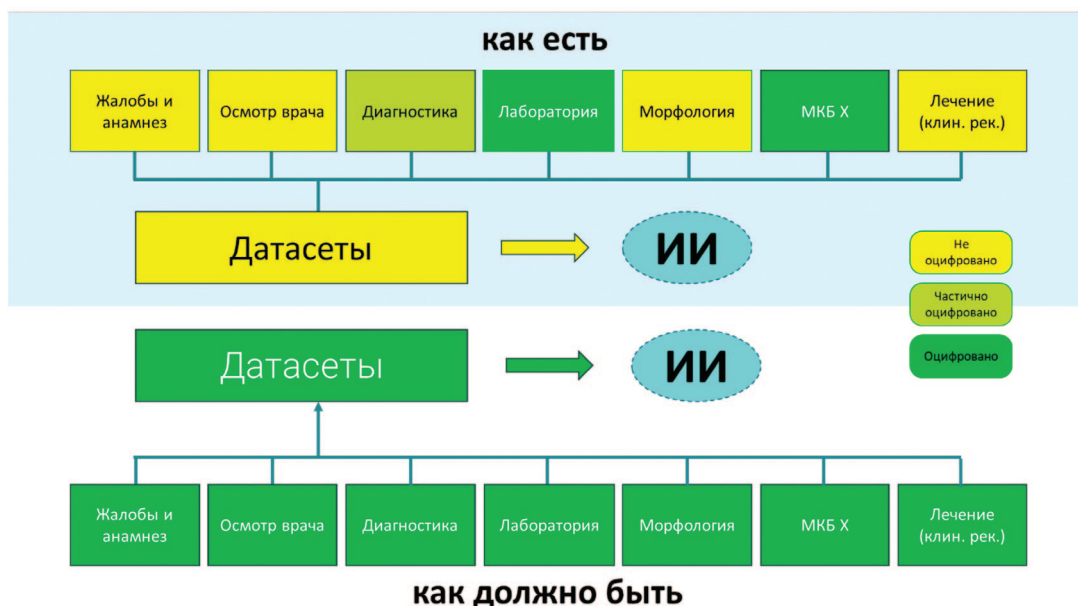


Рис. 2. Информационные потоки при формировании наборов данных для машинного обучения
Fig. 2. Information flows when generating data sets for machine learning

не оцифрованные. Датасеты, где собрана информация о лечении, очень часто не соответствующим клиническим рекомендациям, к качественной работе систем ИИ не приведут.

3. Реинжиниринг сбора медицинских данных

При разработке и внедрении комплексной стандартизированной системы структурирования и оцифровки медицинских данных, наборы данных необходимо формировать **проспективно** с первого дня внедрения, последовательно и полноценно. При широком внедрении процесс сбора необходимых и достаточных для обучения СИИ объемов данных может быть очень быстрым. На таких базах данных со временем можно будет строить и многофункциональные системы ИИ.

При этом появляется еще одна важная задача: **реинжиниринг сбора медицинских данных** [1]. Сейчас это делает врач, который является единственным источником данных о здоровье пациента в МИС. Только врач своими руками вводит все данные в МИС, что требует больших затрат времени и приводит к низкому качеству собираемой информации. Необходимо привлечь к этому процессу население – пациентов через имеющийся практически у всех гаджеты, персональные медицинских помощники, носимые устройства и т.п. (рис. 3).

Практически у всего населения есть смартфоны, которые должны стать цифровым инструментом врача в руках пациента. Например,

рассмотрим идею создания и внедрения доврачебных диагностических опросников [2] в мобильном приложении, программе на компьютере или терминале в поликлинике.

В результате внедрения приложения с доврачебными диагностическими опросниками можно ожидать следующих эффектов:

- Для врача:

- о снижение нагрузки и оптимизация приема за счет сокращения на 3-5 минут (порядка 30%) времени опроса и ввода данных в МИС;

- о обеспечение необходимой полноты информации для принятия врачебных решений;

- о предоставление возможности дистанционного получения данных пациента;

- о обеспечение средствами удаленного мониторинга пациентов в режиме 24/7 с обратной связью.

- Для пациента:

- о возможность быстрого и удобного обращения к врачу;

- о безопасное хранение своих медицинских данных в облаке;

- о предоставление доступа к данным медицинским работникам;

- о удаленная эффективная коммуникация с врачом;

- о возможность даже при амбулаторном лечении находиться под постоянным контролем медиков.

Единый состав доврачебных диагностических опросников в мобильных приложениях для



Рис. 3. Сбор медицинских данных от пациентов с помощью персональных медицинских помощников
Fig. 3. Collecting medical data from patients using personal medical assistants

различных МИС может позволить использовать эту информацию в федеральном масштабе (рис. 4).

Следующее средство автоматизации сбора структурированных данных – приложение «Врачебный осмотр». Такой стандартизованный модуль для любой МИС домена «Здравоохранение» значительно снизит издержки врача на заполнение первичной медицинской докумен-

тации. Программное обеспечение позволит практически исключить работу с клавиатурой, основными инструментами ввода данных сделать сенсорную панель, мышь и микрофон.

Предлагаемый подход формирует семейство цифровых помощников, автоматизирующих процесс сбора первичных актуальных структурированных медицинских данных на всех этапах амбулаторной медицинской помощи (табл. 1). ►►



Рис. 4. Схема сбора структурированных данных с помощью программных приложений «Доврачебный опросник» и «Врачебный осмотр»
Fig. 4. Scheme for collecting structured data using the software applications «Pre-medical Questionnaire» and «Medical Examination»

Таблица 1. Цифровая поддержка амбулаторной медицинской помощи
Table 1. Digital support for outpatient medical care

ЭТАПЫ АМП	ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА	ПАЦИЕНТ	ВРАЧ	ЦИФРОВАЯ ПОДДЕРЖКА
Подготовка визита к врачу	Доврачебный диагностический опросник в мобильном приложении/терминале в регистратуре	Заполнение доврачебного диагностического опросника по профилю врача		СППВР – Диагностические гипотезы – 1 (на базе результатов доврачебного диагностического опросника)
Прием врача первичный		Визит к врачу	<ul style="list-style-type: none"> • Врачебный осмотр • Установка предварительного диагноза • Программа дообследования 	Цифровой помощник – «Врачебный осмотр» СППВР – Диагностические гипотезы – 2 (+ данные врачебного осмотра) СППВР – Клинические рекомендации по программе диагностики (выбор из возможных вариантов)
Дообследование		Диагностические процедуры		Системы ИИ
Прием врача повторный		Визит к врачу	<ul style="list-style-type: none"> • Установка диагноза • Назначение лечения 	СППВР – Диагностические гипотезы – 3 (+ лабораторные и диагностические данные). СППВР – Клинические рекомендации по протоколам лечения (выбор из возможных вариантов)
Амбулаторное лечение	Мониторинговый опросник в мобильном приложении	Амбулаторное лечение	Удаленный мониторинг	Мониторинг состояния через асинхронную коммуникацию
Прием врача повторный		Визит к врачу	<ul style="list-style-type: none"> • Контроль эффективности лечения • Рекомендации 	Результаты мониторинга
Диспансерное наблюдение	Мониторинговый опросник в мобильном приложении	Удаленное наблюдение	Удаленный мониторинг	Мониторинг состояния через асинхронную коммуникацию
Диспансеризация – первый этап	Доврачебный диагностический опросник в мобильном приложении	Ежегодное заполнение диагностического опросника по программе диспансеризации		Система ИИ Маршрутизация на второй этап

4. Методологические проблемы сбора медицинских данных

Проблемы сбора данных для построения систем искусственного интеллекта в отечественном здравоохранении с методологической точки зрения выглядят следующим образом:

- при формировании датасетов, как правило, предварительно не используется формализация постановки задачи сбора данных, гипотез ожидаемых зависимостей и т. п.
- не все необходимые для решения задач данные собираются (неполнота и нарушение целостности данных, непредставительность данных);
- как правило, для обучения СИИ собираются ретроспективные неактуальные противоречивые данные, которые невозможно верифицировать (недоверенность и противоречивость данных);
- при сборе данных не все источники рассматриваются к использованию (как правило, данные поступают только от врача и в интерпретации врача, нет данных непосредственно от пациента, ЕГИСЗ замкнута относительно источников сбора данных, нет возможности подключить новые);
- для обучения СИИ нужны не просто данные, а экстенциональные знания, пригодные для автоматического применения соответствующими программными средствами;
- для формирования качественных датасетов необходимо проектировать модели и структуры данных, а также модели информационных потоков, модели сбора, представления и обработки данных в процессе обучения и применения СИИ, модели адекватности и формирования погрешности [3].

Описанные методологические проблемы сбора данных существенно сдерживают развитие СИИ в медицине и требуют основательного системного подхода при решении задач формирования медицинских датасетов.

5. План развития системы сбора медицинских данных

Учитывая представленные выше соображения, нами предлагается следующий план организации сбора и подготовки данных для развития ИИ в здравоохранении России:

- Разработка единого цифрового стандарта сбора медицинских данных:
 - о Создание и валидация профильных доврачебных диагностических и мониторинговых опросников (для пациентов).
 - о Формирование цифрового справочника для описания результата осмотра врача по системам и органам (для врачей).
 - о Цифровизация клинических рекомендаций (диагностика/лечение) – структурированный список всех возможных вариантов, прописанных в утвержденных МЗ РФ клинических рекомендациях. Для каждого пациента – структурированный «отфильтрованный» список, за исключением вариантов, противопоказанных наличием определенных оцифрованных медицинских данных (жалобы, анамнез, осмотр, диагностика, динамика).
- Разработка методов сбора данных:
 - о Разработка и внедрение инструмента асинхронной цифровой коммуникации пациента с медицинскими организациями и врачами (мобильное приложение/терминал).
 - о Разработка и внедрение универсального (для всех МИС) цифрового модуля «Врачебный осмотр» – единой справочной системы описания состояния здоровья с поддержкой звуковым чат-ботом.
- Реинжиниринг сбора первичных медицинских данных – сбор данных с участием пациента (доврачебный диагностический опрос пациента в мобильном приложении, терминал в регистратуре).
- Создание цифрового портрета (профиля) пациента на основе формализованных данных и знаний, в статике и динамике.
- Разработка систем поддержки принятия врачебных и пациентских решений в виде обучающихся и экспертных систем.
- Разработка систем искусственного интеллекта.
- Разработка моделей, методов и программно-информационных инструментальных средств управления диагностикой, маршрутизацией и лечением пациентов на основе данных.

■ ВЫВОДЫ

Объявление Президентом России о формировании национального проекта «Экономика

данных», первым пунктом которого выделена задача сбора данных, подчеркивает важность решения описанных в настоящей статье про-

блем. Предлагаем сосредоточить усилия специалистов в области медицинской информатики в этом направлении. //

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.Н., Ханов А.М., Тюрганов А.Г. Цифровая медицина: ожидания и перспективы. *Общественное здоровье* 2022;2(2):73-6. [Pavlov V.N., Khanov A.M., Tyurganov A.G. Digital medicine: expectations and prospects. *Obshchestvennoye zdorov'ye = Public Health* 2022;2(2):73-6. (In Russian)]. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2022-2-2-73-76>.
2. Буш Е. От «истории болезни» к «истории здоровья». Управление на основе данных – ключ к цифровой трансформации отрасли. *Медицинская газета* 2022;49:10. [Bush E. From «medical history» to «health history». Data-driven management is the key to digital transformation of the industry. *Meditsinskaya gazeta = Med Gazette* 2022;49:10. (In Russian)].
3. Зверев Г.Н. Теоретическая информатика и ее основания. *Физматлит* 2008;2:576. [Zverev G.N. Theoretical computer science and its foundations. *Fizmatlit* 2008;2:576. (In Russian)].
4. Пугачев П.С., Гусев А.В., Кобякова О.С., Кадыров Ф.Н., Гаврилов Д.В., Новицкий Р.Э., Владимирский А.В. 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., Vladimirsky A.V. Global trends in digital transformation of the healthcare industry. *Natsional'noye zdravookhraneniye = National Health* 2021;2(2):5-12 (In Russian)]. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12>.
5. Гусев А.В., Владимирский А.В., Голубев Н.А., Зарубина Т.В. Информатизация здравоохранения Российской Федерации: история и результаты развития. *Национальное здравоохранение* 2021;2(3):5–17. [Gusev A.V., Vladimirsky A.V., Golubev N.A., Zarubina T.V. Informatization of healthcare in the Russian Federation: history and development results. *Natsional'noye zdravookhraneniye = National Health* 2021;2(3):5–17. (In Russian)]. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.3.5-17>.
6. Карпов О.Э., Храмов А.Е. Информационные технологии, вычислительные системы и искусственный интеллект в медицине. *ДПК Пресс* 2022:480. [Karpov O.E., Khramov A.E. Information technologies, computing systems and artificial intelligence in medicine. *DPK Press* 2022:480. (In Russian)]. <https://doi.org/10.56463/krphrm-978-5-91976-232-4>.
7. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года»). [Электронный ресурс]. [Decree of the President of the Russian Federation dated October 10, 2019 No. 490 «On the development of artificial intelligence in the Russian Federation» (together with the «National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the period until 2030»). [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/.
8. Гусев А.В., Реброва О.Ю. Осведомленность и мнения руководителей в сфере здравоохранения России о медицинских технологиях искусственного интеллекта. *Врач и информационные технологии* 2023;1(4):28-39. [Gusev A.V., Rebrova O.Yu. Awareness and opinions of managers in the Russian healthcare sector about medical technologies of artificial intelligence. *Vrach i informatsionnyye tekhnologii 2 = Physician and Information Technology* 2023;1(4):28-39. (In Russian)]. https://doi.org/110.25881/18110193_2023_1_28.
9. Orlova I.A., Akopyan Zh.A., Plisyuk A.G., Tarasova E.V., Borisov E.N., Dolgushin G.O., et al. Opinion research among Russian Physicians on the application of technologies using artificial intelligence in the field of medicine and health care. *BMC Health Services Research* 2023;23:749. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09493-6>.

Сведения об авторах:

Ханов А.М. – д.м.н., профессор, ООО «Медицинский аудит, сервис и консалтинг»; Уфа, Россия; RINЦ Author ID 881342

Гусев А.В. – к.т.н., директор по развитию ООО «К-Скай»; Петрозаводск, Россия; RINЦ Author ID 168742

Тюрганов А.Г. – к.т.н., доцент, ИП НТЦ «Семантика»; Уфа, Россия

Вклад авторов:

Ханов А.М. – определение научного интереса и актуальности тематики, обзор литературы, 40%
Гусев А.В. – литературный обзор, написание текста статьи, 30%
Тюрганов А.Г. – определение научного интереса и актуальности тематики, написание текста статьи, 30%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 10.10.2023

Рецензирование: 12.11.2023

Исправления получены: 18.11.23

Принята к публикации: 23.12.2023

Information about authors:

Khanov A.M. – Dr. Sci., Professor, Medical Audit, Service and Consulting LLC; Ufa, Russia; RSCI Author ID 881342

Gusev A.V. – PhD, Development Director of K-Sky LLC; Petrozavodsk, Russia; RSCI Author ID 168742

Tyurganov A.G. – PhD, Associate Professor, IP STC «Semantics»; Ufa, Russia

Authors contributions:

Khanov A.M. – determination of scientific interest and relevance of the topic, literature review, 40%
Gusev A.V. – literature review, writing the text of the article, 30%
Tyurganov A.G. – determination of scientific interest and relevance of the topic, writing the text of the article, 30%

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

Financing. The study was performed without external funding.

Received: 10.10.2023

Reviewing: 12.11.2023

Reviewing: 18.11.2023

Accepted for publication: 23.12.2023

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-14-22>

Применение цифровых технологий в неврологии

Литературный обзор

Е.В. Бриль^{1,2,3}, Н.А. Федотова^{1,2}, О.С. Зимняков^{1,2}, А.И. Шадеркина^{4,5}

¹ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; д. 23, ул. Маршала Новикова, Москва, 123098, Россия

² Кафедра неврологии с курсом нейрохирургии. Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; д.46, стр.8, Живописная ул., Москва, 123098, Россия

³ ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ; стр. 1, д. 2/1, ул. Баррикадная, Москва, 125993, Россия

⁴ Научно-практический центр детской психоневрологии Департамента здравоохранения города Москвы; д. 74, Мичуринский пр-т, г. Москва, 119602, Россия

⁵ ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований»; д.9 стр.4, Моховая ул., Москва, 125009, Россия

Контакт: Федотова Наталья Александровна, natali181087@mail.ru

Аннотация:

Цифровые технологии (ЦТ) являются наиболее быстро развивающейся областью, имеющей большое значение для здравоохранения. В неврологии ЦТ могут обеспечить лучшую доступность в консультациях, расширить потенциал различных диагностических и терапевтических инструментов и систем. Например, телемедицина позволяет расширить доступ к оказанию услуг, преодолевая географические барьеры, тем самым предоставляет возможность оказания медицинской помощи не только пациентам, но и их родственникам. Широкое внедрение элементов искусственного интеллекта в рутинную практику врача-невролога помогает принимать решения по постановке диагноза, лечению, оценке развития и прогноза различных неврологических заболеваний. В данной статье описаны цифровые медицинские технологии для оказания помощи при нейродегенеративных, демиелинизирующих заболеваниях, деменциях, а также при инсультах и эпилепсии.

Ключевые слова: цифровые технологии; телемедицинские технологии; искусственный интеллект; машинное обучение; глубокой обучение.

Для цитирования: Бриль Е.В., Федотова Н.А., Зимнякова О.С., Шадеркина А.И. Применение цифровых технологий в неврологии. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2023;9(4):14-22; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-14-22>

Application of digital technologies in neurology

Literature review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-14-22>

E.V. Bril^{1,2,3}, N.A. Fedotova^{1,2}, O.S. Zimnyakova^{1,2}, A.I. Shaderkina^{4,5}

¹ A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center; 23, st. Marshala Novikova, 236 Moscow, 123098, Russia

² Biomedical University of Innovations and Continuing Education FMBC A.I. Burnazyan FMBA of Russia, Department of Neurology with a course of neurosurgery; 46, building 8, Zhivopisnaya st., Moscow, 123098, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education "Russian Medical Academy of Continuous Professional Education" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation

⁴ Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology of the Moscow Department of Health; 74, Michurinsky Ave., Moscow, 119602, Russia

⁵ Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research"; 9 building 4, Mokhovaya st., Moscow, 125009, Russia

Contact: Natalia A. Fedotova, natali181087@mail.ru

Abstract:

Digital technology is the fastest growing area with major implications for healthcare. In neurology, this can provide better accessibility in consultations, expanding the potential of various diagnostic and therapeutic tools and systems. For example, telemedicine allows expanding access to services, overcoming geographical barriers, thereby providing the opportunity to provide medical care not only to patients, but also to their relatives. The widespread introduction of artificial intelligence elements into the routine practice of a neurologist helps make decisions on diagnosis, treatment, assessment of development and prognosis of various neurological diseases. This article describes digital health technologies for providing care for neurodegenerative diseases, demyelinating diseases, dementia, stroke and epilepsy.

