

Арктика и Север. 2025. № 58. С. 200–211.

Научная статья

УДК: [004.946:61](985)(045)

DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2025.58.200>

Технологии виртуальной и дополненной реальности в системе здравоохранения арктических регионов Российской Федерации

Хаймина Людмила Эдуардовна^{1✉}, кандидат педагогических наук, доцент

Зеленина Лариса Ивановна², кандидат технических наук, доцент

Хаймин Евгений Сергеевич³, старший преподаватель

Федькушова Светлана Ивановна⁴, преподаватель

^{1, 2, 3} Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, набережная Северной Двины, 17, Архангельск, Россия

² Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Средний проспект В.О., 57/43, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Архангельский торгово-экономический колледж, пр. Обводный канал, 12, Архангельск, Россия

¹ l.khaimina@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4552-0440>

² l.zelenina@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0155-3139>

³ e.khaymin@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0523-3623>

⁴ sif-7@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9545-5230>

Аннотация. Виртуальная и дополненная реальность как одна из сквозных технологий цифровой экономики в настоящее время имеет широкое практическое применение в сфере здравоохранения, помогая как врачам, так и пациентам. Технологии VR / AR позволяют наиболее эффективно проводить реабилитацию пациентов с заболеваниями опорно-двигательной системы, оказывают существенную помощь в работе с психосоматическими расстройствами, могут применяться в проведении хирургических операций. Кроме того, виртуальные врачи и медицинские сестры могут быть использованы для оказания медицинской помощи на дому; имеющиеся VR-приложения позволяют лучше вовлечь пациентов в терапию. VR / AR-решения, разрабатываемые в тесном сотрудничестве врачей и IT-специалистов, имеют большие перспективы развития. Результатом применения технологий виртуальной и дополненной реальности в системе медицинского обслуживания должно стать повышение качества предоставляемых медицинских услуг, что является особенно актуальным для отдалённых регионов. Регионы Арктической зоны Российской Федерации, являясь территориально распределёнными, удалёнными областями со сложными природно-климатическими условиями, ставят перед собой задачу развития высокотехнологичной медицинской помощи для улучшения качества жизни населения. Важным становится изучение и применение региональными медицинскими учреждениями передовых практик медицинских IT-решений, основанных на технологиях VR / AR.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, система здравоохранения, медицинские IT-решения, арктические регионы Российской Федерации

* © Хаймина Л.Э., Зеленина Л.И., Хаймин Е.С., Федькушова С.И., 2025

Для цитирования: Хаймина Л.Э., Зеленина Л.И., Хаймин Е.С., Федькушова С.И. Технологии виртуальной и дополненной реальности в системе здравоохранения арктических регионов Российской Федерации // Арктика и Север. 2025. № 58. С. 200–211. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2025.58.200>

For citation: Khaymina L.E., Zelenina L.I., Khaymin E.S., Fedkushova S.I. Virtual and Augmented Reality Technologies in the Healthcare System of the Arctic Regions of the Russian Federation. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2025, no. 58, pp. 200–211. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2025.58.200>



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Virtual and Augmented Reality Technologies in the Healthcare System of the Arctic Regions of the Russian Federation

Lyudmila E. Khaymina^{1✉}, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor

Larisa I. Zelenina², Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

Evgeniy S. Khaymin³, Senior Lecturer

Svetlana I. Fedkushova⁴, Lecturer

^{1, 2, 3} Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, Russia

² North-West Institute of Management of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (NWIM RANEPА), Sredniy pr., V.O., 57/43, Saint Petersburg, Russia

⁴ Arkhangelsk College of Commerce and Economics, pr. Obvodnyy kanal, 12, Arkhangelsk, Russia

¹ l.khaimina@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4552-0440>

² l.zelenina@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0155-3139>

³ e.khaymin@narfu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0523-3623>

⁴ sif-7@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9545-5230>

Abstract. Virtual and augmented reality, as one of the end-to-end technologies of the digital economy, currently has wide practical application in the field of healthcare, helping both doctors and patients. VR/AR technologies allow the most effective rehabilitation of patients with diseases of the musculoskeletal system, provide significant assistance in dealing with psychosomatic disorders, and can be used in surgical operations. In addition, virtual doctors and nurses can be used to provide medical care at home; existing VR applications allow for better involvement of patients in therapy. VR/AR solutions developed in close cooperation of doctors and IT specialists have great development prospects. The application of virtual and augmented reality technologies in the medical care system should result in improved quality of medical services, which is especially important for remote regions. The regions of the Arctic zone of the Russian Federation, being geographically distributed, remote areas with difficult natural and climatic conditions, set themselves the task of developing high-tech medical care to improve the quality of life of the population. It becomes important for regional medical institutions to study and apply the best practices of medical IT solutions based on VR/AR technologies.

Keywords: *virtual reality, augmented reality, healthcare system, medical IT solutions, Arctic regions of the Russian Federation*

Введение

Виртуальная реальность (Virtual reality, VR), являясь искусственным миром, созданным на основе различных аппаратных средств (компьютеров, шлемов, очков), представляет собой подобие реального мира в цифровой форме. VR воспринимается органами чувств человека, создаваемые при этом эффекты способны вызывать у человека ощущения, практически ничем не отличающиеся от реальных.

Дополненная реальность (Augmented reality, AR) является технологией взаимодействия компьютера и человека, основой которой является система оптического трекинга. При этом на картину реального мира накладываются дополнительные сведения, с помощью программных средств визуально совмещается естественный мир вокруг человека и созданный на компьютере виртуальный мир. Используемая при этом камера распознает маркеры из

реального окружения, перемещая их в виртуальную среду, накладывая тем самым один слой реальности на другой ¹.

Мультиэкспериментальность, основанная на технологиях VR / AR, является стратегической технологической тенденцией развития современного мира. VR / AR-продукты активно внедряются в маркетинге, ритейле, промышленности, образовании, медицине и многих других отраслях ².

В соответствии с дорожной картой развития «Сквозной цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности», VR / AR-решения призваны обеспечить технологическое лидерство РФ ³. Эффективность от внедрения VR / AR-технологий в систему здравоохранения может позволить не только снизить число людей, полностью или частично потерявших работоспособность (с помощью реабилитации в виртуальной реальности), но и значительно уменьшить количество допускаемых ошибок специалистами, прошедшими обучение с применением VR / AR.

Таким образом, следствием применения VR / AR-технологий в медицине должно стать не только повышение уровня работоспособности населения, но и повышение качества предоставляемых медицинских услуг, в том числе в отдалённых регионах Российской Федерации. Развитие высокотехнологичной медицинской помощи является особенно актуальным вопросом для медицинских учреждений арктических регионов, являющихся территориально распределёнными территориями с суровыми природно-климатическими условиями [1].

Технологии VR/AR в системе здравоохранения

В настоящее время технологии виртуальной реальности имеют достаточно широкое применение для решения многих задач медицины ⁴:

1. Проведение операций

Данные, полученные с помощью МРТ и КТ, используются для создания виртуальной модели пациента, которая может быть использована хирургами для подготовки и проведения сложных операций. Примером использования AR-технологий может стать первая операция, проведенная в 2020 г в Ставрополье с использованием AR-очков, позволяющих хирургу визуализировать голограмму в 3D-объёме, дающая возможность представления данных, например, по истории болезни, данных компьютерных томограмм пациента и проч. При

¹ EligoVision представляет новую безмаркерную технологию дополненной реальности. URL: <https://b2blogger.com/pressroom/107882.html> (дата обращения: 11.03.2024).

² Технология дополненной реальности AR. URL: https://funreality.ru/technology/augmented_reality/ (дата обращения: 11.03.2024).

³ Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «технологии виртуальной и дополненной реальности». URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019vvar.pdf> (дата обращения: 11.03.2024).

⁴ AR и VR для медицины: применение на практике. URL: <https://slldigital.com/article/ar-i-vr-dlya-mediciny-primenenie-na-praktike/#resheniya-vr-i-ar-dlya-meditsiny-na-etape-testirovaniya-i-issledovaniy> (дата обращения: 11.03.2024).