Key words: digital technologies; telemedicine technologies; artificial intelligence; machine learning; deep learning.

For citation: Bril E.V., Fedotova N.A., Zimnyakova O.S., Shaderkina A.I. Application of digital technologies in neurology. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2023;9(4):14-22; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-14-22>

■ ВВЕДЕНИЕ

Цифровые технологии в мире являются одним из главных направлений в технологическом прогрессе. Они постепенно охватывают все сферы жизнедеятельности и самые разные области науки, в том числе и медицину.

Создание эффективной и качественной цифровой инфраструктуры в здравоохранении – это важнейшее направление развития интернет-технологий на всех уровнях информационного медицинского пространства, формирующих динамическую сеть коммуникаций [1].

Неврологические заболевания имеют широкий спектр расстройств. А врачу-неврологу приходится сталкиваться с множеством проблем в области диагностики и выбора тактики лечения, в том числе в ограниченные сроки, а также заниматься профилактикой прогрессирования многих хронических неврологических заболеваний. Более того, с увеличением численности населения увеличивается рост самых распространенных нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона (БП) и болезнь Альцгеймера (БА) [2, 3]. Таким образом, внедрение медицинских цифровых технологий может обеспечить лучшую доступность в консультациях, расширить потенциал различных диагностических и терапевтических инструментов и систем.

■ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Телемедицина признается в мире инновационной медицинской услугой, которая позволяет преодолеть географические расстояния и направлена на уравнивание доступа к медицинской помощи с использованием информационно-коммуникационных технологий, обеспечивая безопасную передачу и совместное использование медицинских данных и информации для мониторинга и контроля клинического состояния [4]. Так, телемедицина предоставляет возможность людям из сельских и отдаленных регионов получить высококачественные консультации, в то время как аптечные онлайн-платформы позволяют получить необходимые лекарства без лишних поездок [5, 6]. Более того, телемедицина стала очень востребованной из-за недавней пандемии Covid-19. Быстрое распространение инфекционного заболевания по всем странам стимулировало необходимость поиска решений для профилактики, локализации и лечения пациентов не только с Covid-19, но и с другими патологиями [7]. Так, использование данных технологий приобрело широкое распространение у пациентов с хроническими неврологическими заболеваниями. Например, телемедицина при нейродегенеративных заболеваниях является ценным инструментом ►►

для пациентов и лиц, осуществляющих уход за ними [8].

В случае с БП телемедицина может использоваться для реабилитационной терапии, для проведения когнитивных тестов и для поддержки лиц, осуществляющих уход [9]. Наиболее легко распознаваемыми признаками БП являются двигательные особенности, включая тремор и брадикинезию, которые можно визуализировать при онлайн-приеме. Проведение стандартных медицинских обследований, включая унифицированную шкалу оценки болезни Паркинсона (MDS UPDRS), возможно с помощью телемедицины при условии, что качество видео удовлетворительное [10]. Однако некоторые практические элементы, такие как тестирование на ригидность и нестабильность осанки, не могут быть выполнены, а большая часть обследований, включая походку, может быть оценена при наличии достаточного пространства. Когнитивные тесты, в частности Монреальская когнитивная шкала (MoCA) также может проводиться дистанционно [11, 12]. Наконец, диагноз БП и атипичных паркинсонических синдромов может быть подтвержден с помощью телемедицины [13, 14].

В недавнем национальном онлайн-опросе 7781 человека с БП 76% указали на высокий интерес к телемедицине. Было доказано, что данная технология позволяет пациентам с БП экономить время, деньги и преодолевать барьер в виде расстояния [8].

Телемедицина может облегчить ведение расширенной терапии. Последующее наблюдение после процедур глубокой стимуляции мозга (DBS) и инфузии кишечного геля леводопы, которые нередко требуют частых посещений клиники для корректировки, может стать значительной нагрузкой для пациентов и лиц, осуществляющих уход, особенно в отдаленных районах [15]. Ретроспективное исследование оценило виртуальную помощь 41 пациенту с болезнью Паркинсона и DBS в телемедицинской сети Онтарио и продемонстрировало, что телемедицина в этой сфере как осуществима, так и полезна, особенно для снижения бремени поездок и затрат [16].

Необходимо отметить, что будущим и важным направлением в сфере телемедицинских технологий являются исследования, направленные

на преодоления ограничения 2D-телемедицины. Так, Sekimoto. S. и соавторы предложили использовать новую концепцию «голомедицины» – интерактивной телемедицины на основе 3D- голограмм, которая состоит из датчиков камеры глубины RGB (Kinect v2; Microsoft, Redmond, WA, USA), фиксирующих движения человека с помощью инфракрасного света, и дисплея, устанавливаемого на голове пациента, с голограммным монитором для проверки оцифрованных в 3D данных человека (HoloLens; Корпорация Microsoft) [17]. Система на стороне пациента фиксировала его форму и отправляла эти данные в виде оцифрованного в 3D изображения врачу через беспроводную сеть. Система на стороне врача получала данные от системы на стороне пациента и воспроизводила трехмерную цифровую форму пациента практически в режиме реального времени с использованием одноранговой сети, и наоборот. Этот медицинский визит в смешанной реальности может привести к эволюционному изменению традиционного приема в больнице, поскольку он приближен к очному посещению. В предварительном исследовании подтвердили возможность оценки двигательных показателей с помощью 3D-телемедицины в общей сложности у 100 пациентов с БП. Однако оценка ригидности и нестабильности осанки по-прежнему остаются невозможны [17].

Телемедицинские технологии дают лучшее понимание домашней обстановки пациента и сокращают количество нарушений в расписании его дня. Исследования показали, что телемедицина применима среди пациентов с БА и лиц, осуществляющих уход, и позволяет дистанционно проводить нейропсихологические тесты, тем самым обеспечивать диагностическую точность, сравнимую с очными визитами [18, 19]. В недавних публикациях о клиниках телемедицинской деменции общая удовлетворенность варьировалась от 88%-98% для пациентов и 91-98% для лиц, осуществляющих уход [20, 21].

Междисциплинарный подход, используемый в настоящее время для пациентов с боковым амиотрофическим склерозом (БАС), также может быть частично воспроизведен с помощью телемедицинских технологий. Так, исследования показали, что использование телемедицины параллельно с телемониторингом для контроля

клинических параметров снижает использование медицинских услуг и госпитализации с благоприятными последствиями для затрат и функционального статуса [22, 23].

Не смотря на то, что телемедицинские технологии становятся все более востребованы, тем не менее, барьеры для доступа к данным услугам, особенно на дому, сохраняются. Главной жалобой пациентов и поставщиков медицинских услуг в этих исследованиях было качество видеосвязи [8, 24]. А немалая часть жителей вовсе не имеет доступа к интернету [8].

Также необходимо учитывать некоторые исследования, которые показывают неизменно низкие показатели ответов (37-46%) на опросы удовлетворенности после онлайн-посещения, что дают основание полагать о возможной переоцененной удовлетворенности данной услугой [8, 25, 26]. Более того, часть исследований показывают, что врачи менее удовлетворены телемедициной, чем пациенты [8].

В целом, телемедицина предоставляет возможность оказания медицинской помощи от первичной до специализированной, помогая не только пациентам, но и их родственникам. Это позволяет расширить доступ к оказанию услуг, преодолевая географические барьеры.

■ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Сегодня неврология сталкивается с множеством проблем в области диагностических, терапевтических и реабилитационных моментов. Искусственный интеллект (ИИ) привлек большое внимание в решении данных вопросов.

Термин ИИ используется для описания «машин», способных продемонстрировать когнитивные функции, уровень которых сравнивают с человеческим умом.

В ИИ есть два основных подхода: машинное обучение (МО) и глубокое обучение (ГО). МО используется для анализа данных и последующего обучения на их основе, и затем принятия решений, тогда как ГО обучается и принимает решения с помощью слоев искусственных нейронных сетей [27]. ГО – это подкласс методов МО, и обычно используется для крупномасштабных наборов данных. Для небольших наборов данных предпочтительны методы МО. Кроме того, МО использует созданные вручную

функции (полученные с помощью многочисленных алгоритмов на основе информации, существующей в самом изображении) для обучения и принятия решений, тогда как методы ГО могут изучать функции независимо и принимать решения о точной настройке в соответствии с входными данными [28]. МО/ГО может быть контролируемым, полуконтролируемым и неконтролируемым. Глубокое обучение является ведущим направлением большинства инструментов ИИ для интерпретации изображений, используя различные алгоритмы.

Системы машинного обучения в настоящее время применяются для диагностики и классификации нейродегенеративных, демиелинизирующих заболеваний, эпилепсии, различных видов деменции, для помощи в диагностике и индивидуальном выборе лечения при остром ишемическом инсульте и др. неврологических заболеваниях [29, 30].

При многих нейродегенеративных заболеваниях симптомы не проявляются до тех пор, пока не произойдет существенная потеря нейронов, что делает раннюю диагностику очень сложной. Поэтому исследования по применению моделей машинного обучения для ранней диагностики растут. Так, например, нами совместно со Сколковским институтом науки и технологий ведутся работы в этой области, как пример, разработка системы второго мнения в диагностике БП и эссенциального тремора с использованием методов машинного обучения [31-33].

Использование машинного обучения для обнаружения прогностических сигналов в данных, которые могут быть собраны относительно легко (электронные медицинские записи или данные МРТ), может обеспечить перспективный скрининг стареющих групп населения. Автоматизированная диагностика на основе машинного обучения также может выделить людей для дальнейшего клинического исследования. Важно отметить, что исторические медицинские записи предоставляют полезный набор обучающих данных для алгоритмов прогнозирования, так как они могут охватывать весь период заболевания [34].

При БП хорошо себя зарекомендовали использование сенсорных систем на основе машинного обучения, такое как Parkinson's ►

KinettiGraph и Kinesiasystem, предназначенные для оценки дискинезии и брадикинезии. KinettiGraph можно носить на запястье и измерять ускорение запястья [35]. Kinesiasystem носится либо на палец, либо на запястье и обнаруживает движение с помощью встроенного акселерометра и гироскопа. Обе системы обеспечивают автоматическую оценку двигательных симптомов индивида, но выходные данные также могут быть дополнительно проанализированы с помощью алгоритмов машинного обучения, таких как Support Vector Machine (SVM) [34]. Передовые алгоритмы также были применены в разработке новых систем диагностики и оценки, которые основаны на движении нижних конечностей. Исследовательские группы работают над оптимальными алгоритмами для точной диагностики БП, внедряя датчики помещенные в стельки обуви или сенсорные дорожки, а внутренние датчики – в нижние конечности, туловище или интегрированные в умную обувь [34, 36]. Исследования продемонстрировали, что простые носимые приборы в комбинации с алгоритмами контролируемого машинного обучения могут обеспечить значительную диагностическую поддержку и различать пациентов с БП от здоровых субъектов с точностью выше 90%. А анализ функции походки с использованием искусственной нейронной сети оказался самым успешным алгоритмом для ранней диагностики, сообщая о точности выше 95%. Это особенно важно, поскольку на ранних стадиях заболевания двигательные симптомы не видны четко, а при отложенной диагностике прогрессирование заболевания неизбежно. Также получены высокоточные повторные результаты для выявления двигательных симптомов, стадии и тяжести заболевания [37].

Нейровизуализация, в частности КТ и МРТ, широко используется при диагностике неврологических заболеваний, и радиология была одной из первых областей, выигравших от компьютеризации медицины и внедрения «интеллектуальных машин». Методы машинного обучения полезны для постановки объективных диагнозов на основе изображений и часто превосходят производительность обученных специалистов с точки зрения скорости и точности [38].

Компьютерные системы диагностики могут быть дополнены и оснащены методами контро-

лируемого обучения для дальнейшего улучшения интерпретации данных нейровизуализации и помощи в выявлении тонких отклонений в изображениях, которые не обнаружены радиологами. Так, некоторые исследования использовали CNN для прогнозирования диагноза БА и для изучения нормального старения из МРТ и ПЭТ-изображений, иногда наряду с другими клиническими показаниями (например, биомаркерная информация и оценки двигательных или когнитивных показателей) для повышения специфичности [39, 40]. Алгоритмы машинного обучения SVM также использовались для анализа данных МРТ, иногда сочетая структурную и функциональную МРТ, а также данные когнитивной оценки для улучшения диагностики заболеваний. Например, в одном исследовании использовалась SVM для различия между структурными МРТ-сканированиями от лиц с разной тяжестью БА и когнитивно нормальными пожилыми людьми, а также для различия между людьми с БА и лицами с лобно-височной деменцией [41]. В другом исследовании структурных данных МРТ SVM смогла предсказать преобразование от умеренных когнитивных нарушений в БА [42].

В настоящее время существуют успешные попытки применить все возможности систем ИИ для оценки данных нейровизуализации при ОНМК. В частности, для определения времени начала заболевания, сегментации поражения, анализа наличия и возможности возникновения отека мозга, а также для прогнозирования осложнений и результатов лечения.

Для решения проблемы тактики терапии инсульта К. С. Но и соавт. разработали алгоритм глубокого обучения, основанный на архитектуре автокодера, для извлечения признаков визуализации из изображений МР-перфузии (PWI) и определения времени, прошедшего с момента начала инсульта [43].

L. Chen и соавт. на основе данных 741 пациента и модели глубокого обучения, включавшей две нейронные сети, разработали алгоритм сегментации поражений головного при инсульте с помощью DWI-изображений [44]. Измерение перфузионно-диффузионного несоответствия и расчет вероятности формирования зоны ядра инфаркта с использованием подходов на основе МРТ для оценки тканей, подверженных

рису, могут применяться при принятии решений о методе лечения инсульта. Часть исследований продемонстрировали высокую способность прогностической оценки геморрагической трансформации, как осложнение реперфузионной терапии инсульта. Так, в многоцентровом ретроспективном исследовании учеными были собраны данные МР-перфузионных изображений у 263 пациентов из четырех медицинских центров, которые служили входными данными для линейных и нелинейных прогностических моделей со средней точностью >85% при прогнозировании ИИ [45]. Несколько исследований показали, что алгоритмы машинного обучения на основе МРТ изображений с использованием шкал (Modified Rankin scale – mRS) и дополнительных параметров (объем инфаркта, NIHSS при поступлении и возраст пациента) также могут помочь и в прогнозировании двигательных нарушений у пациентов с инсультом [30].

Также решающее значение имеют данные МРТ и для постановки диагноза рассеянного склероза (РС), которые позволяют выявить диссеминацию заболевания во времени и пространстве, а также исключить другие заболевания, способные имитировать клинические и лабораторные проявления РС. МР-критерии оценки РС основаны на обнаружении очагов поражения белого вещества головного мозга, которые имеют типичную морфологию, тип распространения и эволюцию. Наибольшую сложность для постановки диагноза и своевременного начала терапии РС представляет дифференциальная диагностика РС с другими поражениями белого вещества головного мозга, такими как мигрень, болезнь мелких сосудов, васкулиты, синдром Сусака, заболевания спектра оптикомиелита и MOG-ассоциированные демиелинизирующие заболевания. В настоящий момент ведется поиск нейровизуализационных признаков, которые могли бы помочь в данных вопросах. Так, в недавних исследованиях выявлено, что для пациентов с РС характерно наличие вены в центре пораженного белого вещества. Согласно исследованиям, у 80% пациентов с РС в центре «свежих» очагов, накапливающих контраст, на высокопольных МРТ отмечалось наличие вены [46]. Кроме того, у пациентов с РС на высокопольных и сверх-высокопольных МРТ

выявляется гипоинтенсивный парамагнетический ободок вокруг хронических очагов, связанный с накоплением железа, который отсутствует вокруг очагов при других заболеваниях, сопровождающихся поражением белого вещества [47]. Обнаружение вышеуказанных нейровизуализационных изменений обладает высокой специфичностью и чувствительностью, однако зачастую находится за пределами человеческого восприятия. В связи с этим в настоящий момент разрабатываются алгоритмы искусственного интеллекта, которые, во-первых, позволяют выявлять диссеминацию очагов РС как в пространстве, так и во времени, с высокой точностью регистрируя эволюцию очагов, и, во-вторых, позволяют выявлять нейровизуализационные признаки, отличающие РС от заболеваний его имитирующих. Например, исследование S. Wang и соавт., посвященное идентификации рассеянного склероза, было выполнено на основе структуры сверточной сети с высокой точностью диагностики [48, 49].

На развитие технологий ИИ возлагает большие надежды самое распространенное заболевание в неврологии – эпилепсия. Наиболее грозной особенностью которой является непредсказуемость возникновения приступов, сопровождающиеся потерей сознания и высокими рисками травматизации, а также развитием синдрома внезапной смерти [50].

В настоящий момент разрабатываются программы, позволяющие ускорять процесс расшифровки данных ЭЭГ, фиксировать приступы в режиме реального времени, а также предсказывать развитие приступа [51, 52]. Так, Daoud и соавт. разработали компьютерную модель, позволяющую в режиме ЭЭГ-мониторинга, предсказать развитие приступа за час до его появления с точностью 99,6% [51]. Важным направлением является разработка и внедрение Умных браслетов для пациентов с эпилепсией. На основании сигналов от датчиков (гироскопа, датчика активности симпатической нервной системы, акселерометра и датчика температуры) пациент и его родственники быстро получают информацию о первых симптомах разворачивающегося приступа, чтобы оказать своевременную помощь [53]. Кроме того, постоянный мониторинг приступов позволяет вести точный подсчет их количества, давая врачу ►►

объективную информацию, необходимую для коррекции терапии и правильного ведения пациента [54].

Искусственный Интеллект открывает возможности изучения эпилептогенеза. Традиционно использовались модели животных, однако в настоящий момент с помощью технологий мы можем интегрировать мультимодальные данные нейровизуализации и ЭЭГ для разработки модели «эпилептического мозга». Эти персонализированные модели, так называемые «виртуальные пациенты с эпилепсией», могут быть использованы для предсказания припадков, а также для планирования хирургических вмешательств и предупреждения их последствий и осложнений [55, 56].

Применение ИИ может быть полезно в качестве инструмента для выявления ранних признаков заболеваний, принятия решений по постановке диагноза, лечения, оценки развития и прогноза заболевания. Широкое внедрение элементов искусственного интеллекта в рутинную практику врачей позволит не только уменьшить время на поиск решений, но и снизить процент диагностических ошибок. Так, московские поликлиники уже начали использовать новый сервис на базе ИИ.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровые технологии в настоящее время являются наиболее быстро развивающейся областью, имеющей большое значение для

здравоохранения. Таким образом, для подготовки врачей необходимы новые программы, охватывающие технологическую, юридическую и клиническую сферы.

Внедрение новых технологий всегда вызывает недоверие не только у населения, но и у медицинских работников, вызванное сомнениями в безопасности данных и этических аспектах. Однако цифровизация информации, доступность интернета и мобильных приложений внедряется и захватывает общественность, формируя новые цифровые навыки у отдельного человека и государства в целом.