необходимости одним нажатием руки врач может во время операции спроецировать их перед собой ⁵.

2. Реабилитация пациентов после инсультов и травм

По данным медицинских исследований, большинство пациентов выполняют менее одной трети упражнений, необходимых для восстановления после перенесённых инсультов или травм. VR-шлемы или VR-очки позволяют с помощью геймификации сделать процесс восстановления более продуктивным и эффективным [2–4].

3. Психологическая реабилитация

VR-технологии, позволяющие создать среду, в которой пациент может «соприкоснуться» с объектами собственных страхов, могут эффективно применяться для борьбы с различного рода переживаниями, фобиями [5].

Следует также отметить, что технологии VR / AR широко используются при обучении врачей. Примером может явиться разработанная сотрудниками госкорпорации «Ростех» компьютерная система генерации изображений в виртуальном пространстве, позволяющая не только обучать студентов-медиков базовым навыкам эндоскопии (осмотр внутренних органов пациента для постановки диагноза) и отрабатывать технологию лапароскопии, но и эффективно разрабатывать сценарий проведения операции опытным хирургам, определяя ведущую стратегию проведения хирургического вмешательства, учитывая индивидуальные особенности пациента. Применение таких технологий, несомненно, снижает уровень возможности врачебной ошибки, а соответственно, и риски для жизни пациентов ⁶.

В настоящее время также разрабатываются аппаратно-программные комплексы, позволяющие применять VR / AR технологии в области офтальмологии, лечении психических расстройств, диагностики различных заболеваний, развития коммуникативных навыков и многое другое. Рассмотрим некоторые из них.

Виртуальная стоматология

Цифровые системы, используемые в современной стоматологии, позволяют создавать виртуальные 3D-модели, с высоким уровнем точности отражающие индивидуальные особенности пациента, и, как следствие, способствуют оказанию качественных ортопедических услуг различной степени сложности. «Умные очки», отображающие трёхмерную модель зубов, позволяют стоматологу обучиться и применить полученные навыки на практике при выполнении различных стоматологических процедур, например, лечении зуба с помощью виртуального сверла [4].

⁵ Ставропольские хирурги оперируют с помощью очков дополненной реальности. URL: <https://yandex.ru/video/preview/3086181533500027034> (дата обращения: 11.03.2024).

⁶ Цифровой океан.РФ. «РОСТЕХ» сделал виртуальный тренажер для хирургов. Он поможет обучать студентов. URL: <https://digitalocean.ru/n/rostech-surgery> (дата обращения: 11.03.2024).



Рис. 1. Виртуальная реальность в стоматологии ⁷.

Нейрореабилитация

Виртуальная реальность, моделируя пространство, необходимое для восстановления повреждённого мозга, погружает его в обстановку, в которой восстанавливаются нейронные связи (алгоритм обратной биологической связи). Неврологи считают возможности применения VR-технологий для реабилитации больных, перенёсших инсульт, перспективными. Примером может стать разработанная методика «3D-аудиовизуализации», позволяющая восстанавливать двигательные функции руки на основе «стимуляции моторного воображения через визуальную обратную связь» [2; 3; 4].

Конечно, обозначенные выше области медицины являются не единственным примером использования технологий виртуальной и дополненной реальности. В настоящее время VR / AR может быть применимо при изучении вопросов старения человека (геронтологии) ⁸; виртуальные врачи и медицинские сёстры могут быть использованы для оказания медицинской помощи на дому; имеющиеся VR-приложения позволяют лучше вовлекать пациентов в терапию, помогая человеку самостоятельно преодолевать хронические боли, беспокойства или проходить реабилитацию, например, восстанавливая функции суставов.

В настоящее время в Российской Федерации формируются открытые площадки, в базах знаний которых содержится информация об актуальных цифровых технологиях (готовых программных решениях и практиках применения), в том числе и VR / AR, в различных прикладных областях, немалую часть из которых составляет направление медицины. Примером может стать московская платформа цифровых решений ICT.Moscow.

⁷ Виртуальная реальность в стоматологии уже очень даже реальна. URL: <https://stomatologclub.ru/stati/stomatologiya-8/virtualnaya-realnost-v-stomatologii-uzhe-ochen-dazhe-realna-2443/> (дата обращения: 11.03.2024).

⁸ Виртуальная реальность для пожилых людей. URL: <https://evercare.ru/news/virtualnaya-realnost-dlya-pozhilykh-lyudey> (дата обращения: 11.03.2024).

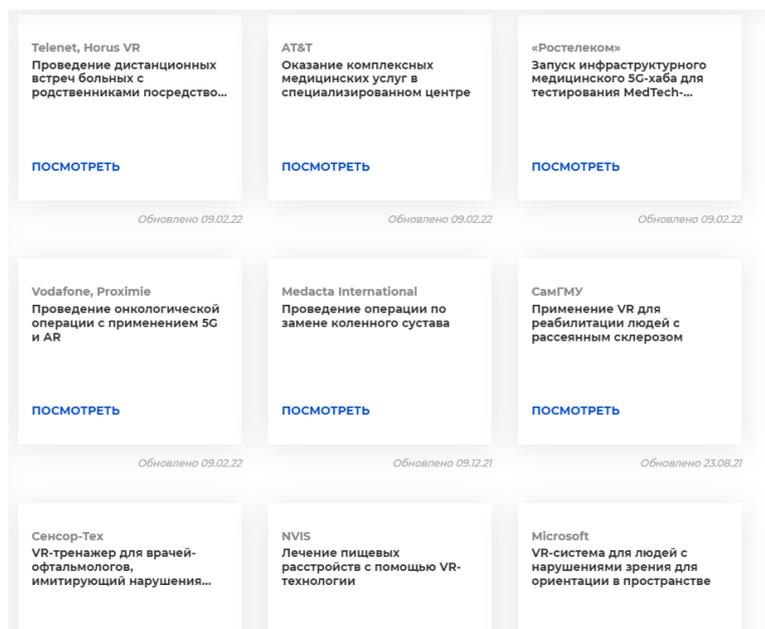


Рис. 2. ICT.Moscow: некоторые кейсы использования применения технологий VR и AR в сфере MedTech ⁹.

В рамках Национальной технологической инициативы активно формируются центры компетенций для создания инновационных решений в области сквозных технологий, одним из которых является Центр компетенций НТИ, созданный на базе Дальневосточного федерального университета (направление «Нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности»). Приоритетным проектом Центра является метод реабилитации пациентов, перенёсших инсульт (нарушение вестибулярного аппарата и опорно-двигательной системы), на основе тактильной обратной связи с использованием технологий виртуальной реальности. VR-тренажёр включает в себя комплекс упражнений нескольких уровней сложности, содержащий систему мотивации, основанную на элементах геймификации. VR-тренажёр синхронизирован с костюмом тактильной обратной связи TeslaSuit, дающим адекватную оценку состояния мышц пациента в результате проведённого сеанса и воздействующим на неработающие / некорректно работающие группы мышц, стимулируя их. С применением данного комплекса прогнозируется повышение эффективности реабилитационного процесса не менее чем на 25% ¹⁰.

⁹

ICT.Moscow.

URL:

<https://ict.moscow/cases/?sphere=medtech%2Ccovid-tech&technology=vr%2Car&filtersOrder=category%2Ctechnology> (дата обращения: 11.03.2024).



Рис. 3. Реабилитационный программно-аппаратный комплекс ¹⁰.

Практики применения VR/AR технологий в системе здравоохранения Арктической зоны России

Виртуальная реальность для профилактики и лечения ментальных заболеваний

Резидент IT-парка «Якутия» компания Revgo представила цифровое решение лечения депрессивных расстройств на основе использования VR-шлема. С помощью гарнитуры и приложения человек оказывается в цифровой среде: в помещении, где находится плачущий подросток (похожий на пациента), которого необходимо успокоить, поддержать, похвалить. После того, как цель будет достигнута, пациент сам оказывается на месте подростка и уже слышит комплименты и слова поддержки в свой адрес.



Рис. 4. Терапия ментальных заболеваний на основе VR-технологий ¹¹.