Используемые в медицине цифровые технологии обязаны контролироваться специалистами и помогать врачам, выполняя свою ассистирующую функцию. Мы должны понимать, что, несмотря на все положительные моменты данной технологии, ничто не заменит для пациента и врача «живого» общения, а уникальность человеческого ума с его естественным интеллектом в нестандартных ситуациях не способен заменить искусственный. Однако запущенная машина развивается с большой скоростью и ее потенциал огромен, что может повлечь за собой необратимые последствия, как позитивные, так и негативные. На данном этапе, в соответствии с фундаментальной теоремой о биомедицинском информатике Фридмана, не столь отдаленное будущее медицины можно сформулировать так: «Врачи, использующие искусственный интеллект, заменят врачей, которые его не используют» [57, 58].

ЛИТЕРАТУРА

- Смышляев А.В., Мельников Ю.Ю., Садовская М.А. Нормативно-правовое регулирование развития цифровых технологий в здравоохранении в Российской Федерации. *Главврач Юга России* 2020;72(2). [Smyshlyayev A. V., Melnikov Yu. Yu., Sadovskaya M. A. The result of the project on the introduction of learn-technologies and a process-oriented approach in the management of medical organization that provides primary healthcare in the Russian Federation. *Glavvrach Yuga Rossii = Chief Physician of the South of Russia* 2020;72(2). (In Russian)].
- Adams JL, Myers TL, Waddell EM, Spear KL, Schneider RB. Telemedicine: A valuable tool in neurodegenerative diseases. *Curr Geriatr Rep* 2020;9(2):72-81. <https://doi.org/10.1007/s13670-020-00311-z>.
- Dorsey ER, Sherer T, Okun MS, Bloem BR. The emerging evidence of the Parkinson pandemic. *J Park Dis* 2018;8(s1):S3-8. <https://doi.org/10.3233/JPD-181474>.
- Paleari L, Malini V, Paoli G, Scillieri S, Bighin C, Blobel B, Giacomini M. EU-Funded Telemedicine Projects – Assessment of, and Lessons Learned from, in the Light of the SARS-CoV-2 Pandemic. *Front Med (Lausanne)* 2022;9:849998. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.849998>.
- Kohler JE, Falcone RA Jr, Fallat ME. Rural health, telemedicine and access for pediatric surgery. *Curr Opin Pediatr* 2019;31(3):391-8. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000763>.
- Lapointe L, Lavalée-Bourget MH, Pichard-Jolicoeur A, Turgeon-Pelchat C, Fleet R. Impact of telemedicine on diagnosis, clinical management and outcomes in rural trauma patients: A rapid review. *Can J Rural Med* 2020;25(1):31-40. https://doi.org/10.4103/CJRM.CJRM_8_19.
- Senbekov M, Saliev T, Bukeyeva Z, Almabayeva A, Zhanaliyeva M, Aitenova N, et al. The Recent Progress and Applications of Digital Technologies in Healthcare: A Review. *Int J Telemed Appl* 2020;2020:8830200. <https://doi.org/10.1155/2020/8830200>.
- Adams JL, Myers TL, Waddell EM, Spear KL, Schneider RB. Telemedicine: A valuable tool in neurodegenerative diseases. *Curr Geriatr Rep* 2020;9(2):72-81. <https://doi.org/10.1007/s13670-020-00311-z>.
- Dorsey ER, Deuel LM, Voss TS, Finnigan K, George BP, Eason S, et al. Increasing access to specialty care: a pilot, randomized controlled trial of telemedicine for Parkinson's disease. *Mov Disord* 2010;25(11):1652-9. <https://doi.org/10.1002/mds.23145>.
- Cubo E, Gabriel-Galan JM, Martinez JS, Alcubilla CR, Yang C, Arconada OF, et al. Comparison of office-based versus home webbased clinical assessments for Parkinson's disease. *Mov Disord* 2012;27(2):308-11.

ЛИТЕРАТУРА

- <https://doi.org/10.1002/mds.24028>.
11. Abdolahi A, Bull MT, Darwin KC, Venkataraman V, Grana MJ, Dorsey ER, et al. A feasibility study of conducting the Montreal Cognitive Assessment remotely in individuals with movement disorders. *Health Informatics J* 2016;22(2):304–11. <https://doi.org/10.1177/1460458214556373>.
 12. Stillerova T, Liddle J, Gustafsson L, Lamont R, Silburn P. Could everyday technology improve access to assessments? A pilot study on the feasibility of screening cognition in people with Parkinson's disease using the Montreal Cognitive Assessment via Internet videoconferencing. *Aust Occup Ther J* 2016;63(6):373–80. <https://doi.org/10.1111/1440-1630.12288>.
 13. Dorsey ER, Darwin KC, Mohammed S, Donohue S, Tethal A, Achey MA, et al. Virtual research visits and direct-to-consumer genetic testing in Parkinson's disease. *Digit Health* 2015;(1):2055207615592998. <https://doi.org/10.1177/2055207615592998>.
 14. Tarolli C, Zimmerman G, Goldenthal S, Feldman B, Berk S, Siddiqi B, et al. Video research visits for atypical parkinsonian syndromes among Fox Trial Finder participants. *Neurology* 2019;00(00):1–8. <https://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000000680>.
 15. Бриль Е.В., Томский А.А., Поддубская А.А., Гамалея А.А., Федорова Н.В. Анализ причин отказа в нейрохирургическом лечении пациентов с болезнью Паркинсона при направлении в экстрапирамидный центр. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии* 2021;15(3):43–53. [Bril' E.V., Tomskiy A.A., Poddubskaya A.A., Gamaleya A.A., Fedorova N.V. Analysing the reasons for rejection of neuro-surgery intervention in patients with Parkinson's disease referred to an extrapyramidal movement disorders clinic. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy neurologii = Annals of clinical and experimental neurology* 2021;15(3):43–53. (In Russian)]. <http://dx.doi.org/10.54101/ACEN.2021.3.5>
 16. Jitkrisadakul O, Rajalingam R, Toenjes C, Munhoz RP, Fasano A. Tele-health for patients with deep brain stimulation: the experience of the Ontario Telemedicine Network. *Mov Disord* 2018;33(3):491–2. <https://doi.org/10.1002/mds.27230>.
 17. Sekimoto S, Oyama G, Chiba S, Nuermairaiti M, Sasaki F, Hattori N. Holomedicine: Proof of the Concept of Interactive Three-Dimensional Telemedicine. *Mov Disord* 2020;35:1719–20. <https://doi.org/10.1002/mds.28249>.
 18. Azad N, Amos S, Milne K, Power B. Telemedicine in a rural memory disorder clinic-remote management of patients with dementia. *Can Geriatr J* 2012;15(4):96–100. <https://doi.org/10.5770/cgj.15.28>.
 19. Barton C, Morris R, Rothlind J, Yaffe K. Video-telemedicine in a memory disorders clinic: evaluation and management of rural Curr Geri Rep elders with cognitive impairment. *Telemed J E Health* 2011;17(10):789–93. <https://doi.org/10.1089/tmj.2011.0083>.
 20. Powers JS, Buckner J. Reaching out to rural caregivers and veterans with dementia utilizing clinical video-telehealth. *Geriatrics (Basel)* 2018;3(2):29. <https://doi.org/10.3390/geriatrics3020029>.
 21. Dang S, Gomez-Orozco CA, van Zuilen MH, Levis S. Providing dementia consultations to veterans using clinical video telehealth: results from a clinical demonstration project. *Telemed J E Health* 2018;24(3):203–9. <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0089>.
 22. Vitacca M, Comini L, Assoni G, Fiorenza D, Gillj S, Bernocchi P, Scalvini S. Tele-assistance in patients with amyotrophic lateral sclerosis: long term activity and costs. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2012;7(6):494–500. <https://doi.org/10.3109/17483107.2011.652999>.
 23. De Marchi F, Contaldi E, Magistrelli L, Cantello R, Comi C, Mazzini L. Telehealth in Neurodegenerative Diseases: Opportunities and Challenges for Patients and Physicians. *Brain Sci* 2021;11(2):237. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020237>.
 24. Wilkinson JR, Spindler M, Wood SM, Marcus SC, Weintraub D, Morley JF, et al. High patient satisfaction with telehealth in Parkinson disease: a randomized controlled study. *Neurol Clin Pract* 2016;6(3):241–51. <https://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000000252>.
 25. Dang S, Gomez-Orozco CA, van Zuilen MH, Levis S. Providing dementia consultations to veterans using clinical video telehealth: results from a clinical demonstration project. *Telemed J E Health* 2018;24(3):203–9. <https://doi.org/10.1089/tmj.2017.0089>.
 26. Moo LR, Gately ME, Jafri Z, Shirk SD. Home-based video telemedicine for dementia management. *Clin Gerontol* 2020;43(2):193–203. <https://doi.org/10.1080/07317115.2019.1655510>.
 27. Afzal HMR, Luo S, Ramadan S, Lechner-Scott J. The emerging role of artificial intelligence in multiple sclerosis imaging. *Mult Scler* 2022;28(6):849–58. <https://doi.org/10.1177/1352458520966298>.
 28. Zhang L, Tan J, Han D, Zhu H. From machine learning to deep learning: progress in machine intelligence for rational drug discovery. *Drug Discov Today* 2017;22(11):1680–5. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2017.08.010>.
 29. Sakai K, Yamada K. Machine learning studies on major brain diseases: 5-year trends of 2014–2018. *Jpn J Radiol* 2019;37(1):34–72. <https://doi.org/10.1007/s11604-018-0794-4>.
 30. Андропова П.Л., Гаврилов П.В., Савинцева Ж.И., Вовк А.В., Рыбин Е.В. Применение систем искусственного интеллекта в нейрорадиологии острого ишемического инсульта. *Лучевая диагностика и терапия* 2021;12(2):30–5. [Andropova P.L., Gavrilov P.V., Savintseva Zh.I., Vovk A.V., Rybin E.V. Application of artificial intelligence systems in neuroradiology of acute ischemic stroke. *Lučevaya diagnostika i terapiya = Diagnostic radiology and radiotherapy* 2021;12(2):30–5. (In Russian)]. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-2-30-36>.
 31. Kovalenko E, Talitckii A, Anikina A, Shcherbak A, Dylov DV, Somov A et al. Distinguishing between Parkinson's disease and essential tremor through video analytics using machine learning: a pilot study. *IEEE Sensors Journal* 2021;21(10):11916–25. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3035240>.
 32. Talitckii A, Kovalenko E, Anikina A, Shcherbak A, Dylov DV, Somov A et al. Avoiding misdiagnosis of Parkinson's disease with the use of wearable sensors and artificial intelligence. *IEEE Sensors Journal* 2021;21(3):3738–47. <http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2020.3027564>.
 33. Talitckii A, Kovalenko E, Shcherbak A, Anikina A, Dylov DV, Somov A et al. Comparative study of wearable sensors, video, and handwriting to detect Parkinson's disease. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 2022;71:2509910. <http://dx.doi.org/10.1109/TIM.2022.3176898>.
 34. Myszczyńska MA, Ojames PN, Lacoste AMB, Neil D, Saffari A, Mead R, et al. Applications of machine learning to diagnosis and treatment of neurodegenerative diseases. *Nat Rev Neurol* 2020;16(8):440–56. <https://doi.org/10.1038/s41582-020-0377-8>.
 35. Griffiths RI, Kotschet K, Arfon S, Xu ZM, Johnson W, Drago J, Evans A, Kempster P, Raghav S, Horne MK. Automated assessment of bradykinesia and dyskinesia in Parkinson's disease. *J Parkinsons Dis* 2012;2(1):47–55. <https://doi.org/10.3233/JPD-2012-11071>.
 36. Oung, Q.W., Muthusamy, H., Basah, S.N. et al. Empirical Wavelet Transform Based Features for Classification of Parkinson's Disease Severity. *J Med Syst* 2018;42(2):29. <https://doi.org/10.1007/s10916-017-0877-2>.
 37. Belić M, Bobić V, Badža M, Šolaja N, Đurić-Jovičić M, Kostić VS. Artificial intelligence for assisting diagnostics and assessment of Parkinson's disease-A review. *Clin Neurol Neurosurg* 2019;184:105442. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2019.105442>.
 38. SUMMERS, Mathew J, Madl T, Vercelli EA. Deep Machine Learning Application to the Detection of Preclinical Neurodegenerative Diseases of Aging. *DigitCult – Scientific Journal on Digital Cultures* 2017;2(2):9–24. <http://dx.doi.org/10.4399/97888255088952>.
 39. Choi H, Kang H, Lee DS; Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. Predicting Aging of Brain Metabolic Topography Using Variational Autoencoder. *Front Aging Neurosci* 2018;10:212. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00212>.
 40. Lundervold AS, Lundervold A. An overview of deep learning in medical imaging focusing on MRI. *Z Med Phys* 2019;29(2):102–27. <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2018.11.002>.
 41. Myszczyńska MA, Ojames PN, Lacoste AMB, Neil D, Saffari A, Mead R, Hautbergue GM, Holbrook JD, Ferraiuolo L. Applications of machine learning to diagnosis and treatment of neurodegenerative diseases. *Nat Rev Neurol* 2020;16(8):440–56. <https://doi.org/10.1038/s41582-020-0377-8>.
 42. Bron EE, Smits M, Niessen WJ, Klein S. Feature Selection Based on the SVM Weight Vector for Classification of Dementia. *IEEE J Biomed Health Inform* 2015;19(5):1617–26. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2432832>.
 43. Ho KC, Speier W, El-Saden S, Arnold CW. Classifying acute ischemic stroke onset time using deep imaging features. *AMIA Annual Symposium Proceedings. Washington* 2018;2017:892–901.
 44. Chen L, Bentley P, Rueckert D. Fully automatic acute ischemic lesion segmentation in DWI using convolutional neural networks. *NeuroImage* 2017;5:633–43. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.06.016>

ЛИТЕРАТУРА

45. Scalzo F, Alger JR, Hu X, Saver JL, Dani KA, Muir KW. Multi-center prediction of hemorrhagic transformation in acute ischemic stroke using permeability imaging features. *Magn Reson Imag* 2018;31(6):961–9. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2013.03.013>.
46. Solomon AJ, Watts R, Ontaneda D, Absinta M, Sati P, Reich DS. Diagnostic performance of central vein sign for multiple sclerosis with a simplified three-lesion algorithm. *Mult Scler* 2018;24(6):750–7. <https://doi.org/10.1177/1352458517726383>.
47. Filippi M, Preziosa P, Arnold DL, Barkhof F, Harrison DM, Maggi P, et al. Present and future of the diagnostic work-up of multiple sclerosis: the imaging perspective. *J Neurol* 2023;270(3):1286–99. <https://doi.org/10.1007/s00415-022-11488-y>.
48. Wang SH, Tang C, Sun J, Yang J, Huang C, Phillips P, Zhang YD. Multiple Sclerosis Identification by 14-Layer Convolutional Neural Network With Batch Normalization, Dropout, and Stochastic Pooling. *Front Neurosci* 2018;12:818. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00818>.
49. Zhang YD, Pan C, Sun J, Tang C. Multiple sclerosis identification by convolutional neural network with dropout and parametric ReLU. *J Comput Sci* 2018;28:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2018.07.003>.
50. Nair PP, Aghoram R, Khilari ML. Applications of artificial intelligence in epilepsy. *International Journal of Advanced Medical and Health Research* 2021;8(2):41–8. <https://doi.org/10.21037/pm-21-26>
51. Daoud H, Bayoumi MA. Efficient Epileptic Seizure Prediction Based on Deep Learning. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst* 2019;13(5):804–13. <https://doi.org/10.1109/TBCAS.2019.2929053>.
52. Murashov D, Obukhov Y, Kershner I, Sinkin M. An algorithm for automated detection of delayed brain ischemia indicator from video-EEG monitoring data. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spatial Inf Sci* 2023;187–192. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W3-2023-187-2023>.
53. Yu S, El Atrache R, Tang J, Jackson M, Makarucha A, Cantley S, et al. Artificial intelligence-enhanced epileptic seizure detection by wearables. *Epilepsia* 2023;64:3213–26. <https://doi.org/10.1111/epi.17774>.
54. Regalia G, Onorati F, Lai M, Caborni C, Picard RW. Multimodal wrist-worn devices for seizure detection and advancing research: Focus on the Empatica wristbands. *Epilepsy Res* 2019;153:79–82. <https://doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2019.02.007>.
55. An S, Kang C, Lee HW. Artificial Intelligence and Computational Approaches for Epilepsy. *J Epilepsy Res* 2020;10(1):8–17. <https://doi.org/10.14581/jer.20003>.
56. Jirsa VK, Proix T, Perdikis D, Woodman MM, Wang H, Gonzalez-Martinez J, et al. The Virtual Epileptic Patient: Individualized whole-brain models of epilepsy spread. *Neuroimage* 2017;145(Pt B):377–88. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.04.049>.
57. Карпов О.Э., Андриков Д.А., Максименко В.А., Храмов А.Е. Прозрачный искусственный интеллект для медицины. *Врач и информационные технологии* 2022;2:4–11. [Karpov O.E., Andrikov D.A., Maksimenko V.A., Hramov A.E. Explainable artificial intelligence for medicine. *Vrach i informatsionnyye tekhnologii = Medical doctor and information technology* 2022;2:4–11. (In Russian)]. https://doi.org/10.25881/18110193_2022_2_4.
58. Friedman CP. A «fundamental theorem» of biomedical informatics. *J Am Med Inform Assoc* 2009;16(2):169–70. <https://doi.org/10.1197/jamia.M3092>.

Сведения об авторах:

Бриль Е.В. – к.м.н., руководитель центра экстрапирамидных расстройств и психического здоровья ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, заведующая кафедрой неврологии с курсом нейрохирургии; Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, доцент кафедры неврологии РМАНПО; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 737607, <https://orcid.org/0000-0002-6524-4490>

Федотова Н.А. – невролог центра экстрапирамидных расстройств и психического здоровья ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; Москва, Россия

Зимнякова О.С. – врач-невролог центра экстрапирамидных расстройств и психического здоровья ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 989523

Шадеркина А.И. – младший научный сотрудник Научно-практического центра детской психоневрологии ДЗМ, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований»; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 1064989, <https://orcid.org/0000-0003-0639-3274>

Вклад авторов:

Бриль Е.В. – определение научного интереса, дизайн обзора, написание текста 40%
Федотова Н.А. – определение научного интереса, обзор литературы, 25%
Зимнякова О.С. – обзор литературы, написание текста, 25%
Шадеркина А.И. – определение научного интереса, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 17.06.2023

Рецензирование: 17.06.2023

Принята к публикации: 19.06.2023

Information about authors:

Bril E.V. – PhD, Head of the Center for Extrapyrmidal Disorders and Mental Health of the State Scientific Center FMBC named after A.I. Burnazyan FMBA of Russia, Head of the department of neurology with a course of neurosurgery; Medical and Biological University of Innovation and Continuing Education FMBC named after. A.I. Burnazyan, FMBA of Russia, Associate Professor, Department of Neurology, RMANPO; Moscow, Russia; RSCI Author ID 737607, <https://orcid.org/0000-0002-6524-4490>

Fedotova N.A. – neurologist at the Center for Extrapyrmidal Disorders and Mental Health of the State Research Center FMBC named after. A.I. Burnazyan FMBA of Russia; Moscow, Russia

Zimnyakova O.S. – neurologist at the Center for Extrapyrmidal Disorders and Mental Health of the State Scientific Center FMBC named after. A.I. Burnazyan FMBA of Russia; Moscow, Russia; RSCI Author ID 989523

Shaderkina A.I. – junior researcher Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology of the Moscow Department of Health, junior researcher Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research; Moscow, Russia; RSCI Author ID 1064989, <https://orcid.org/0000-0003-0639-3274>

Authors contributions:

Bril E.V. – identification of scientific interest, review design, text writing 40%
Fedotova N.A. – identification of scientific interest, literature review, 25%
Zimnyakova O.S. – literature review, text writing, 25%
Shaderkina A.I. – determination of scientific interest, 10%

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

Financing. The study was performed without external funding.