Так, игровой сценарий позволяет справляться с психологическими проблемами, связанными с низким уровнем самооценки, депрессивными расстройствами и фобиями различного характера, например, страхом перед публичным выступлением.

¹⁰ VR/AR Центр НТИ ДВФУ. URL: <https://vrnti.ru/med/rpak> (дата обращения: 11.03.2024).

¹¹ FB. Как с помощью VR-очков предлагают лечить депрессию: разработки из Белгорода и Якутии. URL: <https://fb.ru/post/gadgets-and-gizmos/2023/5/20/385220> (дата обращения 11.03.2024).

VR-технологии для восстановления опорно-двигательной системы детей и взрослых

IT-компания «Кинестетика» (республика Саха, Якутия) реализовала проект «Цифровая платформа для реабилитации детей с церебральным параличом PlantyGo». Данное решение подтвердило целесообразность использования технологий виртуальной реальности для сенсорно-моторной реабилитации детей с ДЦП и с другими видами нарушений опорно-двигательного аппарата. Трёхмерные изображения, анимация, компьютерная среда позволяют получать ребенку виртуальную сенсорную информацию, ощущать события и совершать реальные действия / движения¹². Таким образом, ребенок с ОВЗ с помощью видеоигры развивает опорно-двигательный аппарат, работая над реакцией и выносливостью.



Рис. 5. Цифровая платформа «Planty Go»¹³.

В Ямало-Ненецком автономном округе (г. Муравленко) в центре социального обслуживания населения функционирует комплекс «Девирта-Делфи»¹⁴, позволяющий проводить нейрореабилитацию конечностей (восстановление двигательной активности) пациентов с когнитивными и двигательными нарушениями после травм, операций и инсультов.

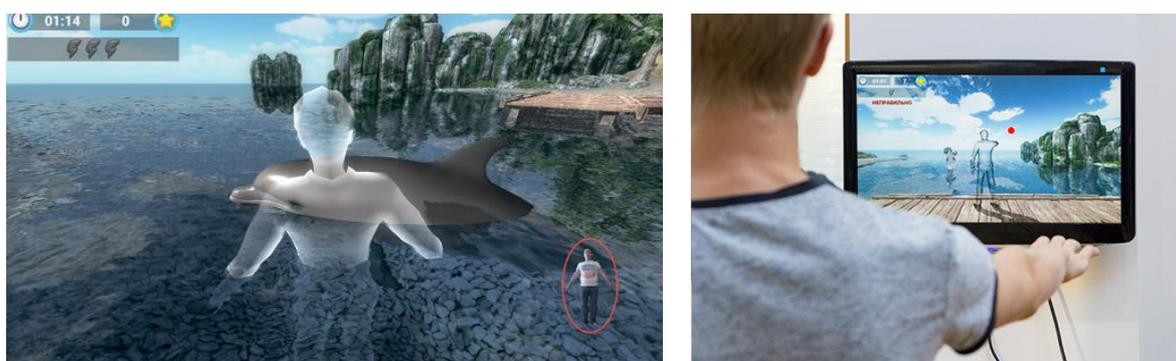


Рис. 6. Комплекс «Девирта-Делфи»¹⁵.

¹² EverCare. Проект «Цифровая платформа для реабилитации детей с церебральным параличом Planty Go». URL: <https://evercare.ru/news/proekt-cifrovaya-platforma-dlya-reabilitacii-detey-s-cerebralnym-paralichom-planty-go> (дата обращения: 11.03.2024).

¹³ Медтех-портал. Кинестетика: Planty Go. URL: https://zdrav.expert/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0:_Planty_Go (дата обращения: 11.03.2024).

¹⁴ Север Пресс. В центре соцобслуживания Муравленко горожане смогут пройти реабилитацию удаленно. URL: <https://sever-press.ru/news/zdorove/v-centre-socobsuzhivaniya-muravlenko-gorozhane-smogut-projti-reabilitaciju-udalенно/> (дата обращения: 11.03.2024).

¹⁵ Программа виртуальной нейрореабилитации для восстановления функций верхних и нижних конечностей «Девирта — делфи». URL: <https://www.istok-reatech.ru/catalog/item/2386/> (дата обращения: 11.03.2024).

Технологии виртуальной реальности, используя принцип обратной биологической связи, позволяют с большей эффективностью и интенсивностью проводить тренировки в искусственном трехмерном мире, давая при этом возможность видеть и пациенту, и врачу, как выполняются упражнения в режиме реального времени с реальным изображением пациента. Используемые при этом звуки дельфинов и игровая форма мотивируют человека на выполнение комплекса восстановительных упражнений.

Виртуальные симуляторы

На площадках Центра опережающей профессиональной подготовки Республики Саха (Якутия) проходят мастер-классы в формате профессиональных проб по направлениям для обучающихся. В рамках пробы по компетенции «IT-медик» было предложено пошаговое выполнение задач виртуального симулятора «COVID-19 VR Strikes Back»: обучающиеся осуществляли забор ПЦР-мазка на COVID-19 с применением VR-очков «Viva Focus Plus» через виртуальный симулятор «COVID-19 VR Strikes Back». Обучающимся в виртуальной реальности была предоставлена возможность выступить в качестве врача, реализующего конкретную медицинскую задачу¹⁶.

В Северо-Восточном федеральном университете им. М.К. Аммосова (Якутск) виртуальные технологии применяются для обучения практикующих врачей, ординаторов и интернов на основе использования ультразвукового симулятора «Шэлл». Виртуальный симулятор позволяет проводить обучение без пациента, совершенствовать практические навыки и умения проведения ультразвукового диагностирования в реалистических условиях, снижая при этом уровень возможных допускаемых ошибок, приводящих к негативным клиническим последствиям.

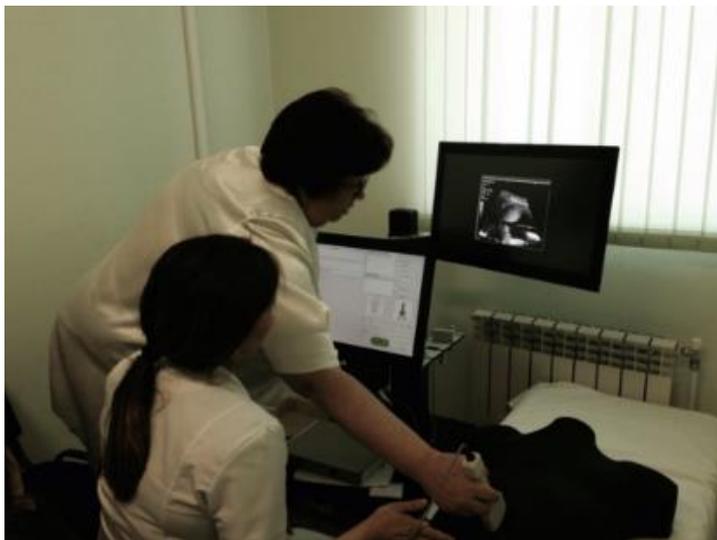


Рис. 7. Преподавание ультразвуковой диагностики¹⁷.

¹⁶ Yakutsk.bezformata. Обучающиеся вечерней школы прошли пробы в рамках проекта «Траектория карьеры». UR: <https://yakutsk.bezformata.com/listnews/obuchayushiesya-vecherney-shkoli-proshli/105825333/> (дата обращения: 11.03.2024).

¹⁷ Новые методы преподавания ультразвуковой диагностики с использованием симуляционных технологий. URL: <http://ultrasim.ru/index.php/stati/14-novye-metody-prepodavaniya-ultrazvukovoj-diagnostiki-s-ispolzovaniem-simulyatsionnykh-tekhnologij> (дата обращения: 11.03.2024).

Следует отметить, что значимость применения виртуальных симуляторов в обучении медицинского персонала велика. Практическая подготовка, развитие клинического мышления, приобретение практических навыков и умений — основные задачи симуляционных технологий в медицине. В Российской Федерации в настоящее время функционирует достаточное число компаний, предлагающих готовые решения, основанные на применении виртуальных симуляторов в обучении по таким направлениям медицины, как нейрохирургия, офтальмология, радиология, лапароскопия, стоматология и многие другие.