Received: 17.06.2023

Reviewing: 17.06.2023

Accepted for publication: 19.06.2023

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-23-35>

Ведение пациентов с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью с использованием цифровых технологий

Литературный обзор

А.И. Шадеркина^{1,2}, М.В. Алексеева^{2,3}, Т.Т. Батышева^{2,3}, Ю.А. Климов⁴

¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова Минздрава России, Институт клинической медицины; д. 8, ст. 2, ул. Трубецкая, Москва, 119991, Россия.

² Научно-практический центр детской психоневрологии Департамента здравоохранения города Москвы; д. 74, Мичуринский пр-т, г. Москва, 119602, Россия

³ ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований»; д.9, стр.4, Моховая ул., Москва, 125009, Россия

⁴ Российский государственный социальный университет; ул. Вильгельма Пика, д. 4, стр. 1, ул. Вильгельма Пика, Москва, 129226, Россия

Контакт: Шадеркина Анастасия Игоревна, NastyaShade01@yandex.ru

Аннотация:

Введение. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) является заболеванием группы нарушений нейрорепсихиатрического развития, основные симптомы которого выражаются в гиперактивности, нарушении внимания и импульсивности. Поведенческие нарушения при СДВГ, детский возраст большинства больных, необходимость контроля побочных эффектов психотропных ЛС и ограничения в доступности медицинской помощи ведут к необходимости поиска альтернативных вариантов ведения пациентов с данным расстройством, например, телемедицины и методов удаленного мониторинга заболевания. Целью данного обзора является рассмотрение современных методов оказания профессиональной медицинской помощи пациентам, имеющим данное заболевание.

Материалы и методы. Литературный обзор был проведен с использованием баз данных PubMed, Scopus и GoogleScholar, в исследование вошли литературные источники не старше 5 лет.

Результаты. Мы провели литературный обзор и анализ текущих трендов в области ведения пациентов с СДВГ с помощью дистанционных технологий. В настоящее время все этапы могут быть достигнуты с помощью применения телемедицинских технологий: удаленных телеконсультаций, использования оцифрованных опросников и когнитивных заданий, внедрения психотерапевтических инструментов в повседневную жизнь пациентов с помощью технологий дополненной и виртуальной реальности, использования приложений и носимых устройств для отслеживания симптомов.

Заключение. Таким образом, проведенный анализ продемонстрировал особенности ведения пациентов с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью с применением телемедицинских технологий. Современные технологии позволяют достигнуть контроля над течением СДВГ, снизить выраженность его симптомов и повысить качество жизни пациентов с СДВГ.

Ключевые слова: синдром дефицита внимания с гиперактивностью; телемедицина; VR технологии.

Для цитирования: Шадеркина А.И., Алексеева М.В., Батышева Т.Т., Климов Ю.А. Ведение пациентов с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью с использованием цифровых технологий. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2023;9(4):23-35; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-23-35>

Telemedicine use in the management of ADHD patients

Literature review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-23-35>

A.I. Shaderkina^{1,2}, M.V. Alekseeva^{2,3}, T.T. Batysheva^{2,3}, Yu.A. Klimov⁴

¹ First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of Russia, Institute of Clinical Medicine; 8, art. 2, st. Trubetskaya, Moscow, 119991, Russia.

² Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology of the Moscow Department of Health; 74, Michurinsky Prospekt, Moscow, 119602, Russia

³ «Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research»; 9, building 4, Mokhovaya st., Moscow, 125009, Russia

⁴ Russian State Social University; st. Wilhelm Pick, 4, building 1, st. Wilhelm Pieck, Moscow, 129226, Russia

Contact: Shaderkina I. Anastasia, NastyaShade01@yandex.ru

Abstract:

Introduction. Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is a disease of the group of neuropsychiatric developmental disorders, the main symptoms of which are hyperactivity, attention deficit and impulsivity. Behavioral disorders in ADHD, the childhood age of most patients, the need to control the side effects of psychotropic drugs, and limitations in the availability of medical care can lead to the need for searching for alternative options for the management of patients with this disorder, such as telemedicine and methods of remote monitoring of the disease. The aim of this review is to analyze modern methods of professional medical care for patients with ADHD.

Materials and Methods. Literature review was conducted using PubMed, Scopus, and GoogleScholar databases, and the study included literature sources not older than 5 years.

Results. We conducted a literature review and analyzed current trends in the management of patients with ADHD using remote technologies. Currently, all these steps can be achieved by using of telemedicine technologies: remote teleconsultations, the use of digitized questionnaires and cognitive tasks, the introduction of psychotherapeutic tools into patients' daily lives through augmented and virtual reality technologies, and the use of apps and wearable devices for symptom tracking.

Conclusion. In summary, the analysis has demonstrated the certain aspects of managing patients with attention deficit hyperactivity disorder using telemedicine technologies. Modern technologies make it possible to achieve control over the course of ADHD, reduce the severity of its symptoms and improve the quality of life of patients with ADHD.

Key words: attention deficit hyperactivity disorder; telemedicine; VR technologies.

For citation: Shaderkina A.I., Alekseeva M.V., Batysheva T.T., Klimov Yu.A. Telemedicine use in the management of ADHD patients. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2023;9(4):23-35; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-23-35>

■ ВВЕДЕНИЕ

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ, гиперкинетические расстройства) – это заболевания группы нарушений нейropsychиатрического развития, основные симптомы которых выражаются в гиперактивности, нарушении внимания и импульсивности [1]. Степень компенсации данного расстройства зависит от степени выраженности перечисленных симптомов. Распространенность СДВГ в общей популяции в детском возрасте составляет 7,6% среди детей в возрасте от 3 до 12 лет и 5,6% среди подростков в возрасте от 12 до 18 лет [2].

Во взрослой популяции СДВГ с дебютом в детском возрасте сохраняется для 2,58% человек, однако в когорте психиатрических пациентов распространенность СДВГ может достигать 38,75% [3, 4].

Патогенез СДВГ связан с нарушениями формирования взаимодействия коры и подкорковых структур и, согласно текущим представлениям, основан на дефиците серотонинергической и дофаминергической систем [5]. В норме кора головного мозга оказывает тормозное влияние на подкорковые структуры, и это лежит в основе формирования направленного поведения и концентрации внимания. Недостаточность

взаимодействия описанных структур ведет к повышению пассивного внимания и, таким образом, повышению отвлекаемости и формированию гиперактивности, неусидчивости ребенка. Всё больше данных появляется об иных механизмах развития СДВГ, включая нейровоспаление, участие NMDA (N-метил-D-аспартат) рецепторов, вовлечение микробиоты в развитие типичных для СДВГ нарушений [6-8]. Однако, несмотря на расширение представлений о патогенетических основах СДВГ, фармакотерапия основана на наиболее устоявшихся теориях: поскольку в основе заболевания лежит нарушение тормозного действия коры головного мозга, наиболее подходящей медикаментозной терапией для данной группы пациентов являются лекарственные средства (ЛС), имеющие психостимулирующее воздействие, такие как метилфенидат в иностранных стандартах оказания медицинской помощи и атомоксетин в Российской Федерации. Другим важным аспектом ведения пациентов с СДВГ является немедикаментозная коррекция поведения – психотерапевтические методы, работа с родителями ребенка, имеющего СДВГ.

Психиатрическая медицинская помощь всё ещё остается недоступной для ряда пациентов, что во многом определяется дефицитом специалистов, в связи с чем многие поведенческие педиатрические проблемы попадают в сферу помощи первичного медицинского звена (педиатров) [9]. Поведенческие нарушения при СДВГ, детский возраст большинства больных, необходимость контроля побочных эффектов психотропных ЛС и ограничения в доступности медицинской помощи ведут к необходимости поиска альтернативных вариантов ведения пациентов с данным расстройством, например, телемедицины и методов удаленного мониторинга заболевания. Во взрослом возрасте наличие СДВГ ведет к нарушению адаптации человека в обществе, препятствует наличию постоянного места работы, повышает риски развития расстройств, вызванных употреблением психоактивных веществ, в частности, алкоголя [10].

Целью данного обзора является рассмотрение телемедицинских методов оказания профессиональной медицинской помощи пациентам с СДВГ.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Литературный обзор был проведен с использованием баз данных PubMed, Scopus и GoogleScholar. В окончательный анализ вошли данные из 44 источников. Источники, отобранные для статьи, не старше 5 лет. Поиск работ проводился с использованием таких формулировок, как «ADHD and Telehealth», «ADHD and Telemedicine», «Remote ADHD monitoring».

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Решение проблемы низкой доступности медицинской помощи в последние годы все чаще связано с применением телемедицинских технологий. В работе Marcus S. и соавт. описан опыт создания и внедрения в практику телепсихиатрической консультативной службы. За время работы данной службы было получено и обработано более 10445 обращений от 9007 пациентов, и СДВГ был одним из наиболее часто диагностируемых психических расстройств у пациентов, обратившихся за помощью [9]. Huskamp H.A. и соавт. рассмотрели тренды назначения психостимуляторов пациентам с СДВГ с 2019 по 2022 год. Было выяснено, что до 57% назначений препаратов были выполнены с помощью телемедицинских консультаций [11].

Burbach F.R. и соавт. на основании собственного опыта создания телемедицинской службы цифрового психического здоровья выделяют десять основных компонентов, которые должны лежать в основе качественной интернет системы: гибкое предоставление помощи и своевременное реагирование; персонализированная помощь каждому человеку; комплексное ведение пациентов, обеспечиваемое мультидисциплинарными службами; эффективное вовлечение пациентов и междисциплинарных команд; использование различных средств коммуникации; удовлетворенность клиентов услугами; хорошие клинические исходы; простота вовлечения семьи в любую из консультаций из разных мест; содействие межведомственной работе и интеграции с национальными службами здравоохранения, а также управление рисками и обеспечение безопасности [12]. ►

В последние годы основным прорывным фактором для проведения телемедицинских консультаций и создания систем удаленного ведения пациентов с психиатрическими заболеваниями, в частности СДВГ, стала пандемия COVID-19, которая привела к тому, что большинство пациентов с хроническими психиатрическими заболеваниями, не требующими экстренного вмешательства, оказались изолированы от медицинской помощи. Например, в исследовании Gilsbach S. и соавт. было показано, что у 24,8% детей и подростков из 144 обследованных были выявлены симптомы ассоциированного с пандемией дистресса, при этом показатели были выражено хуже для группы пациентов с психиатрическими заболеваниями [13]. Взрослые пациенты в исследовании UNCOVER также отмечали негативное влияние пандемии на течение СДВГ, в том числе увеличение трудностей, связанных с получением рецептов на ЛС [14]. В связи с описанными факторами многие психиатрические телемедицинские службы начали формироваться и развиваться во время пандемии, однако их актуальность не уменьшилась после окончания карантинных ограничений [15-17].

Ведение пациентов с СДВГ в детском возрасте

Диагностика в психиатрии, несмотря на значительный прогресс в развитии диагностических инструментов в иных сферах медицины, всё ещё базируется в основном на общении врача с пациентом и выделении клинических симптомов заболеваний. Отсутствие объективных инструментов диагностики значительно усложняет стандартизацию и цифровизацию данной области, поскольку диагноз основывается на выводах психиатра о текущем состоянии пациента и во многом зависит от опыта врача, полноты представления клинической картины пациентом или его родственниками.

В исследовании Grazioli S. и соавт. исследователи сравнивали согласие в постановке диагноза врачом и с помощью дерева решений, основанного на анализе онлайн-анкет, заполняемых родителями и школьными учителями детей. Дети, включенные в исследование, прошли полное нейропсихиатрическое обследо-

вание, включая оценку коэффициента интеллекта, по результатам которого им был диагностирован или исключен СДВГ, согласно критериям DSM-5. Всего в работе приняло участие 342 ребенка, в возрасте от 3 до 16 лет, 18% из которых были женского пола. Авторы сформировали легко интерпретируемую модель машинного обучения – дерево решений (ДР), которая классифицировала данные на основе клинических критериев диагностики. Прогностическая точность модели была оценена с помощью метода перекрестной валидации. Результаты работы классификатора сравнивались с результатами других моделей машинного обучения, таких как случайный лес и машины опорных векторов. Точность модели при использовании стандартных клинических симптомов для диагностики составила 82%. В ходе эксперимента по перекрестной валидации данная модель достигла точности предсказания 74%, что соответствует показателям других алгоритмов классификации. Данное исследование продемонстрировало, что данные, предоставляемые родителями, зачастую соответствовали данным, получаемым врачом во время нейропсихиатрического осмотра ребенка. В данном случае применение телемедицинских инструментов позволяет наиболее быстро получить данные, в том числе предварительного диагноза. Однако авторы считают, что машинное обучение в подобной структуре оказания медицинской помощи должно выступать только как помощь врачу в принятии решений, а не полностью заменять его [18]. Для сравнения качества диагностики с помощью телеконсультаций и очного приема McDermott S.M. и соавт. провели оценку когнитивных навыков, достижений в учебе и навыков общения у 896 участников в возрасте от 5 до 21 года. Половина из участников получили дистанционные консультации для диагностики СДВГ. Обе группы были сопоставимы по возрасту, полу и типу страховки в качестве косвенного показателя дохода. Авторы не обнаружили статистически значимой разницы между очными приемами и телеконсультациями [19].

Для выявления СДВГ возможно использование ряда когнитивных заданий, чувствительных к данному заболеванию, например, Продолжительный тест производительности (Continu-

ous Performance Test), Идти/Не-идти тест (Go/No Go task) и Fast task – теста на выбор из четырех вариантов с ограничением по времени. Перечисленные тесты направлены на выявление трудностей контроля внимания и являются высоко чувствительными для диагностики СДВГ, однако стандартные их варианты проводятся врачами в клинике. В статье Sun S. и соавт. данные тесты были модифицированы и внедрены в разработанную мобильную платформу. Валидация данной системы продемонстрировала статистически значимую разницу в результатах у пациентов с СДВГ и в группе контроля [20]. Также исследователями разрабатываются методы рутинного выявления СДВГ на основе мониторинга поведения ребенка в мобильных играх, при этом анализ паттерна поведения в играх основан на работе искусственного интеллекта и машинного обучения [21, 22].

В работе Kollins SH и соавт. представлен пример цифрового вмешательства для активного снижения тяжести течения СДВГ в детском возрасте – STARS-ADHD. Приложение AKL-T01 представляет собой видеоигру, основанную на выполнении двух заданий параллельно (многозадачности) – пользователь должен выполнять целевое задание и игнорировать отвлекающие стимулы. В данном двойном слепом контролируемом исследовании приняли участие дети в возрасте 8-12 лет, диагноз СДВГ был подтвержден с помощью Теста вариабельности внимания (TOVA). Пациенты были случайным образом поделены на две равные по количеству участников группы: для первой вмешательство осуществлялось с помощью AKL-T01, вторая являлась группой контроля. Первичным исходом рассматривалось изменение показателей TOVA до и после вмешательства. Всего для исследования были рассмотрены 857 пациентов, 348 вошли в окончательные группы. Пациенты выполнили в среднем 83 из 100 запланированных сессий. Среднее значение (SD) изменения TOVA по сравнению с исходным уровнем составило 0,93 в группе AKL-T01 и 0,03 в контрольной группе. В ходе вмешательства не отмечались серьезные побочные эффекты или прекращение лечения. Нежелательные явления, связанные с лечением, включали фрустрацию у 3% пациентов и головную боль у 2%. Авторы счи-

тают, что применение подобных цифровых инструментов может являться эффективным для терапии СДВГ и совмещает в себе высокую заинтересованность пациентов и низкий процент побочных явлений [23].

Отдельным аспектом терапии СДВГ у детей является повышение заинтересованности родителей и их обучение правильным взаимоотношениям с ребенком на основании особенностей течения болезни. Например, Rahali M. и соавт. разработали онлайн версию программы обучения родителей, которая состояла из 10 сессий на протяжении двух дней. Эффективность усвоения материала оценивалась с помощью вопросов с открытым ответом и визуально-аналоговых шкал в конце курса. Всего в исследовании приняли участие 206 родителей, 175 из которых прошли программу полностью. Более, чем половина участников начали применять изученные поведенческие стратегии на практике. Онлайн вариант обучения родителей расширяет доступность программ обучения поведенческой терапии и показывает высокий уровень их удовлетворенности [24]. В аналогичном исследовании также изучалась эффективность телемедицинского родительского обучения в отношении детей с СДВГ. В работе приняли участие 9 родителей детей с СДВГ в возрасте 7-12 лет. Вмешательство состояло из десяти 60-минутных индивидуальных занятий, которые проводились онлайн один раз в неделю. Результаты продемонстрировали статистическое улучшение показателей работы и выполнения заданий. Данное исследование подтверждает возможность эффективного телемедицинского оказания поддержки семье, имеющей ребенка с СДВГ [25]. Во время пандемии COVID-19 отмечались трудности во взаимоотношениях родителей и их детей с СДВГ вследствие закрытия школ и постоянного нахождения ребенка в замкнутом пространстве, что усиливало проявления заболевания [26]. Merrill B.M. и соавт. разработали программу поведенческого обучения родителей, которая была направлена на помощь с вовлечением детей с СДВГ в дистанционное посещение школьных занятий и коррекцию их поведения [15].

Приверженность пациентов к лечению также оценивается по повторным приемам, ►

в том числе необходимым для назначения рецептурных препаратов. Например, Американская академия педиатров рекомендуют повторное посещение врача в течение 1-2 недель после назначения препарата и спустя 3-7 дней при изменении его дозировки [27]. Для повышения количества повторных посещений врача была разработана телемедицинская платформа на базе нескольких школ, которая направлена на работу со всеми детьми от дошкольного до старшего школьного возраста. Координатор в школе связывается с родителями пациента за день до телемедицинского приема и подтверждает присутствие ребенка на приеме. В день консультации медицинская сестра в школе измеряет соматические показатели ребенка, такие как рост, масса тела и артериальное давление. Далее пациента соединяют с врачом по защищенной системе видеоконференцсвязи. В приеме может так же принять участие учитель при необходимости. После окончания приема врач звонит родителям для обсуждения дальнейшей тактики ведения пациента, после чего весь прием документируется. По результатам работы количество повторных приемов в течение месяца увеличилось с 18,8% до 32,7% ($p < 0,001$). Таким образом, внедрение телемедицинской службы в школу позволило повысить количество консультаций и расширило возможности оказания медицинской помощи детям [28]. Опыт Albanna A. и соавт. также демонстрирует более высокую приверженность к лечению детей с СДВГ, которые получают телемедицинскую психиатрическую помощь: в группе, где пациенты получали удаленные консультации, частота выбывания из процесса лечения спустя 6 месяцев составила 50%, тогда как для стандартного ведения пациентов данный показатель достигал 80% [29].

У пациентов с СДВГ, поскольку данное заболевание является следствием нарушения нейроразвития, в ряде случаев возможно нарушение формирования моторных навыков наряду с психическими нарушениями. В слепом рандомизированном контролируемом исследовании Barkin K. и соавт. были рассмотрены два варианта реабилитации моторных навыков пациентов с СДВГ: с помощью самостоятельных (самоориентированных) упражнений и вмеша-

тельства под руководством терапевта. В исследовании приняли участие 176 детей с СДВГ, которые были случайным образом разделены на две группы. Вмешательство в обеих группах проводилось с использованием методики телемедицинских технологий. Длительность индивидуальных занятий и продолжительность вмешательства была определена на основе литературных данных об использовании VR в реабилитации, и по итогу была сформирована 8-недельная программа с занятиями по 45 минут дважды в неделю. В обеих группах использовалась коммерчески доступная мобильная игра, занятия проводились дома. Начало и завершение каждой сессии фиксировалось специалистом с использованием видеоконференции. Участники группы игрового вмешательства под руководством терапевта получали подробные инструкции по выполнению заданий перед каждой сессией и контролировались через интерактивный интерфейс игры и встроенную систему чата. Оценка эффективности изменения моторных навыков проводилась с помощью шкалы моторных навыков BOT2-BF. При внутригрупповом сравнении показателей BOT2-BF до и после вмешательства наблюдалось значительное увеличение всех субшкал и общего балла ($p < 0,05$). Сравнение изменений всех подшкал и общего балла BOT2-BF между группами показало более высокую эффективность работы пациента в группе с терапевтом [30].

В работе Gonzalez E.R. и соавт. была продемонстрирована сравнимая эффективность телемедицинского и очного вмешательств, при этом для показателей удовлетворенности участников в обеих группах также отсутствовала статистически значимая разница. Целью данного исследования являлся мониторинг двигательной активности у детей с СДВГ, поскольку нарушения двигательной активности являются одним из симптомов СДВГ. Дети в возрасте от 5 до 10 лет и их родители или опекуны носили трекеры активности и участвовали в 9-недельной родительской группе по обучению управлению поведением, в которой особое внимание уделялось соблюдению режима отдыха, сна и использованию гаджетов. До и после вмешательства проводилось 7-дневное измерение активности ребенка и его родителей с помощью акселеро-

метра. В очном исследовании приняли участие тридцать три семьи и 23 семьи – в телемедицинском варианте вмешательства [31].

Важной частью терапии СДВГ является медикаментозное лечение, и зачастую необходимо повышение комплаенса пациентов и их родителей для достижения качественных результатов фармакотерапии. В систематическом обзоре и мета-анализе была проведена оценка влияния цифровых вмешательств на приверженность педиатрических пациентов к принятию лекарственных препаратов в когортах пациентов с СДВГ, депрессией и/или тревожными расстройствами. Критериями включения в анализ являлось соответствие дизайна исследования рандомизированному контролируемому или нерандомизированному контролируемому, которые оценивали цифровые вмешательства, позволяющие повысить приверженность к приему лекарств у детей и подростков с СДВГ, депрессией и/или тревожными расстройствами. Помимо статистического анализа, был проведен анализ ключевых методов, которые использовались наиболее часто. Согласно результатам, в метаанализ вошли данные 502 участников из четырех исследований. В исследованиях с дихотомическими и непрерывными результатами наблюдалось улучшение приверженности к приему лекарств после цифровых вмешательств, однако в первом случае эффект был незначительным. Было продемонстрировано, что цифровые технологии позволяют устранить разрыв между пациентами и медицинскими работниками, обеспечивая более частый мониторинг, общение и оценку [32].

У детей с СДВГ частым проявлением заболевания является более выраженная агрессия по сравнению с их здоровыми ровесниками. Для выявления эпизодов агрессии возможно использование датчиков активности, носимых на теле. В данной работе приняли участие 39 детей в возрасте от 7 до 16 лет, которые носили датчик на протяжении 1 недели, трижды в течение 12 месяцев. Данные, полученные от каждого пациента, далее анализировались с помощью алгоритма машинного обучения. Точность модели в определении эпизодов агрессии составила 80,2% [33]. Аналогичное исследование по дистанционному мониторингу между приемами

было проведено для выявления жизнеугрожающих состояний у детей с СДВГ (повышенной агрессии, риска нанесения вреда себе или другим, а также общее ухудшение состояния с момента начала терапии). При выявлении какого-либо из перечисленных факторов через опросники, заполняемые удаленно родителями или учителями, оповещение отправлялось врачу, и с семьей связывалась медицинская сестра для дальнейшего решения об изменении терапии. Исследование продемонстрировало, что для детей, у которых выявлялись данные нарушения поведения, было характерно более тяжелое течение СДВГ, чем для детей, прошедших исследование без появления описанных симптомов [34].

Однако у телемедицины могут быть ограничения в применении, и не всегда возможно рассчитывать, что внедрение телемедицинских технологий в случае психиатрических заболеваний поможет увеличить количество пациентов, которым будет оказана медицинская помощь. Например, Pritchard A.E. и соавт. сообщают, что телемедицина не сняла все барьеры для психиатрических пациентов. Авторы ретроспективно проанализировали характеристики педиатрических пациентов, которым предоставлялась медицинская помощь по поводу СДВГ. В работе вошли данные о 2257 пациентах, которые были разделены на 3 группы в зависимости от того, каким способом они получали медицинскую помощь по собственному желанию: в первой группе пациенты были проконсультированы до начала пандемии, во второй группе – очно во время пандемии и в третьей группе были пациенты, получавшие телеконсультации во время COVID-19 (780, 839 и 638 человек соответственно). Было выявлено, что пациенты, получавшие очную помощь во время пандемии, были статистически значимо младше, чем использовавшие телемедицинские консультации ($p < 0,01$). Среди коморбидных состояний, характерных для СДВГ, телемедицинские пациенты значительно реже имели проблемы с математикой и письмом по сравнению с группами очного наблюдения. Также коморбидные состояния выявлялись несколько реже, чем при очном приеме, однако статистически значимая разница отсутствовала [35]. Несмотря на свои ►

ограничения, телемедицина всё более значимо входит в рутинную клиническую практику и в клинические исследования, являясь удобным инструментом для мониторинга и быстрого реагирования при психологических и соматических изменениях у участников исследований [36].

Коррекция СДВГ у взрослых пациентов

Медицинская помощь для совершеннолетних пациентов с СДВГ ограничена вследствие небольшого опыта ведения таких пациентов, поскольку СДВГ считается преобладающим у детей и подростков. Для повышения доступности психиатрической и психотерапевтической помощи взрослым пациентам было предложено применение телемедицинских технологий и осуществление связи врач-пациент с помощью интернет-платформы или мобильного приложения. Авторы статьи провели ретроспективное исследование обращений по поводу СДВГ, проведенное на платформе телемедицины American Well DTC с июля 2016 года по июль 2018 года. Пациенты были идентифицированы по соответствующим диагностическим кодам Международной классификации болезней десятого пересмотра (МКБ-10). Пациенты оценивали удовлетворенность от полученных консультаций по шкале от 0 до 5 звезд. Авторы изучили характеристики пациентов, особенности проведенных консультаций, наиболее часто назначаемые лекарства, данные о которых были получены на основе национальных кодов лекарств. Объем посещений по поводу СДВГ вырос более чем на 500% с 2016 по 2018 год. Из 618 посещений по поводу СДВГ 40,0% консультаций были проведены терапевтами и 44,3% – психиатрами; 15,7% посещений были проведены врачами других специальностей. Пациенты были преимущественно мужского пола, в возрасте 30-39 лет, более половины имели иные коморбидные психиатрические состояния. Хотя у 73,3% пациентов был только один визит, 46,5% пациентов, обратившихся за консультацией, повторно записывались на прием. Средняя оценка удовлетворенности составила 4,9/5. В целом, в 43,7 % случаев по результатам приема был выписан рецепт, чаще всего на атомoksetин и бупропион. Лекарства чаще назначались психиат-

рами по сравнению с врачами других специальностей (aOR 7,09, 95% ДИ 2,53-19,89), при визитах с коморбидным психическим заболеванием по сравнению с отсутствием иных психических расстройств (aOR 3,47, 95% ДИ 1,69-7,1). Таким образом, данная работа продемонстрировала не только возможности консультации пациентов с СДВГ с помощью телемедицинских технологий и повышения доступности оказания медицинской помощи, но и возможность сбора и анализа данных для составления эпидемиологической картины и формирования новых представлений о течении заболевания и наиболее часто применяемых схем терапии [37].

В области лечения взрослых пациентов с СДВГ проблема приверженности к лечению также актуальна, как и в детской психиатрии, и всё чаще для отслеживания приема лекарственных средств методом выбора является применением приложений для мобильных телефонов, которые позволяют без прямого участия врача фиксировать прием ЛС. В данном исследовании была проведена оценка эффективности применения мобильного приложения FOCUS ADHD и влияния финансового стимула на комплаенс пациентов. 73 участника были разделены на 3 группы: а) стандартный вариант лечения; б) фармакотерапия и приложение (группа App); в) стандартная фармакотерапия и приложение + коммерческая скидка на покупку лекарств, назначенных для лечения СДВГ (группа App + скидка). Результаты. Между группами не было значительной разницы в средней приверженности лечению, оцениваемой как коэффициент владения лекарственными средствами (КВЛС). Однако группа «App + скидка» продемонстрировала большее количество регистраций приема лекарств по сравнению с группой «Приложение» на начальном этапе исследования. Финансовая скидка также обеспечила 100-процентный уровень использования приложения. Удобство использования и качество приложения были оценены положительно. Приложение FOCUS ADHD получило высокий процент принятия и положительные оценки пользователей. Использование приложения не повысило приверженность лечению, измеряемую по КВЛС, но для пользователей приложения добавление финансового стимула к использованию приложения

привело к повышению приверженности лечению в плане регистрации приема лекарств. Приведенные результаты дают обнадеживающие данные о применении мобильных цифровых решений в области здравоохранения для влияния на приверженность лечению при СДВГ [38]. Другой вариант повышения приверженности к лечению был рассмотрен в работе Biederman J. и соавт. и состоял из SMS-напоминаний пациентам о необходимости посещения врача для получения повторного рецепта на препарат для лечения СДВГ. В группу контроля вошли пациенты, которые получали лечение обычным способом, без SMS-напоминаний. В первой группе 81% пациентов своевременно получили рецепт, тогда как в группе контроля только 36% обратились к врачу для этой цели [39].

Контроль за действием ЛС в психиатрии является важной частью лечения, поскольку побочные явления могут привести к полному прекращению приема пациентом терапии и ухудшению его психического состояния. Одним из вариантов контроля побочных эффектов и эффектов от приема препарата является заполнение опросников в мобильном приложении и их отправка врачу. В исследовании Surman C. и соавт. приняли участие 206 совершеннолетних пациентов с СДВГ, получающие терапию психостимуляторами, которым необходимо было отмечать действие препаратов на протяжении 10 дней. 79% пациентов ответили минимум на одно сообщение о прохождении опроса, и большая часть по окончании исследования отметила легкость и удобство работы с таким форматом опросов [40].

Одним из видов терапии СДВГ является трудовая терапия, которая позволяет улучшить трудовую деятельность и может быть применена у взрослых с СДВГ. В исследовании Grinblat N. и соавт. была оценена эффективность телемедицинского вмешательства, направленного на улучшение показателей работы взрослых с СДВГ на рабочем месте (Work-MAP). В ходе исследования оценивалась удовлетворенность выполнением самостоятельно выбранных рабочих задач, исполнительные функции и качество жизни, а также эффективность выполнения работы. В исследование были включены 46 пациентов. Первая группа (группа А) состояла из

31 человека, которые получали синхронное гибридное (8 онлайн и 3 очных сессии) телемедицинское вмешательство, состоящее из одночасовых индивидуальных сессий, на протяжении 11 недель. Во время сессии пациенты анализировали со специалистами требования на работе, личные факторы, мешающие ее качественному выполнению, обсуждали стратегии повышения внимания для выполнения рабочих задач, а также учились применять полученные знания на практике. Перед, во время и после вмешательства оценка выраженности СДВГ проводилась по опросникам COPM, BRIEF-A, опросник качества жизни взрослых пациентов с СДВГ (AAQoL), что было необходимо для отслеживания изменений психического статуса пациентов. Вторая группа из 15 человек (группа В) являлась группой контроля, и данные пациенты участвовали только в заполнении опросников с той же периодичностью, что и пациенты из первой группы. После вмешательства участники продемонстрировали значительные улучшения по всем показателям (сильные и умеренные значимые эффекты), которые сохранились спустя 3 месяца. Таким образом, Work-MAP представляет собой эффективный метод для улучшения рабочей производительности, исполнительных функций и качества жизни взрослых с СДВГ [41].

Все больше исследователей отмечают связь повышенного риска кардиометаболических заболеваний с диагнозом СДВГ во взрослом возрасте, однако понимание причин данного явления в настоящее время затруднено. Для мониторинга факторов риска сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний в данной когорте пациентов возможно использование дистанционных технологий. Авторы данной работы собирали информацию о физической активности, сне, сатурации, частоте сердечных сокращений, температуре тела, частоте использования смартфона, в том числе для социальных взаимодействий, а также данные об окружающей среде (например, уровень шума). Данное исследование позволит составить фенотипический профиль пациента с СДВГ, имеющего повышенные риски кардиометаболических явлений, а также повысит заинтересованность пациента в контроле своего здоровья [42]. ►►

У пациентов во взрослом возрасте телемедицина также не всегда бывает успешно внедрена, и остаются группы пациентов, для которых телемедицинский прием не повышает доступность медицинской помощи. Praus P. и соавт. провели поиск факторов, которые оказывают влияние на приверженность к лечению с помощью телемедицинских технологий. Авторы сравнивали удовлетворенность телемедицинскими консультациями в группе пациентов с депрессией (54 человека) и с СДВГ (67 человек). По окончании курса лечения длительностью более 12 недель клиническое улучшение было более выражено у пациентов из первой группы, несмотря на более тяжелое изначальное течение заболевания, тогда как для пациентов с СДВГ клиническое и субъективное улучшение наблюдалось только в 40% случаев. С отсутствием удовлетворенности от лечения у пациентов с СДВГ, по результатам анализа, ассоциировалась коморбидность по депрессии, а также женский пол ($p < 0,001$). Авторы считают необходимым более тщательно подходить к ведению таких пациентов [43]. В работе Denyer H. и соавт. также были показаны сложности, которые испытывают пациенты с СДВГ при выполнении дистанционного мониторинга. В исследовании пациентам было необходимо выполнять активные (заполнение опросников и выполнение когнитивных заданий) и пассивные (носить устройства, например браслет, для сбора данных о физическом состоянии) задачи. По итогам анализа данные были выявлены ряд ограничений, которые возможно разделить на 3 группы: связанные со здоровьем (забывчивость в выполнении активного мониторинга в группе пациентов с СДВГ, трудности в самоорганизации), пользовательским опытом (высокая отвлекаемость у пациентов с СДВГ при выполнении когнитивных заданий) и технологиями (технические трудности, связанные с использованием устройств мониторинга) [44].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ продемонстрировал особенности ведения пациентов с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью с применением телемедицинских технологий. Можно

выделить две ключевые особенности в применении телемедицины в когорте пациентов с СДВГ.

Во-первых, цифровизация психиатрической медицинской службы и внедрение телемедицинских консультаций в данную область затруднены, что связано с особенностями диагностики – отсутствием объективных методов обследования. Однако приведенные исследования и опыт применения телеконсультаций во время пандемии COVID-19 показывают сравнимую эффективность диагностики СДВГ при использовании телемедицинских технологий, таких как разговор с пациентом и его законными представителями по видеоконференцсвязи, а также использование цифровых вариантов шкал и опросников, по сравнению с традиционным приемом в кабинете психиатра.

Во-вторых, СДВГ является заболеванием, связанным с нарушением внимания и поведения, что ведет к трудностям в поддержании длительного контакта с пациентом, соблюдении им назначений врача. В случае с детьми трудности с контролем поведения могут приводить к социальной дезадаптации. Для работы с данными пациентами важно выделять пассивный и активный мониторинг течения их заболевания и терапии. Активный мониторинг представляет собой самостоятельное выполнение пациентом каких-либо действий, направленных на контроль своего заболевания, например, ежедневное использование тонометра в определенные часы для измерения артериального давления. Пассивный мониторинг заключается в сборе данных независимо от участия пациента – например, подсчет шагов с помощью умных часов или приложения на телефоне. Для применения активного мониторинга со стороны пациента необходимо наличие достаточной заинтересованности, и рассмотренные исследования продемонстрировали, что повысить комплаенс пациента возможно с помощью регулярного взаимодействия с врачом с использованием телемедицинских консультаций, а также с помощью обучения пациента или его родителей, в случае детей с СДВГ.

Таким образом, СДВГ – это распространенное заболевание, течение которого во многом определяется своевременным выявлением, до-

ступностью профессиональной помощи и заинтересованностью пациента и его семьи в достижении контроля над данным заболеванием, и в настоящее время все данные этапы могут быть достигнуты с помощью применения телемедицинских технологий: удаленных телеконсультаций, использования оцифрованных

опросников и когнитивных заданий, внедрения психотерапевтических инструментов в повседневную жизнь пациентов с помощью технологичной дополненной и виртуальной реальности, использования приложений и носимых устройств для отслеживания симптомов. //

ЛИТЕРАТУРА

1. Корень Е.В., Куприянова Т.А. Гиперкинетические расстройства (СДВГ). Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии имени В.П. Сербского» Минздрава России. Москва: 2015. [Koren E.V., Kupriyanova T.A. Hyperkinetic disorders (ADHD). Federal State Budgetary Institution «Federal Medical Research Center for Psychiatry and Narcology named after V.P. Serbsky» of the Russian Ministry of Health. Moscow: 2015. (In Russian)].
2. Salari N, Ghasemi H, Abdoli N, Rahmani A, Shiri MH, Hashemian AH, et al. The global prevalence of ADHD in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Ital J Pediatr* 2023;49(1):48. <https://doi.org/10.1186/s13052-023-01456-1>.
3. Song P, Zha M, Yang Q, Zhang Y, Li X, Rudan I. The prevalence of adult attention-deficit hyperactivity disorder: A global systematic review and meta-analysis. *J Glob Health* 2021;11:04009. <https://doi.org/10.7189/jogh.11.04009>.
4. Gerhand S, Saville CWN. ADHD prevalence in the psychiatric population. *Int J Psychiatry Clin Pract* 2022;26(2):165-77. <https://doi.org/10.1080/13651501.2021.1914663>.
5. Pozzi M, Bertella S, Gatti E, Peeters GGAM, Carnovale C, Zambrano S, Nobile M. Emerging drugs for the treatment of attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Expert Opin Emerg Drugs* 2020;25(4):395-407. <https://doi.org/10.1080/14728214.2020.1820481>.
6. Kuś J, Saramowicz K, Czerniawska M, Wiese W, Siwecka N, Rozpędek-Kamińska W, et al. Molecular Mechanisms Underlying NMDARs Dysfunction and Their Role in ADHD Pathogenesis. *Int J Mol Sci* 2023;24(16):12983. <https://doi.org/10.3390/ijms241612983>.
7. Dunn GA, Nigg JT, Sullivan EL. Neuroinflammation as a risk factor for attention deficit hyperactivity disorder. *Pharmacol Biochem Behav* 2019;182:22-34. <https://doi.org/10.1016/j.pbb.2019.05.005>.
8. Kalenik A, Kardaś K, Rahnama A, Sirojć K, Wolańczyk T. Gut microbiota and probiotic therapy in ADHD: A review of current knowledge. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 2021;110:110277. <https://doi.org/10.1016/j.pnpb.2021.110277>.
9. Marcus S, Malas N, Dopp R, Quigley J, Kramer AC, Tengeltisch E, Patel PD. The Michigan Child Collaborative Care Program: Building a Telepsychiatry Consultation Service. *Psychiatr Serv* 2019;70(9):849-52. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201800151>.
10. Luderer M, Ramos Quiroga JA, Faraone SV, Zhang James Y, Reif A. Alcohol use disorders and ADHD. *Neurosci Biobehav Rev* 2021;128:648-60. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.07.010>.
11. Huskamp HA, Uscher-Pines L, Raja P, Normand ST, Mehrotra A, Busch AB. Trends in Use of Telemedicine for Stimulant Initiation Among Children and Adults. *Psychiatr Serv* 2024;appi20230421. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.20230421>.
12. Burbach FR, Stiles KM. Digital Mental Health and Neurodevelopmental Services: Case-Based Realist Evaluation. *JMIR Form Res* 2021;5(9):e29845. <https://doi.org/10.2196/29845>.
13. Gilsbach S, Herpertz-Dahlmann B, Konrad K. Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic on Children and Adolescents With and Without Mental Disorders. *Front Public Health* 2021;9:679041. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.679041>.
14. Raveendran S, Burke MC, Klahn K, McCue M, Roy A, Martin M, Sarkey S. The Experience of Adults With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in 2021 During the COVID-19 Pandemic: The UNCOVER Study. *Prim Care Companion CNS Disord* 2023;25(4):22m03474. <https://doi.org/10.4088/PCC.22m03474>.
15. Merrill BM, Monopoli WJ, Rejman E, Fabiano GA. Supporting Parents of Children with ADHD During COVID-19 School Closures: A Multiple-Baseline Trial of Behavioral Parent Training for Home Learning. *School Ment Health* 2023:1-14. <https://doi.org/10.1007/s12310-023-09569-y>.
16. Ogundele MO, Ayyash HF, Ani C. The impact of Covid-19 pandemic on services for children and adolescents with ADHD: results from a survey of paediatricians in the United Kingdom. *AIMS Public Health* 2022;9(3):542-51. <https://doi.org/10.3934/publichealth.2022037>.
17. Segenreich D. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Diagnosing and Treating Attention Deficit Hyperactivity Disorder: New Challenges on Initializing and Optimizing Pharmacological Treatment. *Front Psychiatry* 2022;13:852664. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.852664>.
18. Grazioli S, Crippa A, Rosi E, Candelieri A, Ceccarelli SB, Mauri M, et al. Exploring teleradiologic procedures in child neuropsychiatry: addressing ADHD diagnosis and autism symptoms through supervised machine learning. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2024;33(1):139-49. <https://doi.org/10.1007/s00787-023-02145-4>.
19. McDermott SM, Sweeney K, Jacobson LA, Lieb RW, Wexler D, Pritchard AE. Does Assessment Format Matter? A Comparison of In-Person Versus Teletesting Scores for Youth with ADHD. *J Atten Disord* 2023;27(2):152-8. <https://doi.org/10.1177/10870547221129311>.
20. Sun S, Denyer H, Sankesara H, Deng Q, Ranjan Y, Conde P, et al. Remote Administration of ADHD-Sensitive Cognitive Tasks: A Pilot Study. *J Atten Disord* 2023;27(9):1040-50. <https://doi.org/10.1177/10870547231172763>.
21. Song JH, Kim B, Kim SC, Toom N, Kaur C, Rodriguez GM, et al. Remote Assessment of ADHD Symptoms Based on Mobile Game Performance in Children with ADHD: A Proof of Concept. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2023;2023:1-4. <https://doi.org/10.1109/>

ЛИТЕРАТУРА

- EMBC40787.2023.10340151.
22. Pandria N, Petronikoulou V, Lazaridis A, Karapiperis C, Kouloumpiris E, Spachos D, et al. Information System for Symptom Diagnosis and Improvement of Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Protocol for a Non-randomized Controlled Pilot Study. *JMIR Res Protoc* 2022;11(9):e40189. <https://doi.org/10.2196/40189>.
 23. Kollins SH, DeLoss DJ, Cañas E, Lutz J, Findling RL, Keefe RSE, et al. A novel digital intervention for actively reducing severity of paediatric ADHD (STARS-ADHD): a randomised controlled trial. *Lancet Digit Health* 2020;2(4):e168-e178. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30017-0](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30017-0).
 24. Rahali M, Fongaro E, Franc N, Nesensohn J, Purper-Ouakil D, Kerbage H. Expected changes in parenting after an online parent training for ADHD. *Encephale* 2024;50(1):59-67. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2023.01.007>.
 25. Pijarnvanit P, Sriphetcharawut S. The Effects of Telehealth Parent Coaching on Occupational Performance and Executive Function of Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorders, and Parent Self-Efficacy: A Preliminary Study. *Occup Ther Health Care* 2023;1-17. <https://doi.org/10.1080/07380577.2023.2169976>.
 26. Dhiman S, Sahu PK, Reed WR, Ganesh GS, Goyal RK, Jain S. Impact of COVID-19 outbreak on mental health and perceived strain among caregivers tending children with special needs. *Res Dev Disabil* 2020;107:103790. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103790>.
 27. Wolraich ML, Hagan JF Jr, Allan C, Chan E, Davison D, Earls M, et al. Clinical Practice Guideline for the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents. *Pediatrics* 2019;144(4):e20192528. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-2528>.
 28. Milne Wenderlich A, Li R, Baldwin CD, Contento N, Herendeen N, Rand CM. A Quality Improvement Initiative to Improve Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Follow-Up Rates Using School-Based Telemedicine. *Acad Pediatr* 2021;21(7):1253-61. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2021.04.004>.
 29. Albanna A, Soubra K, Alhashmi D, Alloub Z, AlOlama F, Hammerness P, et al. Effectiveness of collaborative tele-mental health care for children with attention deficit hyperactivity disorder in United Arab Emirates. *East Mediterr Health J* 2023;29(9):742-748. <https://doi.org/10.26719/emhj.23.076>.
 30. Barkxn K, Ege T, ...zgun KK, Koray K, Sedef Ş. How does therapist guided game-based intervention program effect motor skills in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder?: Single blind randomised study design. *Res Dev Disabil* 2023;137:104495. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2023.104495>.
 31. Gonzalez ES, Tran N, Wholly D, Kuhn M, Stein MA, Mendoza J, et al. Parent Behavior Management Training for Child ADHD Enhanced to Address Health Behaviors: Comparison of Telemedicine «Telegroup» Versus In-Person Delivery. *J Atten Disord* 2023;27(9):979-88. <https://doi.org/10.1177/10870547231168332>.
 32. Vitija A, Amirthalingam A, Soltani A. The impact of digital interventions on medication adherence in paediatric populations with attention deficit hyperactivity disorder, depression, and/or anxiety: A rapid systematic review and meta-analysis. *Res Social Adm Pharm* 2022;18(12):4017-27. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2022.07.042>.
 33. Park C, Rouzi MD, Atique MMU, Finco MG, Mishra RK, Barba-Villalobos G, et al. Machine Learning-Based Aggression Detection in Children with ADHD Using Sensor-Based Physical Activity Monitoring. *Sensors (Basel)* 2023;23(10):4949. <https://doi.org/10.3390/s23104949>.
 34. Oppenheimer J, Ojo O, Antonetty A, Chiujdea M, Garcia S, Weas S, et al. Timely Interventions for Children with ADHD through Web-Based Monitoring Algorithms. *Diseases* 2019;7(1):20. <https://doi.org/10.3390/diseases7010020>.
 35. Pritchard AE, Northrup RA, Peterson R, Lieb R, Wexler D, Ng R, et al. Can We Expand the Pool of Youth Who Receive Telehealth Assessments for ADHD? Covariates of Service Utilization. *J Atten Disord* 2023;27(2):159-68. <https://doi.org/10.1177/10870547221129304>.
 36. Michalak A, Chrzanowski J, Kuśmierczyk-Kozieł H, Klejman E, Błaziak K, Mianowska B, et al. Lisdexamphetamine versus methylphenidate for paediatric patients with attention-deficit hyperactivity disorder and type 1 diabetes (LAMAinDiab): protocol for a multicentre, randomised cross-over clinical trial in an outpatient telemedicine-supported setting. *BMJ Open* 2023;13(12):e078112. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-078112>.
 37. Hohman JA, Martinez KA, Anand A, Martyn T, Rood M, Rothberg MB. Use of Direct-to-Consumer Telemedicine for Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *J Gen Intern Med* 2020;35(11):3392-4. <https://doi.org/10.1007/s11606-020-05891-2>.
 38. Carvalho LR, Haas LM, Zeni G, Victor MM, Techele SP, Marrone Castanho J, et al. Evaluation of the effectiveness of the FOCUS ADHD App in monitoring adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Eur Psychiatry* 2023;66(1):e53. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2023.2422>.
 39. Biederman J, Fried R, DiSalvo M, Driscoll H, Green A, Biederman I, et al. A novel digital health intervention to improve patient engagement to stimulants in adult ADHD in the primary care setting: Preliminary findings from an open label study. *Psychiatry Res* 2020;291:113158. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113158>.
 40. Surman C, Boland H, Kaufman D, DiSalvo M. Personalized Remote Mobile Surveys of Adult ADHD Symptoms and Function: A Pilot Study of Usability and Utility for Pharmacology Monitoring. *J Atten Disord* 2022;26(7):1001-10. <https://doi.org/10.1177/10870547211044213>.
 41. Grinblat N, Rosenblum S. Work-MAP Telehealth Metacognitive Work-Performance Intervention for Adults With ADHD: Randomized Controlled Trial. *OTJR (Thorofare N J)* 2023;43(3):435-45. <https://doi.org/10.1177/15394492231159902>.
 42. Denyer H, Ramos-Quiroga JA, Folarin A, Ramos C, Nemeth P, Bilbow A, et al. ADHD Remote Technology study of cardiometabolic risk factors and medication adherence (ART-CARMA): a multi-centre prospective cohort study protocol. *BMC Psychiatry* 2022;22(1):813. <https://doi.org/10.1186/s12888-022-04429-6>.
 43. Praus P, Proctor T, Rohrmann T, Benedyk A, Tost H, Hennig O, et al. Female sex and burden of depressive symptoms predict insufficient response to telemedical treatment in adult attention-deficit/hyperactivity disorder: results from a naturalistic patient cohort during the COVID-19 pandemic. *Front Psychiatry* 2023;14:1193898. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1193898>.
 44. Denyer H, Deng Q, Adanijo A, Asherson P, Bilbow A, Folarin A, et al. Barriers to and Facilitators of Using Remote Measurement Technology in the Long-Term Monitoring of Individuals With ADHD: Interview Study. *JMIR Form Res* 2023;7:e44126. <https://doi.org/10.2196/44126>.

Сведения об авторах:

Шадеркина А.И. – младший научный сотрудник Научно-практического центра детской психоневрологии ДЗМ; младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований»; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 1064989, <https://orcid.org/0000-0003-0639-3274>

Алексеева М.В. – к.м.н., заместитель директора по организационно-методической работе Научно-практического центра детской психоневрологии Департамента здравоохранения города Москвы; старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований»; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 925525

Батышева Т.Т. – д.м.н., профессор, директор Научно-практического центра детской психоневрологии Департамента здравоохранения города Москвы; руководитель лаборатории ФГБНУ «Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований»; Главный внештатный детский специалист Министерства здравоохранения РФ по медицинской реабилитации, Главный внештатный детский специалист Департамента здравоохранения города Москвы по неврологии; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 945308

Климов Ю.А. – к.м.н., декан лечебного факультета РГСУ; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 945310, <https://orcid.org/0000-0001-5946-094X>

Вклад авторов:

Шадеркина А.И. – обзор литературы, написание текста, 40%
Алексеева М.В. – определение научного интереса, обзор литературы, 25%
Батышева Т.Т. – определение научного интереса, дизайн обзора, 25%
Климов Ю.А. – литературный обзор, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 3.09.23

Рецензирование: 14.10.23

Исправления получены: 18.10.23

Принята к публикации: 20.11.23

Information about authors:

Shaderkina A.I. – junior researcher Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology of the Moscow Department of Health; junior researcher Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research; Moscow, Russia; RSCI Author ID 1064989, <https://orcid.org/0000-0003-0639-3274>

Alekseeva M.V. – PhD, Deputy Director for Organizational and Methodological Work of the Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology of the Moscow Department of Health; Senior researcher Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research; Moscow, Russia; RSCI Author ID 925525

Batysheva T.T. – Dr. Sci., Professor, Director of the Scientific and Practical Center for Pediatric Psychoneurology of the Moscow Department of Health; Head of the laboratory Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research; Chief Freelance Children's Specialist of the Ministry of Health of the Russian Federation for Medical Rehabilitation, Chief Freelance Children's Specialist of the Moscow Department of Health for Neurology; Moscow, Russia; RSCI Author ID 945308

Klimov Yu.A. – Ph.D. M.N., Dean of the Faculty of Medicine of the Russian State Social University; Moscow, Russia; RSCI Author ID 945310, <https://orcid.org/0000-0001-5946-094X>

Authors Contribution:

Shaderkina A.I. – literature review, text writing, 40%
Alekseeva M.V. – identification of scientific interest, literature review, 25%
Batysheva T.T. – identification of scientific interest, review design, 25%
Klimov Yu.A. – literature review, 10%

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study was performed without external funding.

Received: 3.09.23

Reviewing: 14.10.23

Admission after correction: 18.10.23

Accepted for publication: 20.11.23

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-36-44>

Анализ влияния факторов окружающей среды на здоровье человека с применением цифровых решений

Мнение эксперта

И.А. Шадеркин¹, А.П. Дьяченко², Е.А. Чулюкова³, Т.В. Пшеничный³, Л.В. Ковека⁴, В.Е. Храмцова⁴, Н.С. Гугнявых⁵, А.И. Кузьмина⁶

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

² ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» МЗ РФ; д. 1, площадь Павших Борцов, Волгоград, 400066, Россия

³ Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова; дом 1, Ленинские горы, Москва, 119234, Россия

⁴ ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» МЗ РФ; дом 64, ул. Воровского, Челябинск, 454092, Россия

⁵ Санкт-Петербургский государственный университет; д. 7/9, Университетская набережная, Санкт-Петербург, 199034, Россия

⁶ Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины; дом 5, ул. Черниговская, Санкт-Петербург, 196084, Россия

Контакт: Шадеркин Игорь Аркадьевич, info@uroweb.ru

Аннотация:

Введение. В статье рассматриваются возможности применения цифровых решений анализа влияния факторов окружающей среды на здоровье человека.

Целью является предложение цифровой модели для гигиенической оценки комплексного влияния факторов окружающей среды на здоровье человека.

Решаемая проблема: в настоящее время информация по оценке влияния многочисленных факторов окружающей среды на здоровье человека характеризуется высокой рассеянностью, не позволяя учитывать их в комплексе. Использование цифровых решений позволит проводить комплексную гигиеническую оценку этих факторов. Новизна работы заключается в применении цифровых технологий при анализе и оценке исследуемых факторов окружающей среды.

Материалы и методы. В процессе работы использованы научные и обзорные статьи, отчёты и доклады государственных органов, общие методы научного исследования: анализ, сравнение, обобщение, синтез, системный подход, структурный анализ; статистический метод; гигиенический анализ.

Результаты. Для комплексной оценки факторов окружающей среды на здоровье человека нами предложено применить модель случайного леса машинного обучения на наборе данных факторов окружающей среды. На основе посчитанных моделью весов можно сделать выводы о том, какие факторы наиболее существенно влияют на возникновения тех или иных заболеваний.

Выводы. Результаты исследования перспективны для внедрения в практику оценки качества окружающей среды исследуемой области. Их можно использовать для разработки методов и технологий для предотвращения и сокращения негативного воздействия этих факторов на здоровье людей.

Ключевые слова: факторы окружающей среды; здоровье человека; цифровые решения; количественная оценка; корреляция.

Для цитирования: Шадеркин И.А., Дьяченко А.П., Чулюкова Е.А., Пшеничный Т.В., Ковека Л.В., Храмцова В.Е., Гугнявых Н.С., Кузьмина А.И. Анализ влияния факторов окружающей среды на здоровье человека с применением цифровых решений. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2023;9(4):36-44; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-36-44>

Analysis of the impact of environmental factors on human health using digital solutions

Expert opinion

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-36-44>**I.A. Shaderkin¹, A.P. Dyachenko², E.A. Chulyukova³, T.V. Pshenichny³, L.V. Koveka⁴, V.E. Khramtsova⁴, N.S. Gugnyavykh⁵, A.I. Kuzmina⁶**¹ Institute of Digital Medicine of the First Moscow State Medical University them Sechenov (Sechenov University), Abrikosovskiy per., 1, bldg. 2, Moscow, 119435, Russia² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 1 Fallen Fighters Square, Volgograd, 400066, Russia³ Lomonosov Moscow State University; 1, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia⁴ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-Ural State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 64, Vorovskogo str., Chelyabinsk, 454092, Russia⁵ St. Petersburg State University; 7/9, Universitetskaya embankment, St. Petersburg, 199034, Russia⁶ St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; 5, Chernigovskaya, St. Petersburg, 196084, Russia**Contact:** Igor A. Shaderkin, info@uroweb.ru**Annotation:****Introduction.** The article discusses the possibilities of using digital solutions to analyze the impact of environmental factors on human health.**The aim** is to propose a digital model for the hygienic assessment of the complex impact of environmental factors on human health.

The problem to be solved: currently, information on the assessment of the impact of numerous environmental factors on human health is characterized by high dispersion, not allowing them to be taken into account in a complex. The use of digital solutions will allow for a comprehensive hygienic assessment of these factors. The novelty of the work lies in the use of digital technologies in the analysis and assessment of the studied environmental factors.

Materials and methods. In the process of work, scientific and review articles, reports and reports of government agencies, general methods of scientific research are used: analysis, comparison, generalization, synthesis, systematic approach, structural analysis; statistical method; hygienic analysis.**Results.** For a comprehensive assessment of environmental factors on human health, we proposed to apply a random forest machine learning model on a data set of environmental factors. Based on the scales calculated by the model, it is possible to draw conclusions about which factors most significantly affect the occurrence of certain diseases.**Conclusions.** The results of the study are promising for implementation in the practice of assessing the environmental quality of the study area. They can be used to develop methods and technologies to prevent and reduce the negative impact of these factors on human health.**Key words:** environmental factors; human health; digital solutions; quantitative assessment; correlation.**For citation:** Shaderkin I.A., Dyachenko A.P., Chulyukova E.A., Pshenichny T.V., Koveka L.V., Khramtsova V.E., Gugnyavykh N.S., Kuzmina A.I. Analysis of the impact of environmental factors on human health using digital solutions. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2023;9(4):36-44; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-4-36-44>**■ ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время во всем мире проблема профилактики неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека привлекает внимание многих ученых – врачей, экологов, биологов, физиков. Это вызвано постоянным ростом числа факторов, оказывающих негативное воздействие на здоровье человека. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) около 1,4 млн. случаев преждевременной смерти могут быть связаны с экологическими факторами, причем 569 тыс. из них связаны с загрязнением окружающего воздуха, а 154 тыс. – с загрязнением воздуха внутри помещений [1]. Однако информация по оценке влияния многочисленных факторов среды помещения и окружающей среды на здоровье человека характеризуется рассеянностью, не позволяя учитывать все факторы в комплексе. Цифровые решения

могут быть эффективным инструментом для анализа этих факторов и разработки научного обоснования влияния их на здоровье человека [2].

Анализ комплексной оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье человека можно провести методом корреляции показателей здоровья населения по классам основных нозологий на определенной территории с показателями факторов окружающей среды на этой территории. Для этого возможно использование информационных технологий анализа данных, установления причинно-следственных связей изменения показателей здоровья населения с показателями факторов окружающей среды, оценки рисков их воздействия на здоровье. Полученные результаты могут использоваться для разработки профилактических мероприятий, направленных на уменьшение отрицательного влияния факторов среды на здоровье человека. ►►

В статье собран и обработан материал по формированию модели практического применения результатов цифровых решений анализа оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторами был проведен анализ научных статей по теме исследования в общедоступных электронных базах Medline, PubMed, Google Scholar, Elibrary, по указанным ключевым словам, отчетам и докладом государственных органов, показателям Росстата. Использованы методы: структурный анализ; корреляционный анализ, метод ансамблевого машинного обучения, в частности дерева решения и алгоритм случайного леса.

Цель работы: предложить алгоритм прогнозирования воздействия комплекса факторов окружающей среды.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время в научной литературе предлагаются разные подходы оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения [3-5]. В большинстве случаев они основываются на вероятностном математико-статистическом анализе воздействия вредного фактора на здоровье населения, с помощью которого можно количественно оценить уровень связи между факторами риска и критериями общественного здоровья и построить вероятностную математическую модель воздействия вредного фактора на здоровье населения [3, 4]. Количественная оценка риска может осуществляться с помощью корреляционного анализа. По коэффициентам корреляций можно судить о связи между загрязнением среды и состоянием здоровья населения [3].

Однако рост уровня заболеваемости населения, связанный с воздействием вредных факторов окружающей среды, может не носить линейный характер, так как пороги чувствительности и реакция защитных сил организма индивидуальны. Поэтому на начальном этапе воздействие вредных факторов может не отражаться на статистике заболеваемости или отражаться незначительно. При возрастающем воздействии в дальнейшем происходит срыв механизмов адап-

тации, и заболеваемость возрастает. Поэтому степень вредных воздействий факторов можно установить только на основании закона больших чисел – количественные закономерности массовых явлений проявляются лишь в достаточно большом их числе. Для этих целей необходимо выполнить анализ больших по численности групп населения. В небольших группах выводы могут быть ошибочные, так как большую роль будут играть случайные факты и индивидуальные особенности организма человека. При анализе большого количества событий случайности сглаживаются, и погрешности результатов снижаются [6].

Клепиковым О.В. и Студеникиной Е.М. предложены методы оценки влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения при помощи анализа больших чисел. За величину, характеризующую загрязненность атмосферы принимается комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий несколько приоритетных загрязнителей (как правило – пять) [1].

По значению коэффициента парной корреляции можно судить о тесноте взаимосвязи между изучаемыми показателями. Построение регрессионных моделей в таких исследованиях позволяет оценить направленность, силу, вид связи, прогнозировать значения. Моделировать процессы можно как по отдельным компонентам, так и в комплексе [3].

При оценке взаимосвязи здоровья населения с загрязнением окружающей среды часто используется линейное программирование. Для прогноза периодических процессов по известному спектру частот используется Фурье-анализ. Методы моделирования и прогнозирования временных рядов позволяют выявить тенденции изменения фактических значений параметра во времени и прогнозировать его будущие значения [3].

Коротковым П.А., Трубяновым А.Б. и соавт. для анализа статистической связи показателей загрязнения окружающей среды с показателями экологически зависимой заболеваемости предложена методология исследования, основанная на подходах к корреляционно-регрессионному анализу панельных данных. Для этого рассчитываются коэффициенты корреляции Пирсона и ранговые коэффициенты корреляции Спирмена, затем строятся модели регрессии для панельных данных: модель с фиксированными эффектами и модель со случайными эффектами. Источни-

ками панельных данных являются показатели подразделений Росстата, Роспотребнадзора и Минздрава: 6 основных показателей загрязнения воды и атмосферы и 7 приоритетных показателей заболеваемости населения за определенный период (несколько лет) [4].

В рассматриваемых выше методиках данные о заболеваемости населения принимаются по статистическим данным. Однако для более углубленного анализа влияния негативных факторов окружающей среды на здоровье необходимо изучение показателей здоровья конкретной местности. Для этих целей можно воспользоваться единой интегрированной платформой, на которую будут поступать от медицинских учреждений все данные о здоровье пациентов. Благодаря таким данным можно проводить детальный анализ влияния факторов среды на здоровье, учитывающий и наличие загрязняющих веществ в организме пациентов, и их ответную реакцию на изменение факторов среды. Хранение больших данных можно обеспечить в облачных хранилищах.

На основе изученных материалов и методик анализа больших данных в данной работе мы в качестве примеров выполнили:

1) корреляционный анализ и прогноз показателей загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемости детей от 0 до 14 лет по болезням органов дыхания по Волгоградской области за пять лет – с 2018 по 2022 гг.;

2) алгоритм прогнозирования воздействия комплекса факторов окружающей среды.

Корреляционный анализ и прогноз показателей загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемости детей от 0 до 14 лет по болезням органов дыхания по Волгоградской области за пять лет – с 2018 по 2022 гг.

Исследованием комплексной гигиенической оценки факторов окружающей среды, проведен-

ным Клепиковым О.В. и др. на основе города Воронежа, установлено, что приоритетным фактором неблагоприятного воздействия на здоровье населения является атмосферный воздух [7].

Индекс загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) по пяти приоритетным загрязнителям принят по статистическим данным, приведенным в Докладе Комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2022 году [8]. Влиянию вредных факторов окружающей среды наиболее подвержены дети. Важно, что дети более привязаны к исследуемой территории, так как в основном они живут и учатся на одном территориальном участке, на их здоровье не отражаются профессиональные факторы. Все это уменьшает величину случайных событий при анализе данных, поэтому предлагается проводить анализ статистических данных о заболеваемости детей по основным нозологиям. Показатели заболеваемости детей приняты по данным Росстата и Роспотребнадзора по Волгоградской области [9-14]. В заболеваниях органов дыхания учитываются: бронхиты, пневмонии, бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких, бронхоэктатическая болезнь, плеврит, эмфизема легких. По данным проведенных исследований прослеживается взаимосвязь этих заболеваний с такими загрязнителями воздуха: взвешенные вещества, диоксид азота, бензапирен [15, 16]. В таблице 1 приведены показатели ИЗА и заболеваемости, на основании которых произведены расчеты.

Значение коэффициента корреляции (R) может быть: $-1 < R < +1$, что свидетельствует:

- R близко к 0 – свидетельствует об отсутствии корреляционной связи между концентрациями вредных веществ и уровнем заболеваемости;
- R близко к 1 – существует положительная связь; ►►

Таблица 1. Показатели ИЗА и болезней органов дыхания по Волгоградской области за 2018–2022 гг.
Table 1. Indicators of IZA and respiratory diseases in the Volgograd region for 2018–2022

Годы	Болезни органов дыхания (Волгоград) (на 100 тыс. детского населения)	ИЗА (Волгоград)
2018	115191,80	4,30
2019	113388,70	3,20
2020	105602,60	3,50
2021	115278,10	10,60
2022	122320,00	10,60

- R близко к -1 – существует отрицательная связь.

Анализ с применением электронных таблиц Microsoft Excel приведен на гистограмме (рис. 1). Коэффициент корреляции, рассчитанный по формуле в электронной таблице Microsoft Excel равен 0,70, что свидетельствует о наличии положительной зависимости.

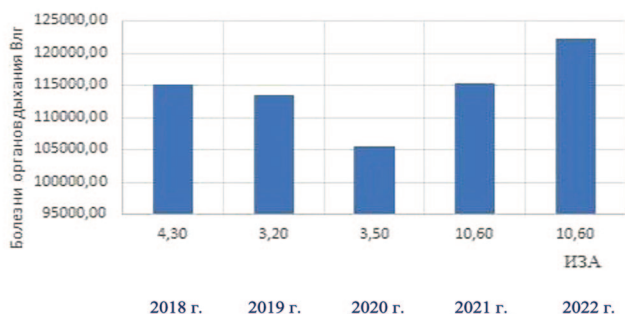


Рис. 1 Вероятностная взаимосвязь между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости органов дыхания по Волгоградской области за 2018 – 2022 гг. (расчет по формуле корреляции в электронной таблице Microsoft Excel) (выполнено авторами)
Fig.1 Probabilistic relationship between the level of atmospheric air pollution and the level of respiratory morbidity in the Volgograd region for 2018 – 2022. (calculation using the correlation formula in a Microsoft Excel spreadsheet) (completed by the authors)

На основе данных таблицы 1 с помощью электронной таблицы Microsoft Excel был сделан график и построена линия тренда (аппроксимирующая функция $y(x)$, которая с максимальной степенью близости приближается к опытной зависимости) (рис. 2).

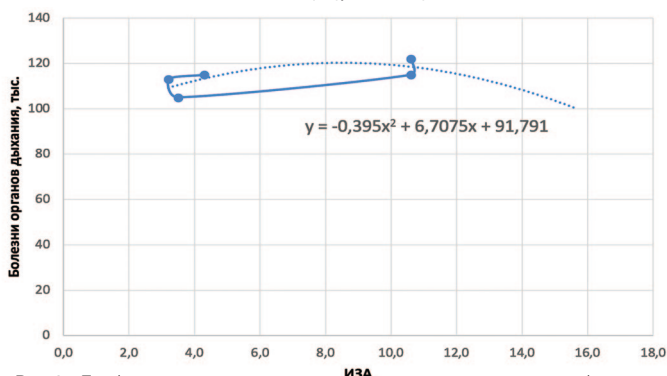


Рис.2. График зависимости между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости органов дыхания и линия тренда (выполнено авторами)
Fig.2. Graph of the relationship between the level of atmospheric air pollution and the level of respiratory diseases and the trend line (completed by the authors)

Как видно на рисунке, зависимость не является линейной.

Прогноз воздействия загрязнения атмосферного воздуха на болезни органов дыхания выполнен в облачном сервисе Google Collab. В качестве исследования была выбрана задача прогнозирования возникновения заболевания одной из групп у человека при известных числовых показателях ИЗА, взятых из официаль-

ных источников по Волгоградской области, представленных в таблице 1.

Предлагается применить метод ансамблевого машинного обучения в виде алгоритма случайного леса и дерева решений на примере набора данных с помощью языка программирования Python, где в качестве признаков будут использоваться числовые показатели индекса загрязнения атмосферы, а в качестве целевой переменной — группы болезней органов дыхания. Random forest («Случайный лес») – алгоритм машинного обучения, заключающийся в использовании комитета (ансамбля) решающих деревьев [17-19]. Ниже приведена ссылка, в которой мы реализовали метод алгоритма случайного леса.

<https://colab.research.google.com/drive/1p4ozfSrOPI2AzUONwIVSzmYzTvCtiDw?usp=sharing>

Приводим пример написания кода:

- прогноз обучающей модели (рис. 3):

```
#прогноз
y_pred = classifier.predict(x_test)
y_pred

array(['10,6'], dtype=object)

#проверка прогноза
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix
print(confusion_matrix(y_test, y_pred))
print(classification_report(y_test, y_pred))

[[1]]
```

	precision	recall	f1-score	support
10,6	1.00	1.00	1.00	1
accuracy			1.00	1
macro avg	1.00	1.00	1.00	1
weighted avg	1.00	1.00	1.00	1

Рис. 3. Прогноз обучающей модели (выполнено авторами)
Fig. 3. The forecast of the training model (completed by the authors)

- построение дерева решений (рис. 4):

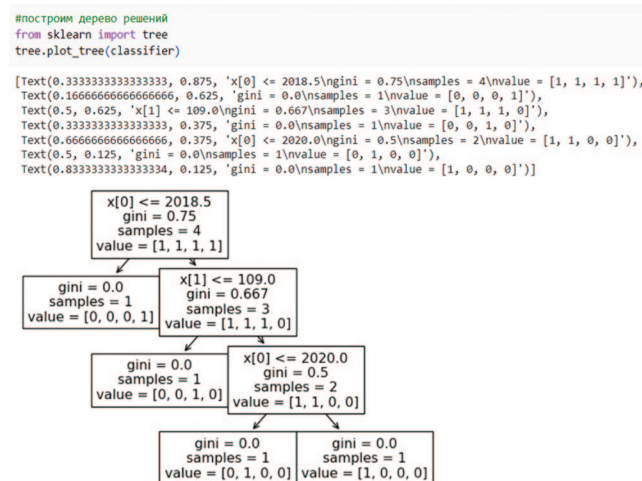


Рис. 4. Построение дерева решений (выполнено авторами)
Fig. 4. Building a decision tree (completed by the authors)

- проверка прогноза (рис. 5):

```
#прогноз
y_pred = classifier.predict(x_test)
y_pred

array(['10,6'], dtype=object)

#проверка прогноза
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix
print(confusion_matrix(y_test, y_pred))
print(classification_report(y_test, y_pred))

[[1]]
      precision    recall  f1-score   support

   10,6         1.00      1.00      1.00         1

 accuracy         1.00
 macro avg         1.00
 weighted avg         1.00
```

Рис. 5. Проверка прогноза (выполнено авторами)
Fig. 5. Checking the forecast (completed by the authors)

Вывод диаграммы вероятностной зависимости между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости органов дыхания показывает наличие зависимости, однако она не является линейной (рис. 6):

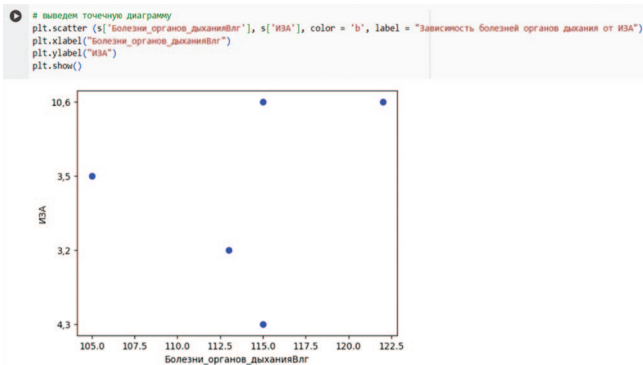


Рис. 5. Проверка прогноза (выполнено авторами)
Fig. 5. Checking the forecast (completed by the authors)

Алгоритм прогнозирования воздействия комплекса факторов окружающей среды

В качестве исследования была выбрана задача прогнозирования возникновения заболевания одной из групп у человека при известных числовых показателях воздействия окружающей среды.

Предлагается применить метод ансамблевого машинного обучения в виде алгоритма случайного леса и дерева решений на примере набора данных с помощью языка программирования Python, где в качестве признаков будут использоваться числовые показатели воздействия различных факторов на организм человека, а в качестве целевой переменной – группы болезней, которые могут возникнуть [20].

Дерево решений – это структура данных, которая представляет собой древовидную модель принятия решений в виде логических правил. Каждый узел дерева представляет собой признак, по которому происходит разделение данных, а каждое ребро – условие (например, «больше 30 лет»). Листовые узлы дерева содержат предсказание (например, класс объекта).

Процесс построения дерева решений включает следующие этапы:

1. Выбор признака для разделения дерева на узлы:

На каждом узле дерева выбирается признак, который наилучшим образом разделяет данные на подгруппы. Этот выбор осуществляется на основе критерия информативности.

2. Разделение данных:

После выбора признака происходит разделение данных на две или более подгруппы в зависимости от значения выбранного признака.

3. Построение поддеревьев:

Для каждой подгруппы данных происходит рекурсивное построение поддерева, повторяя процесс выбора признака и разделения данных.

4. Остановка построения дерева:

Построение дерева может быть остановлено при достижении определенного критерия, например, максимальной глубины дерева, минимального числа объектов в листе или при отсутствии улучшения качества разделения.

Деревья решений могут быть склонны к переобучению, поэтому модель случайного леса использует несколько деревьев для уменьшения этого эффекта. Каждое дерево обучается на случайной подвыборке данных и случайном подмножестве признаков, что способствует разнообразию деревьев и повышению качества модели.

В качестве параметров были выбраны следующие факторы: уровни взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота, диоксида серы и оксида азота в атмосферном воздухе, нитратов, ртути, бензола, марганца, свинца в почве, а также уровни железа, меди, цинка и фенола в водопроводной воде, уровень радиоактивной нагрузки.

В качестве предсказываемых классов рассматриваются заболевания органов дыхания, заболевания печени и почек, онкологические заболевания, сердечно-сосудистые заболевания, отсутствие заболеваний. Ниже приведена ►►

реализация алгоритма случайного леса:

Загрузка необходимых библиотек:

```

• from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
• from sklearn.model_selection import train_test_split
• from sklearn.metrics import accuracy_score

```

Далее разделяем данные на обучающий и тестовый наборы, здесь X – параметры воздействия окружающей среды, Y – величина, принадлежащая к одному из классов: заболевание органов дыхания, заболевание печени и почек, онкологическое заболевание, сердечно-сосудистое заболевание, отсутствие заболеваний.

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Инициализация и обучение модели Random Forest:

```

clf = RandomForestClassifier()
clf.fit(X_train, y_train)

```

Предсказание на тестовом наборе:

```
y_pred = clf.predict(X_test)
```

Оценка качества модели:

```

accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print("Accuracy:", accuracy)

```

На основе посчитанных моделью весов можно сделать выводы о том, какие факторы наиболее существенно влияют на возникновение тех или иных заболеваний. Получить веса можно с помощью приведенного ниже кода:

```

importances = clf.feature_importances_
for class_idx, class_name in enumerate(
    (clf.classes_):
    print(f"Class: {class_name}")
    for idx, importance in enumerate(importances[class_idx]):
    print(f"Feature {idx}: Importance {importance}")
    print("\n")

```

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение собранных материалов и проведенный анализ на примере Волгоградской области показал, что имеется вероятностная зависимость между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости органов дыхания среди детского населения, однако она не является линейной.

По расчетам в электронной таблице Microsoft Excel значение коэффициента корреля-

ции равно 0,7 что свидетельствует о наличии положительной зависимости между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости органов дыхания, не являющейся линейной (рис. 2). В облачном сервисе Google Collab с помощью метода лесов можно сделать прогноз и его оценку, а также построить точечную диаграмму зависимостей. Мы видим, что в обеих цифровых технологиях существует положительная связь между факторами загрязнения атмосферного воздуха и болезнями органов дыхания.

Для прогнозирования воздействия комплекса факторов окружающей среды на здоровье населения предлагается применить метод ансамблевого машинного обучения в виде алгоритма случайного леса и дерева решений на примере набора данных с помощью языка программирования Python, где в качестве признаков будут использоваться числовые показатели воздействия различных факторов на организм человека, а в качестве целевой переменной – группы болезней, которые могут возникнуть.

Для обучения модели возможно применение баз данных на основе мониторинга факторов прошлых лет. Подойдут данные с разных инфраструктурных территорий страны и рассмотрением различных показателей.

Уже к обученной модели можно подключать как большие объёмы, такие как анализ состава воздуха по городу, так и локальные, собранные непосредственно в исследуемом помещении.

Существуют обновляемые в реальном времени базы данных, которые позволяют проводить операции ввода/изменения данных и получать актуальные результаты немедленно. Примерами таких баз данных являются Apache Kafka, Amazon DynamoDB, Google Firebase Realtime Database и другие. Эти базы данных позволяют мгновенно обновлять информацию и реагировать на изменения в реальном времени. Именно одну из таких можно использовать для прогнозирования и мониторинга зависимости.

В качестве сбора данных можно использовать различные датчики и анализаторы, обслуживание которых будет быстрым и простым. Для удобства и упрощения на каждый фактор можно завести отдельный датчик, передающий информацию в обновляемую базу данных.

ВЫВОДЫ

1. Для исследования зависимостей уровня заболеваемости от факторов окружающей среды можно использовать различные виды цифровых моделей.

2. Степень воздействия вредных факторов окружающей среды можно установить только на основании закона больших чисел, так как количественные закономерности массовых явлений проявляются лишь в достаточно большом их числе [20–26].

3. Корреляционный анализ показателей загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемости детей от 0 до 14 лет по болезням органов дыхания по Волгоградской области за пять лет, проведенный по двум цифровым технологиям, показывает наличие положительной связи

между факторами загрязнения атмосферного воздуха и болезнями органов дыхания. Однако эта зависимость не является линейной.

4. Для комплексной оценки факторов окружающей среды на здоровье человека нами предлагается применить модель случайного леса машинного обучения на наборе данных факторов окружающей среды. На основе посчитанных моделью весов можно сделать выводы о том, какие факторы наиболее существенно влияют на возникновения тех или иных заболеваний.

5. Преимущество цифровой платформы сбора и обработки данных перед отдельными модулями в том, что она позволяет осуществить в одном месте все показатели региона, выполнить анализ данных, автоматически сообщать сигналы, где возникают риски негативного воздействия на здоровье. ▄

ЛИТЕРАТУРА

1. Atmospheric air pollution. The World Health Organization 2022. [Electronic resource]. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-\(out-door\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-(out-door)-air-quality-and-health)
2. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Лебедева Н.А. Модифицируемые факторы среды помещения: влияние на здоровье человека и цифровой мониторинг. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2023;9(1):21–48. [Lebedev G.S., Shaderkin I.A., Lebedeva N.A. Modifiable Indoor Environmental Factors: Impact on Human Health and Digital Monitoring. *Rossiyskiy zhurnal telemeditsiny i elektronnoogo zdravookhraneniya = Russian Journal of Telemedicine and E-Health* 2023;9(1):21–48. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-21-48>
3. Куролап С.А., Клепиков О.В. Экологические риски территорий интенсивного техногенного освоения: монография. *Цифровая полиграфия* 2019:191. [Kurolap S.A., Klepikov O.V. Ecological risks of territories of intensive technogenic development: monograph. *Digital Printing* 2019:191. (In Russian)].
4. Гребенева О.В., Сакиев К.З., Отарбаева М.Б., Жанбасинова Н.М. Построение моделей, отражающих влияние окружающей среды на состояние здоровья населения, в программе Statistica. *Гигиена труда и медицинская экология* 2017;54(1):54–89. [Grebeneva O.V., Sakiev K.Z., Otarbaeva M.B., Zhanbasinova N.M. Building models reflecting the impact of the environment on the health of the population in the Statistica program. *Gigiyena truda i meditsinskaya ekologiya = Occupational hygiene and medical ecology* 2017;54(1):54–89. (In Russian)].
5. Коротков П.А., Трубянов А.Б., Авдеева А.А., Гисмиева А.И. Статистический анализ влияния загрязнения среды обитания на заболеваемость населения в Республике Марий Эл. *Статистика и Экономика* 2020;17(3):58–66. [Korotkov P.A., Trubyanov A.B., Avdeeva A.A., Gismieva A.I. Statistical Analysis of Environmental Pollution Impact on Population Morbidity in the Republic of Mari El. *Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics* 2020;17(3):58–66. (In Russian)]. <https://doi.org/10.21686/2500-3925-2020-3-58-66>
6. Нифонтов Н.С., Маслова Е.Ю. Закон больших чисел и теорема Чебышева. *Вестник Академии знаний* 2017;20(1):23–5. [Nifontov N.S., Maslova E.Yu. The law of large numbers and Chebyshev's theorem. *Vestnik Akademii znaniy = Bulletin of the Academy of Knowledge* 2017;20(1):23–5. (In Russian)].
7. Абдуганиева Ш.Х., Никонорова М.Л. Цифровые решения в медицине. *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины* 2022;12(2):73–85. [Abduganieva Sh.Kh., Nikonorova M.L. Digital solutions in medicine. *Krymskiy zhurnal eksperimental'noy i klinicheskoy meditsiny = Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine* 2022;12(2):73–85. (In Russian)]. <https://doi.org/10.37279/2224-6444-2022-12-2-73-85>
8. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2022 году». Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. ТЕМПОРА 2023:300. [Электронный ресурс]. [Report «On the state of the environment of the Volgograd region in 2022». Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Volgograd region. ТЕМПОРА 2023:300. [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: https://oblkomprirroda.volgograd.ru/upload/iblock/5d6/Ekologiya_2023-_1_.pdf
9. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2022 году». [Электронный ресурс]. [State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Volgograd region in 2022» [Electronic resource]. (In Russian)]. URL:https://34.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/14a/230523_34_ГД_2022_28.02.23.pdf
10. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2021 году». [Электронный ресурс]. [State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Volgograd region in 2021» [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: https://34.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/ecc/34_ГД_2021.pdf
11. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2020 году». [Электронный ресурс]. [State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Volgograd region in 2020» [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: <https://34.rospotrebnadzor.ru/content/282/11816/>
12. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2019 году» [Электронный ресурс]. [State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Volgograd region in 2019» [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: https://34.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/72e/34_ГД_2019.pdf
13. Медико-санитарный атлас Волгоградской области по данным СГМ за 2022 год. Часть 1. [Электронный ресурс]. [The medical and sanitary atlas of the Volgograd region according to the SGM data for 2022. Part 1. [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: <https://34.rospotrebnadzor.ru/content/204/14166/>
14. Статистические издания. Здравоохранение в России [Электронный ресурс]. [Statistical publications. Healthcare in Russia [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218>
15. Клепиков О.В., Самойлов А.С., Ушаков И.Б., Попов В.И., Куролап С.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды промышленного города. *Гигиена и санитария* 2018;97(8):686–92. [Klepikov O.V., Samoilov A.S., Ushakov I.B., Popov V.I., Kurolap S.A. Comprehensive assessment of the state of the environment of an industrial city. *Gigiyena i sanitariya = Hygiene and sanitation* 2018;97(8):686–92. (In Russian)].
16. Лазарева Н.В. Комплексная оценка состояния репродуктивного и соматического здоровья населения от воздействия факторов риска окружающей среды. *Медико-фармацевтический журнал «Пulse»* 2015;17(4):277–82. [Lazareva N.V. Comprehensive assessment of the state of reproductive and somatic health of the population from the effects of environmental risk factors. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal «Pul's» = Medical and pharmaceutical journal «Pulse»* 2015;17(4):277–82. (In Russian)].
17. Лимановская О.В., Алферьева Т.И. Основы машинного обучения : учебное пособие. Издательство Уральского университета 2020:88. [Limanovskaya O.V., Alfereva T.I. Fundamentals of Machine Learning: Tutorial. Ural University Publishing House 2020:88.].
18. Картиев С.Б., Курейчик В.М. Алгоритм классификации, основанный на принципах случайного леса, для решения задачи прогнозирования. Программные продукты и системы 2016;30:11–5. [Kartiev S.B., Kureichik V.M. A classification algorithm

ЛИТЕРАТУРА

based on random forest principles to solve the forecasting problem. *Programmnyye produkty i sistemy = Software products and systems* 2016;30:11-5. (In Russian)].

19. Баширов А.Н., Воронов В.И. Прогнозирование вероятности возникновения бронхиальной астмы у детей с применением алгоритма случайного леса. *Современные наукоемкие технологии* 2019;12(2):249-55. [Bashirov A.N., Voronov V.I. Forecasting the probability of bronchial asthma in children using the random forest algorithm. *Sovremennyye naukoemkiye tekhnologii = Modern science-intensive technologies* 2019;12(2):249-55. (In Russian)]. <https://doi.org/10.17513/snt.37867>

20. Guido S., Mueller A. Introduction to Machine Learning with Python. O'Reilly Media Inc. 2016. [Electronic resource]. URL: https://inprogammer.com/wp-content/uploads/2023/02/Andreas-C.-Muller-Sarah-Guido-Introduction-to-Machine-Learning-with-Python_-A-Guide-for-Data-Scientists.pdf

21. «РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы». [Электронный ресурс]. [«RD 52.04.186-89. Guidelines for the control of atmospheric pollution». [Electronic resource]. (In Russian)]. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=10899-0&req=doc&rnd=GAJmA&base=ESU&n=24758#OV9YHCUR9NCURxO9>

22. Игнатьева Л.П., Потапова М.О., Чирцова М.В. Эколого-гигиенические критерии оценки загрязнения атмосферного воздуха: учебное пособие для студентов. ИГМУ 2022:79. [Ignatieva L.P., Potapova M.O., Chirtsova M.V. Ecological and hygienic criteria for assessing atmospheric air pollution: a textbook for students. IGМУ 2022:79].

23. Богданова А.М., Тымченко С.Л., Евстафьева Е.В. Алгоритм анализа данных медицинской статистики с оценкой экологически обусловленной заболеваемости в регионе. *Вычислительная биология и искусственный интеллект для*

персонализированной медицины 2022. [Bogdanova A.M., Tymchenko S.L., Evstafyeva E.V. Algorithm for analyzing medical statistics data with an assessment of ecologically determined morbidity in the region. *Vychislitel'naya biologiya i iskusstvennyy intellekt dlya personalizirovannoy meditsiny = Computational biology and artificial intelligence for personalized medicine* 2022. (In Russian)]. <http://dx.doi.org/10.14341/CBAI-2022-9>

24. Галеева Э.М., Галимова Р.Г., Теплова Д.С. К вопросу о комплексной оценке состояния окружающей среды в г. Уфа. *Российский журнал прикладной экологии* 2018;13(1):47-51. [Galeeva E.M., Galimova R.G., Teplova D.S. On the issue of a comprehensive assessment of the state of the environment in Ufa. *Rossiyskiy zhurnal prikladnoy ekologii = Russian Journal of Applied Ecology* 2018;13(1):47-51. (In Russian)].

25. Табаров С.Ф. Модель системы мониторинга и анализа состояния окружающей среды на примере субъектов РФ. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета* 2023;8(2):207-26. [Tabarov S.F. Model of the environmental monitoring and analysis system on the example of the subjects of the Russian Federation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Voronezh State Agrarian University* 2023;8(2):207-26. (In Russian)].

26. Табаров С.Ф. Методология отбора экологических показателей для оценки качества окружающей среды в регионах РФ. *Геополитика и экодинамика регионов* 2022;8(4):13-21. [Tabarov S.F. Methodology of selecting environmental indicators for assessing environmental quality in the regions of the Russian Federation. *Geopolitika i ekodinamika regionov = Geopolitics and ecodynamics of regions* 2022;8(4):13-21. (In Russian)].

Сведения об авторах:

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; РИНЦ Author ID 695560, <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Дьяченко А.П. – студентка Волгоградского государственного медицинского университета; Волгоград, Россия

Чулюкова Е.А. – студентка Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; Москва, Россия

Пшеничный Т.В. – студент Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; Москва, Россия

Ковека Л.В. – студентка Южно-Уральского государственного медицинского университета; Челябинск, Россия

Храмцова В.Е. – студентка Южно-Уральского государственного медицинского университета; Челябинск, Россия

Гугнявых Н.С. – студент Санкт-Петербургского государственного университета; Санкт-Петербург, Россия

Кузьмина А.И. – студентка Санкт-Петербургского государственного университета ветеринарной медицины; Санкт-Петербург, Россия

Вклад авторов:

Шадеркин И.А. – определение научного интереса, дизайн исследования, 30%
 Дьяченко А.П. – литературный обзор, статистические данные, 10%
 Чулюкова Е.А. – написание текста, математическая обработка, 10%
 Пшеничный Т.В. – написание текста, математическая обработка, 10%
 Ковека Л.В. – литературный обзор, статистические данные, 10%
 Храмцова В.Е. – литературный обзор, математическая обработка, 10%
 Гугнявых Н.С. – написание текста, статистические данные, 10%
 Кузьмина А.И. – написание текста, математическая обработка, 10%

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 11.11.23

Результат рецензирования: 18.12.23

Принята к публикации: 20.12.23

Information about authors:

Shaderkin I.A. – PhD, Head of the Laboratory of Electronic Health, Institute of Digital Medicine, Sechenov University; Moscow, Russia; info@uroweb.ru, RCSI Author ID 695560; <https://orcid.org/0000-0001-8669-2674>

Dyachenko A.P. – student of Volgograd State Medical University; Volgograd, Russia

Chulyukova E.A. – student of Lomonosov Moscow State University; Moscow, Russia

Pshenichny T.V. – student of Lomonosov Moscow State University; Moscow, Russia

Koveka L.V. – student of the South Ural State Medical University; Chelyabinsk, Russia

Khramtsova V.E. – student of the South Ural State Medical University; Chelyabinsk, Russia

Gugnyavykh N.S. – student of St. Petersburg State University; St. Petersburg, Russia

Kuzmina A.I. – student of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine; St. Petersburg, Russia

Authors Contribution:

Shaderkin I.A. – identification of scientific interest, research design, 30%
 Dyachenko A.P. – literature review, statistical data, 10%
 Chulyukova E.A. – text writing, mathematical processing, 10%
 Wheat T.V. – text writing, mathematical processing, 10%
 Koveka L.V. – literature review, statistical data, 10%
 Khramtsova V.E. – literature review, mathematical processing, 10%
 Gugnyavykh N.S. – text writing, statistical data, 10%
 Kuzmina A.I. – text writing, mathematical processing, 10%

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

Financing. The study was performed without external funding.

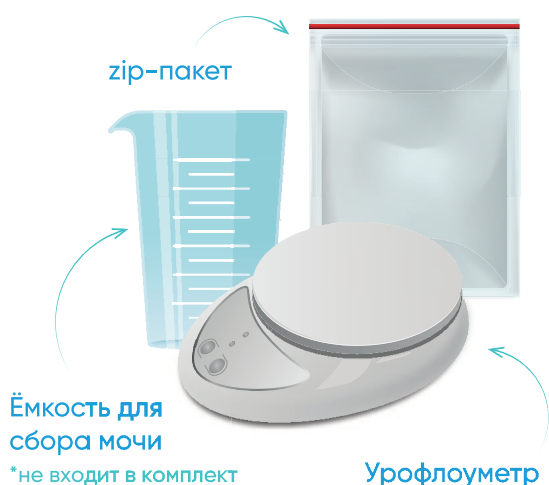
Received: 11.11.23

Review result: 18.12.23

Accepted for publication: 20.12.23

ПОРТАТИВНЫЙ УРОФЛОУМЕТР «ФЛОУСЕЛФИ»

- › Портативный урофлоуметр для использования в амбулаторных и домашних условиях
- › Возможность суточного мониторинга нарушений мочеиспускания
- › Автоматическое построение дневника мочеиспускания
- › Возможность использования в режиме взвешивания



Описание

- Соответствует лабораторному оборудованию
- Результат – моментально
- В памяти прибора можно хранить 50 урофлоуграмм – 128 кБ
- Результаты легко отправить врачу через любой мессенджер, электронную почту, сохранить в формате pdf, распечатать
- Компактен, весит 160 г, легко взять в дорогу
- Количество процедур не ограничено
- Можно применять как в лечебном учреждении, так и в домашних условиях

Исследуемые параметры

1. Регистрирует дату и время начала проведения анализа.
2. Вычисляет время от начала обследования до начала мочеиспускания (время отсрочки) (в сек).
3. Вычисляет и отображает среднюю скорость мочеиспускания (в мл/с).
4. Вычисляет максимальную скорость за время мочеиспускания (в мл/с).
5. Вычисляет общий объем мочи (в мл).
6. Вычисляет общую продолжительность мочеиспускания (в сек).
7. Вычисляет общее время от начала старта мочеиспускания до выключения кнопки «СТОП».
8. Вычисляет и выводит данные в виде урофлоуграммы.
9. Сохраняет и хронологически нумерует серию урофлоуграмм в памяти мобильного устройства за период обследования.

Скачайте приложение
для Android или IOS



jtelemed.ru

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «УРОМЕДИА»