Заключение

Повышение качества медицинского обслуживания населения является приоритетной задачей в Российской Федерации. Цифровая трансформация в системе медицины, определяемая как «цифровое здоровье», призвана решить многие проблемные ситуации предоставления медицинских услуг, в т. ч. в учреждениях арктических регионов РФ. Довольно часто текущие задачи решаются с использованием технологий искусственного интеллекта [1; 6–8].

На сегодняшний день наблюдается значительное повышение уровня научного интереса к вопросу использования VR / AR в медицине [9–14]. Технологии виртуальной и дополненной реальности приходят на помощь пациентам и врачам, решая большой спектр задач, начиная с обучения и отработки практических навыков медицинского персонала и заканчивая лечением и реабилитацией пациентов.

Над использованием возможностей VR / AR технологий в медицине консолидированно работают учёные, IT-специалисты, представители медицинских учреждений и университетов. И, несомненно, важным становится применение передовых практик медицинских IT-решений, основанных на технологиях VR / AR, региональными медицинскими учреждениями.

Список источников

1. Хаймина Л.Э., Зеленина Л.И., Хаймин Е.С., Федькушова С.И. Искусственный интеллект в системе здравоохранения арктических регионов Российской Федерации // Арктика и Север. 2023. № 52. С. 232–245. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.52.232>
2. Саковский И.В. Возможности методики 3D-аудиовизуализации в восстановлении функции руки у больных с церебральным инсультом // Инновационные научные исследования в современном мире. Материалы III Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. Уфа: ООО «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2021. С. 115–126.
3. Воловик М.Г., Борзиков В.В., Кузнецов А.Н., Базаров Д.И., Полякова А.Г. Технологии виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации пациентов с ограниченными возможностями (обзор) // СТМ. 2018. Т. 10. № 4. С. 173–182. DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21>
4. Зеленский М.М., Рева С.А., Шадеркина А.И. Виртуальная реальность (VR) в клинической медицине: международный и российский опыт // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2021. № 7 (3). С. 7–20. DOI: <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-3-7-20>

5. Бофанова Н.С. Реализация концепции «4P-Медицина» посредством технологии виртуальной реальности в терапии психических расстройств // Бюллетень медицинской науки. 2023. № S3. С. 31–33.
6. Карпов О.Э., Храмов А.Е. Информационные технологии, вычислительные системы и искусственный интеллект в медицине. Москва: ДПК Пресс, 2022. 480 с.
7. Zelenina L., Khaimina L., Khaimin E., Khripunov D., Zashikhina I. Convolutional neural networks in the task of image classification // Mathematics and Informatics. 2022. Т. 65. Vol. № 1. Pp. 19–29. DOI: <https://doi.org/10.53656/math2022-1-2-con>
8. Трухачева Н.В., Пупырев Н.П. Цифровая медицина. 2-е изд. Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 169 с.
9. Рахматуллина Р.Д. Дополненная реальность в медицине // Теоретические и практические основы научного прогресса в современном обществе: монография / Под ред. Каскабаевой М.Р., Бахадирова Г.А. и др. Уфа: ООО «Аэтерна», 2023. С. 114–126.
10. Визгалин А.В. Использование технологий виртуальной и дополненной реальности в сфере здравоохранения // Материалы ССХIII международной научно-практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы». № 18 (213). Москва: Интернаука, 2021. С. 456–460.
11. Пашкова И.Г. Обзор применения технологий виртуальной и дополненной реальности при изучении анатомии // Медицинская наука и образование Урала. 2022. Т. 23. № 1 (109). С. 116–118. DOI: <https://doi.org/10.36361/1814-8999-2022-23-1-116-118>
12. Пижевский М.К. VR в медицине // Modern Science. 2020. № 6–4. С. 199–202.
13. Тарасенко Е.А., Эйгель М.Я. Виртуальная медицина: основные тенденции применения технологий дополненной и виртуальной реальности в здравоохранении // Врач и информационные технологии. 2021. № 2. С. 46–59. DOI: https://doi.org/10.25881/18110193_2021_2_46
14. Аксенова Е.И., Горбатов С.Ю. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в здравоохранении // Труды научно-исследовательского института организации здравоохранения и медицинского менеджмента: сб. науч. трудов. Москва: Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы, 2021. С. 242–261.

References

1. Khaymina L.E., Zelenina L.I., Khaymin E.S., Fedkushova S.I. Artificial Intelligence in the Healthcare System of the Arctic Regions of the Russian Federation. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2023, no. 52, pp. 232–245. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.52.232>
2. Sakovskiy I.V. Possibilities of 3D Audiovisual Technique in Restoring Hand Function in Patients with Cerebral Stroke. In: *Innovative Scientific Research in the Modern World. Materials of the III All-Russian Competition of Scientific Research Papers*. Ufa, Vestnik nauki Publ., 2021, pp. 115–126.
3. Volovik M.G., Borzikov V.V., Kuznetsov A.N., Bazarov D.I., Polyakova A.G. Virtual Reality Technology in Complex Medical Rehabilitation of Patients with Disabilities (Review). *Modern Technologies in Medicine*, 2018, vol. 10, no. 4, pp. 173–182. DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21>
4. Zelensky M.M., Reva S.A., Shaderkina A.I. Virtual Reality (VR) in Clinical Medicine: International and Russian Experience. *The Journal of Telemedicine and E-Health*, 2021, no. 7 (3), pp. 7–20. DOI: <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-3-7-20>
5. Bofanova N.S. Realization of the Concept of “4P-Medicine” through Virtual Reality Technology in the Treatment of Mental Disorders. *Bulletin of Medical Science*, 2023, no. S3, pp. 31–33.
6. Karpov O.E., Khramov A.E. *Information Technologies, Computing Systems and Artificial Intelligence in Medicine*. Moscow, DPK Press Publ., 2022, 480 p. (In Russ.)
7. Zelenina L., Khaimina L., Khaimin E., Khripunov D., Zashikhina I. Convolutional Neural Networks in the Task of Image Classification. *Mathematics and Informatics*, 2022, vol. 65, vol. 1, pp. 19–29. DOI: <https://doi.org/10.53656/math2022-1-2-con>
8. Trukhacheva N.V., Pupyrev N.P. *Digital Medicine*. 2nd Edition. Moscow, Ay Pi Ar Media Publ., 2022, 169 p. (In Russ.)
9. Rakhmatullina R.D. Augmented Reality in Medicine. In: *Theoretical and Practical Foundations of Scientific Progress in Modern Society*. Ufa, Aeterna Publ., 2023, pp. 114–126. (In Russ.)

10. Vizgalin A.V. Use of Virtual and Augmented Reality Technologies in Healthcare. In: *Proceedings of the CCXIII International Scientific and Practical Conference "Young Researcher: Challenges and Prospects"*. No. 18 (213). Moscow, Internauka Publ., 2021, pp. 456–460.
11. Pashkova I.G. Overview of the Application of Virtual and Augmented Reality Technologies in the Study of Anatomy. *Medical Science and Education of Ural*, 2022, vol. 23, no. 1 (109), pp. 116–118. DOI: <https://doi.org/10.36361/1814-8999-2022-23-1-116-118>
12. Pizhevskiy M.K. VR in Medicine. *Modern Science*, 2020, no. 6–4, pp. 199–202.
13. Tarasenko E.A., Eigel M.Ya. Virtual Medicine: Main Trends of Augmented and Virtual Reality Technologies Usage in Healthcare. *Medical Doctor and IT*, 2021, no. 2, pp. 46–59. DOI: https://doi.org/10.25881/18110193_2021_2_46
14. Aksenova E.I., Gorbatov S.Yu. Application of Virtual and Augmented Reality Technologies in Healthcare. In: *Proceedings of the Scientific Research Institute of Healthcare Organization and Medical Management: Collection of Scientific Papers*. Moscow, NIIOZMM Publ., 2021, pp. 242–261.

*Статья поступила в редакцию 04.04.2024; одобрена после рецензирования 15.04.2024;
принята к публикации 23.04.2024*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов