



НИИ  
ОРГАНИЗАЦИИ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
И МЕДИЦИНСКОГО  
МЕНЕДЖМЕНТА

# ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

Экспертный обзор

МОСКВА  
2021

Государственное бюджетное учреждение  
«Научно-исследовательский институт организации здравоохранения  
и медицинского менеджмента Департамента  
здравоохранения города Москвы»

Е. И. Аксенова, С. Ю. Горбатов

Экспертный обзор

**ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ  
И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ  
В ЗДРАВООХРАНЕНИИ**

Москва  
2021

УДК 61:004.94  
ББК 32.972  
Т38

**Т38** Технологии виртуальной и дополненной реальности  
в здравоохранении / Е. И. Аксенова, С. Ю. Горбатов. – М.:  
ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2021. – 40 с.

ISBN 978-5-907404-42-7

Издание подготовлено для использования службами Департамента  
здравоохранения города Москвы.

УДК 61:004.94  
ББК 32.972

ISBN 978-5-907404-42-7

© ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

- 4** Введение
- 6** Принципы технологий виртуальной и дополненной реальности
- 10** Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в здравоохранении
  - 10 Обучение и тренинг
  - 14 Предоперационное планирование
  - 16 Интраоперационная навигация
  - 19 VR-терапия в реабилитационной медицине
- 25** Российские разработки технологий виртуальной и дополненной реальности в здравоохранении
- 33** Использование технологий виртуальной и дополненной реальности в системе здравоохранения города Москвы
- 36** Заключение
- 37** Список источников

Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR-технологии) открывают принципиально новый уровень взаимодействия человека с цифровым миром, который играет все большую роль в глобальной экономике, политике и социальных отношениях [1]. За последние два десятилетия данные технологии демонстрируют быстрое развитие и становятся доступными в практическом использовании в самых различных отраслях и в значительной степени в сфере здравоохранения.

## Ключевыми рыночными тенденциями и глобальными драйверами развития VR/AR-рынка и субтехнологий являются:

- растущий интерес к технологии у массовой публики за счет ярких проектов в сфере развлечения и игр;
- запущенные процессы цифровой трансформации в крупных компаниях;
- растущий объем венчурных инвестиций в VR/AR-проекты;
- появление значительного числа стартапов и исследовательских VR/AR-проектов [1].

Спектр медицинских приложений VR/AR обширен, они используются в клинической практике, хирургии, в обучении, тренингах медицинских работников, диагностике, реабилитации, медицинских консультациях.

Технологии VR/AR оказывают значительное влияние на индустрию здравоохранения в связи с их внедрением в подготовку хирургов и использованием в лечении психических расстройств и управлении хронической болью.

По оценкам консалтинговой компании Grand View Research, глобальный рынок технологий виртуальной и дополненной реальности в секторе здравоохранения в 2020 году оценивался в 2 млрд долларов США и будет расти ежегодными темпами на 27,2 % с 2021 по 2028 год. Среди основных факторов роста глобальная цифровизация здравоохранения, увеличение государственных расходов на предоставление медицинских услуг, общий мировой тренд роста инвестиций в НИОКР в области VR/AR-технологий [2].

В 2020 году доля соотношения технологий виртуальной и дополненной реальности на глобальном VR\AR-рынке составляла 59,8 на 40,2 % (рис. 1).

Пандемия COVID-19 повлияла на развитие индустрии VR/AR, в здравоохранении воз-

## GLOBAL AR & VR IN HEALTHCARE MARKET SHARE, BY TECHNOLOGY, 2020 (%)

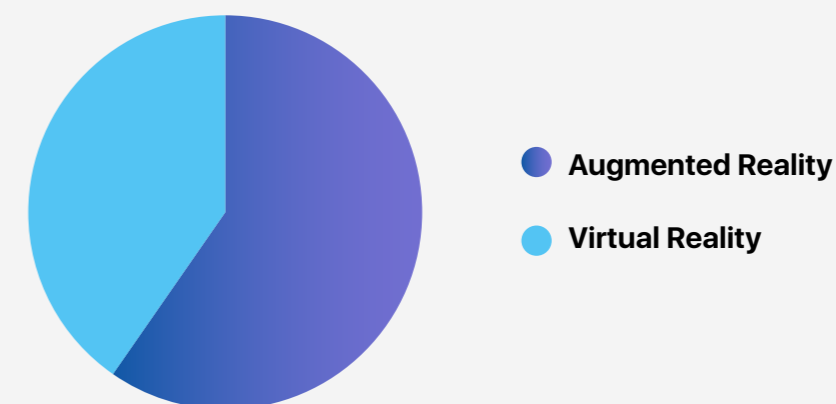


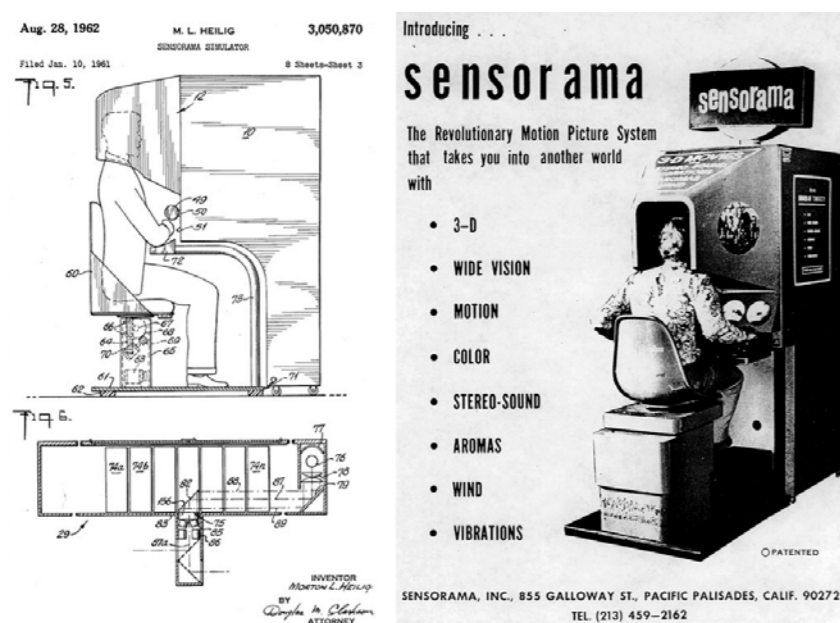
Рисунок 1. Глобальный VR/AR-рынок в разрезе технологий [2]

росла потребность в технологиях с возможностями удаленных действий для ухода за пациентами, увеличилось число телеконсультаций и телемедицинских услуг, дистанционная медицинская помощь и помощь на дому стали более актуальными и распространенными. Значительно вырос спрос на услуги дистанционного мониторинга, медицинское обучение и образование, а также управление пациентами.

# ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

**Технология виртуальной реальности (virtual reality, VR)** – это комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств. Виртуальная реальность обеспечивает полное погружение в компьютерную среду, окружающую пользователя и реагирующую на его действия естественным образом. Виртуальная реальность формирует новый искусственный мир, передаваемый человеку через его ощущения (зрение, слух, осязание и др.). Человек может взаимодействовать с трехмерной, компьютеризированной средой, а также манипулировать объектами или выполнять конкретные задачи. В своей простейшей форме виртуальная реальность включает 3D-изображения или видео. Достижение эффекта полного погружения в виртуальную реальность до уровня, когда пользователь практически не может отличить визуализацию от реальной обстановки, является задачей развития технологии [1].

В 1965 году кинематографист Мортон Хейлиг (США) первым в мире создал устройство Sensorama (рис. 2) для создания виртуальной реальности, выполненное в формате камеры для демонстрации кинофильмов, в котором было объединено несколько технологий для стимуляции органов чувств: полноцветное 3D-видео, аудиозвук, вибрации, запахи и атмосферные эффекты. Первая гарнитура виртуальной реальности VR head-mounted display (HMD), подключенная к компьютеру, была изобретена ученым Иваном Сазерлендом в университете Юты (США). В 1965 году исследователь опубликовал лежащую в основе концепцию устройства, готовый к использованию прибор появился в 1968 году [3].



**Рисунок 2.** Симулятор виртуальной реальности Sensorama (патент #3050870)[3]

Термин «виртуальная реальность» был популяризирован ученым и футурологом Джароном Ланье, в 1980-х гг. работавшим в компании по производству видеоигр Atari (США). На практике виртуальная реальность начала использоваться для процессов обучения и моделирования в Вооруженных силах США и Национальном управлении по авионавигации и исследованию космического пространства (NASA). В 1982 году BBC США создали первый VR-тренажер для обучения пилотов – «визуально сопряженный имитатор бортовой системы (VCASS)» [4].

Первая виртуальная система в медицине была внедрена в США в 1965 году профессором Робертом Манном в формате новой учебной тренировочной среды для врачей-ортопедов. В конце 1980-х годов головной дисплей (HMD) был представлен в качестве носимого устройства для визуализации виртуальной реальности в медицине. Активное медицинское применение устройств виртуальной реальности началось в начале 1990-х годов из-за необходимости медицинского персонала визуализировать сложные медицинские данные, в особенности во время операций и для их планирования [4].

**Технология дополненной реальности (augmented reality, AR)** – технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио и иных представлений в режиме реального времени. Информация предоставляется пользователю с использованием heads-up display (индикатор на лобовом стекле), очков или шлемов дополненной реальности (HMD) или иной формы проецирования графики для человека (например, смартфон или проекционный видеомэппинг). Технология дополненной реальности позволяет расширить пользовательское взаимодействие с окружающей средой [1].

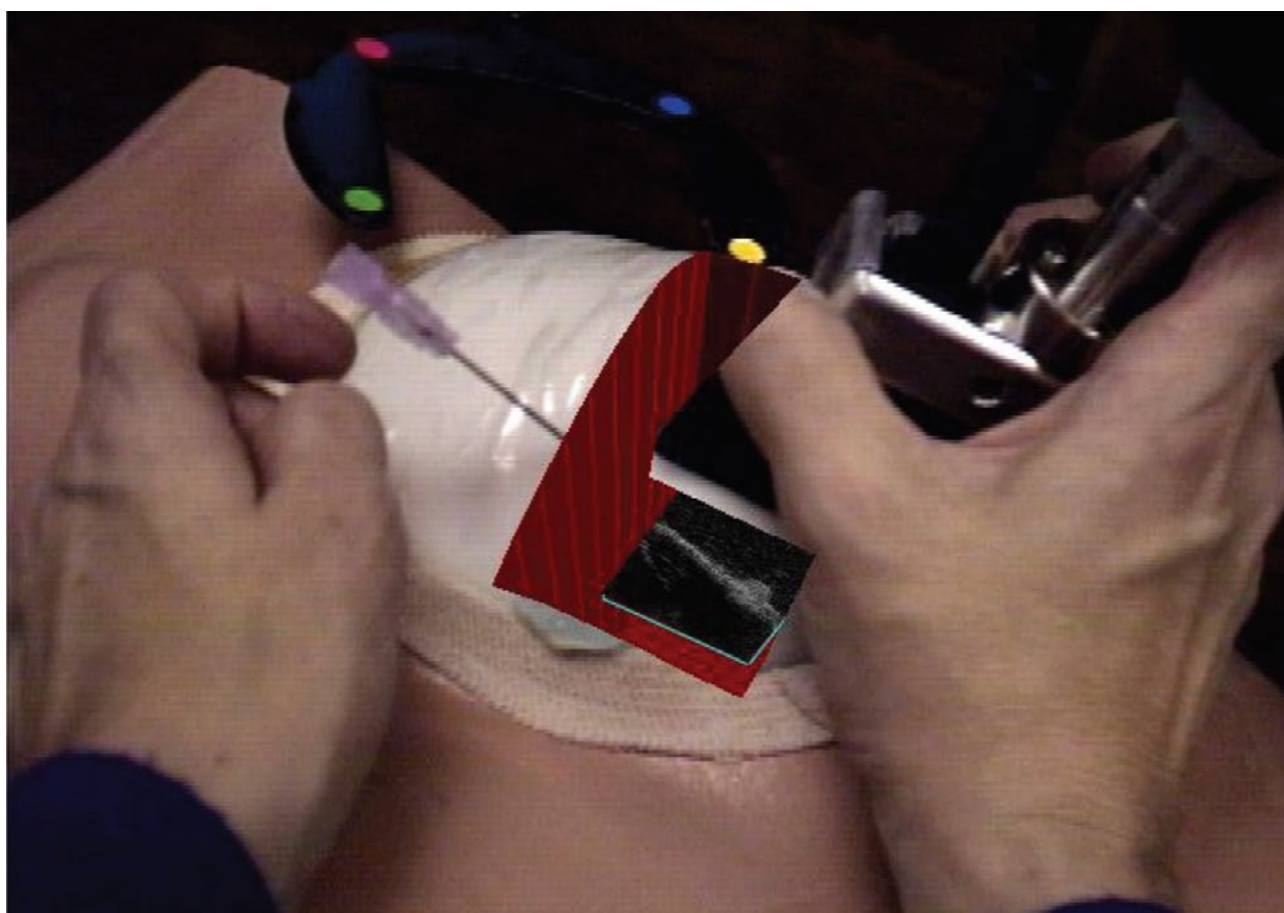
Дополненная реальность (AR) характеризуется как разновидность виртуальной реальности (VR), но в отличие от VR пользователь AR-системы всегда находится в реальной среде в режиме реального времени. Система VR всегда имеет синтетическую особенность и скорее имитирует реальность, чем дополняет реальный мир. При использовании дополненной реальности искусственная информация включается в реальный мир, воспринимаемый одним или несколькими органами чувств [4].

Другим термином, используемым в этом контексте, является «смешанная реальность» (MR), которую принято объяснять «континуумом реальность – виртуальность», автором которого является социальный психолог и педагог Пол Милгрэм (США) (рис. 3). Смешанная реальность (MR) представляет собой настоящую реальность на одном конце и виртуальную реальность (VR) на другом, при этом дополненная реальность (AR) и дополненная виртуальность (AV) находятся посередине [5].



**Рисунок 3.** Континуум реальность – виртуальность Пол Милгрэм [5]

В AR-системе визуальный дисплей позволяет наблюдателю видеть виртуальные объекты, наложенные на изображение реального физического мира. Первый прототип AR-системы был представлен корпорацией Boeing (США) в начале 1990-х гг., данная система была создана для помощи сотрудникам в настройке электромонтажного инструмента. Первое медицинское AR-приложение было применено Джеком Лумисом (Университет Калифорнии, США) в 1993 году в формате AR-системы на основе GPS для помощи в передвижении пациентов с утратой зрения. В 1996 году группа исследователей под руководством Генри Фукса (Университет Северной Каролины, США) продемонстрировала клинические преимущества дополненной реальности с помощью разработанной системы (рис. 4), которая накладывала медицинские ультразвуковые изображения на реальные объекты для обучения проведения биопсии [4].



**Рисунок 4.** Интеграция ультразвукового изображения с реальным при проведении биопсии (источник – UNC Chapel Hill Department of Computer Science (США))



За последние 10 лет внедрение AR-платформ в медицине ускорилось во многом благодаря активному использованию в клинической практике устройств аппаратного обеспечения известных мировых производителей: Google Glass (Google (США)), HoloLens (Microsoft (США)), Oculus Rift (Oculus VR (США)), HTC Vive (HTC (Тайвань)). На сегодняшний день крупнейшими игроками в мире на рынке устройств и технологий дополненной и виртуальной реальности в сфере здравоохранения являются компании: Google (США), Microsoft (США), DAQRI (США), Psious (Испания), Mindmaze (Швейцария), Firsthand Technology (США), Medical Realities (Великобритания), Atheer (США), Augmedix (США), Oculus VR (США) и др. Также важно отметить растущее количество новых быстроразвивающихся компаний, которые разрабатывают и внедряют новейшие перспективные AR/VR-приложения для медицины.

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

## ОБУЧЕНИЕ И ТРЕНИНГ

Технологии VR/AR демонстрируют быстрый прогресс в здравоохранении, в особенности в сфере обучения, выполнения тренировочных сценариев для изучения необходимых клинических задач, улучшения навыков врачей и уменьшения количества ошибок на практике.

В целом использование VR/AR в данной сфере [4]:

- помогает обнаружению диагностически значимых деталей, улучшает ориентацию и трехмерное понимание анатомических структур и связанных с ними патологий;
- помогает начинающим врачам ориентироваться в хирургическом ландшафте и выполнять сложные задачи, повышает зрительно-пространственные навыки.

Компания Medical Augmented Intelligence (США) создает образовательные AR/VR-инструменты для врачей и студентов-медиков. Приложение BodyMap («Карта тела») (рис. 5) помогает студентам и специалистам изучать тщательно детализированную, иммерсивную модель человеческого тела, а также повышать знания о различных системах организма и практиковать свои хирургические навыки. Также компания разработала модели «цифрового двойника» для обучения и вовлечения в процесс лечения пациентов путем преобразования 2D-медицинских изображений в модели виртуальной реальности менее чем за 30 секунд. Среди технологических партнеров компании такие IT-производители, как Intel, Nvidia и HTC [6].

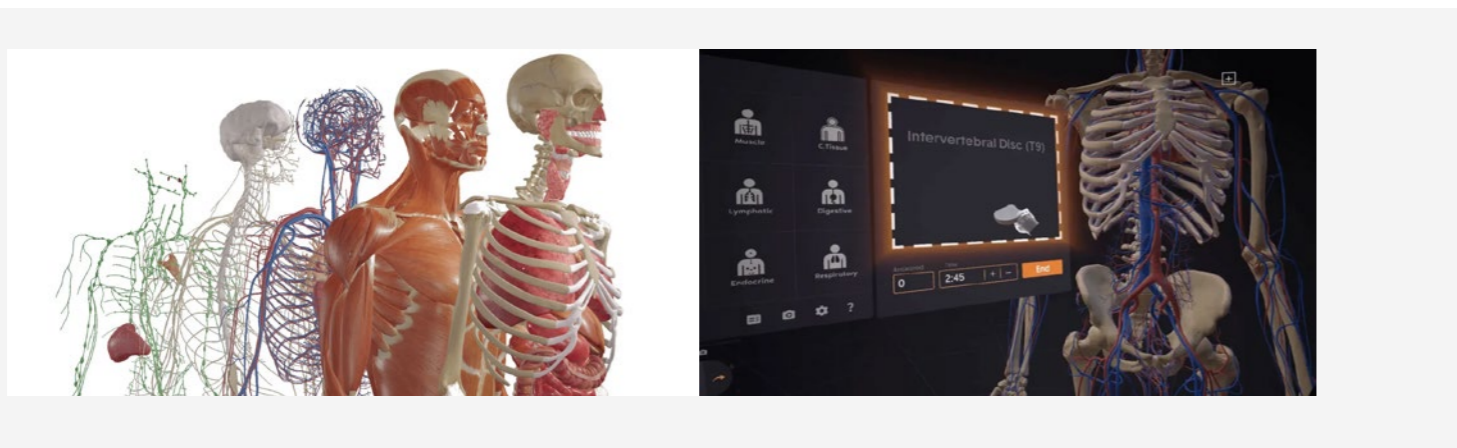


Рисунок 5. Программа обучения BodyMap [6]

Компания **FundamentalVR** (Великобритания) разрабатывает тактильные VR-тренажеры (рис. 6), которые позволяют хирургам практиковать и оттачивать свои навыки. Реалистичные модели с эффектом вибрации дают врачам ощущение того, что они держат в руках настоящие инструменты. В сочетании с виртуальной реальностью FundamentalVR предоставляет врачам реалистичную VR-платформу для изучения операций и их практики. Разработка FundamentalVR была признана лучшим изобретением 2018 года по версии журнала Time. FundamentalVR ведет сотрудничество с компаниями Amazon, Oculus, Bayer и госпиталем Университетского колледжа Лондона, клиникой Майо (США) [7].



Рисунок 6.  
VR-тренажер  
FundamentalVR [7]

Разработанная компанией **Osso VR** (США) платформа хирургического моделирования виртуальной реальности (рис. 7) фокусируется на практике с виртуальными инструментами, которые хирурги используют для ортопедических операций и операций на позвоночнике. При использовании интерактивной платформы несколько хирургов могут взаимодействовать и выполнять учебные задания или практические процедуры. Платформа Osso VR была признана журналом Time в числе лучших изобретений в 2019 году. Osso VR позволяет пользователям виртуально оперировать пациентов с помощью инструментов, которые обычно находятся в их распоряжении в операционной. Это позволяет участникам получить более реалистичный опыт и устраняет страх совершения ошибки. Платформа Osso VR в настоящее время используется для ортопедических процедур, также планируется ее применение в сердечно-сосудистой хирургии и урологии [8].



**Рисунок 7.**  
Платформа Osso VR для тренинга в ортопедической хирургии [8]

Мобильное приложение компании **Microsoft** (США) **Holoanatomy** (рис. 8) представляет собой VR-курс по анатомии Университета Case Western Reserve University и клиники Cleveland Clinic (США). При использовании VR-очков Microsoft HoloLens студенты могут пройти цифровую интерактивную учебную программу по анатомии. Программа визуализирует анатомические структуры, системы и также достаточно трудную для восприятия анатомию диафрагмы, нервной и кровеносной систем, а также вовлекает учащихся в коммуникацию. Студенты могут свободно перемещаться между голограммами и взаимодействовать с анатомическими изображениями [9]. Компания

**Рисунок 8.**  
VR-курс анатомии приложения Microsoft Holoanatomy [9]



**Oxford Medical Simulation** (США, Великобритания) разработала VR-систему (рис. 9) по обучению медицинского персонала в виртуальной реальности для работы с пациентами с коронавирусной инфекцией. VR-гарнитура, подключенная к персональному компьютеру, позволяет участникам пройти через один из различных сценариев ухода за пациентами, основанный на одном из 100 реальных случаев медицинской практики. Обучение сконцентрировано на выполнении диагностики при физическом осмотре пациента и изучении истории болезни. Во время первой волны пандемии, в апреле 2020 года, более 17 тыс. сотрудников из 50 американских, канадских и британских больниц прошли обучение с помощью данного решения [10].



**Рисунок 9.**  
VR-система обучения Oxford Medical Simulation [10]

Исследователи из **Университета Дьюка** (США) разработали гидродинамический **VR-симулятор Harvis** (рис. 10), который может моделировать кровеносную систему организма, включая изображение движения отдельных клеток крови [11]. Исследователи надеются, что данная система может быть использована клиницистами для моделирования кровеносной системы у отдельных пациентов, а также для помощи в принятии решений о лечении, таких как установка стента. Модель кровеносных сосудов формируется с использованием данных биомедицинской визуализации. При необходимости система может также моделировать кровоснабжение всего организма человека.

**Рисунок 10.**  
VR-симулятор кровеносной системы Harvis [11]



## ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Одним из ключевых условий для успешного и безопасного хирургического вмешательства является тщательное предоперационное планирование. Детальное предоперационное планирование хирургических вмешательств базируется на индивидуальных данных изображений пациента и считается обязательной процедурой для современной оперативной помощи. Последние разработки виртуальной реальности (VR) привели к появлению многочисленных приложений для хирургического предоперационного планирования.

Компания **Surgical Theater** (США) разработала платформу нейрохирургического предоперационного планирования Precision VR (рис. 11). Пациент может увидеть индивидуальный VR-сценарий операции, который показывает предстоящий процесс хирургического вмешательства. 3D-модель создается на основе КТ- и МРТ-снимков и используется для информирования пациента о деталях операции, а также в качестве инструмента планирования действий хирургической бригады. Платформу Precision VR используют Клиника Майо, медицинская школа Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе, детская больница Святого Иосифа и Стэнфордская медицинская школа (США) [12].



**Рисунок 11.**  
3D-визуализация  
с помощью  
Precision VR [12]

Интерактивная хирургическая платформа дополненной реальности компании **EchoPixel** (США) (рис. 11) помогает врачам идентифицировать интересующую их анатомию и позволяет формировать детальные медицинские изображения в режиме реального времени. Платформа дополненной реальности **EchoPixel True 3D** использует широкий спектр наборов данных для получения анатомически правильных, специфичных для конкретного пациента 3D-изображений. Компания EchoPixel стала международно известной благодаря формированию суперточных 3D-изображений толстой кишки, помогающих хирургам планировать операции и формировать аналитику в режиме реального времени [13].

**Рисунок 12.**  
Платформа дополненной  
реальности EchoPixel  
True 3D [13]



Компания **ImmersiveTouch** (США) использует VR-решения для оперативного планирования, профессиональной подготовки и обучения хирургов. Платформа **ImmersiveView Surgical Plan** (рис. 13) генерирует 3D-модели органов из радиологических снимков пациентов, позволяя хирургам изучать их вместе с командой по хирургической тактике. Гарнитура Oculus Rift позволяет хирургам использовать ряд виртуальных хирургических инструментов, которые имитируют реальную процедуру. Больницы Джонса Хопкинса, Чикагского университета и Техасского университета (США) используют платформу ImmersiveTouch для оказания помощи хирургам в планировании операций [14].



**Рисунок 13.**  
Платформа ImmersiveView Surgical Plan [14]

Система дополненной реальности **OpenSight** (рис. 14) компании **Novarad** (США) является первым медицинским AR-приложением, использующим гарнитуру Microsoft HoloLens, одобренную FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США) для предоперационного хирургического планирования [15].

Программное обеспечение OpenSight использует медицинские изображения, полученные с помощью магнитно-резонансной и компьютерной томографии. При помощи трехмерной визуализации, сегментации, рендеринга и других компьютерных технологий снимки обрабатываются в режиме реального времени, после чего на экран очков виртуальной реальности HoloLens выводится изображение с динамическими голограммами внутренних органов пациента. Такая технология позволяет врачу буквально видеть расположение внутренних органов, чтобы потом более точно и без ошибок провести инвазивное вмешательство.



**Рисунок 14.**  
AR-система предоперационного планирования OpenSight [15]

## ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ НАВИГАЦИЯ

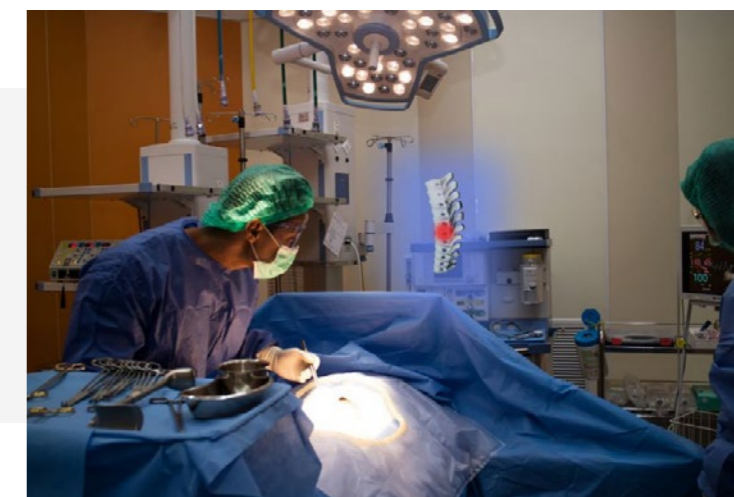
Технологии AR/VR также находят активное применение в процессе интраоперационного руководства. Достоинством AR-систем является то, что виртуальный трехмерный анатомический объект накладывается на реальное изображение пациента, чтобы обеспечить точную и безопасную хирургическую навигацию, что существенно влияет на продолжительность операции.

Компания **SentiAR** (США) в партнерстве с Microsoft разработала голографическую платформу дополненной реальности для внутрипроцедурного клинического использования (рис. 15). Во время интервенционных процедур, таких как лечение сердечных аритмий, хирурги могут просматривать 3D-изображение конкретной анатомии (изображение «всплывает» над пациентом на операционном столе) в режиме реального времени. Визуализация осуществляется без участия рук хирурга и дает врачу детальное представление о параметрах состояния пациента на протяжении операции. SentiAR была признана одной из 10 лучших компаний, предлагающих решения для сердечно-сосудистой медицины в 2019 году, по версии журнала Med Tech Outlook [16].



**Рисунок 15.**  
Голографическая платформа дополненной реальности SentiAR [16]

Разработка для интраоперационных процедур компании **Proprio** (США) (рис. 16) сочетает в себе машинное обучение и дополненную реальность для создания сверхточных 3D-медицинских изображений. Инструменты визуализации помогают хирургам видеть закрытые от вмешательства участки и взаимодействовать с коллегами по хирургической бригаде. Встроенная платформа искусственного интеллекта осуществляет 3D-рендеринг, хранит и делится хирургическими данными в режиме реального времени. Proprio реализует данную разработку как пилотную программу в области нейрохирургии и ортопедии в детской больнице Сиэтла и медицинском университете Вашингтона (США) [17]. Компания Augmedics (Израиль) представляет



**Рисунок 16.**  
Платформа дополненной реальности Proprio [17]

систему xvision Spine system (рис. 17), которая позволяет хирургам визуализировать 3D-анатомию позвоночника пациентов во время операции с эффектом «рентгеновского зрения» на закрытых участках, помогая им точно ориентироваться в инструментах и имплантатах, не отвлекая внимания от пациента. Система точно – до 98,9% – определяет положение хирургических инструментов в режиме реального времени и накладывает их на изображения, полученные с помощью компьютерной томографии пациента [18].



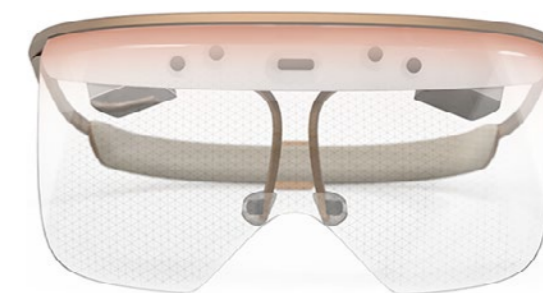
**Рисунок 17.**  
Система xvision Spine system [18]

Компания **Ocutrx** (США), стартап, работающий с технологиями дополненной реальности (AR), разработала систему визуализации (рис. 18) для офтальмохирургии. В настоящее время офтальмологи вынуждены часто находиться в некомфортных для работы состояниях в течение длительных периодов времени при работе с микроскопом. Роботизированная система **OR-Bot Ocutrx** позволяет камере быть отделенной от стандартного оптического микроскопа, создавая большую свободу действий для хирурга и решая ряд пространственных ограничений.

Система поставляется с линзовидным автостереоскопическим 3D-монитором 8K, который также может использоваться другими сотрудниками, в том числе удаленно, для наблюдения за операцией. Гарнитура дополненной реальности **ORLenz Surgery AR**, имеющая самое высокое разрешение, которое может видеть глаз (60 пикселей на градус), получает 4K-изображение от хирургических камер с задержкой менее 10 миллисекунд, что позволяет хирургу не упустить критически важную визуальную информацию. ORLenz также имеет самое широкое поле зрения (120 градусов), самый легкий вес на рынке (250 граммов) и беспроводную связь, что обеспечивает более комфортные условия для операции, с учетом того, что 3D-голограмма хирургического изображения всегда остается прямо перед глазами хирурга [19].



**Рисунок 18.**  
Система Ocutrx 3D 8K и гарнитура ORLenz Surgery AR [19]



## VR-ТЕРАПИЯ В РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ

Технологии виртуальной реальности широко используются для уменьшения острой и хронической боли, воздействуя на механизм ее восприятия. Иммерсивный виртуальный мир отвлекает внимание пациента от болезненного стимула, что приводит к измеримому повышению толерантности пациентов. Отвлечение внимания с помощью изображений виртуальной реальности уменьшает интенсивность болевых ощущений и связанную с этим тревогу у пациентов.

Компания **Karuna Labs** (США) использует научно обоснованные подходы к лечению хронической боли с помощью моделирования изображений виртуальной реальности (рис. 19). VR-терапия позволяет пациентам проводить лечение дома или в местной клинике. Karuna Labs использует виртуальную реальность для повышения мотивации пациентов к физической терапии и фокусируется на упражнениях, выполняемых в повседневной жизни, чтобы постепенно улучшать качество жизни. Сеансы VR-терапии переучивают мозг воспринимать движение как неопасное, повышая приверженность плану лечения и в конечном счете улучшая диапазон движения с течением времени. Применение виртуальной реальности предлагает новый вариант терапии по сравнению с традиционными вариантами лечения, использующими, в частности, лекарственные препараты [20].

**Рисунок 19.**  
VR-терапия,  
Karuna Labs [20]



Компания **Oxford VR** (Великобритания) использует виртуальную реальность для облегчения симптомов психических расстройств и страхов (рис. 20). Клиническое исследование, касающееся эффективности применения системы Oxford VR для уменьшения страха высоты, было опубликовано в журнале The Lancet Psychiatry. Исследование показало, что достигнутые в ходе использования системы результаты показали более высокую эффективность, чем в случае проведения индивидуальной физической психотерапии со специалистом, в частности, проявления боязни высоты у пациентов уменьшились в среднем на 68 % после двух часов проведенной терапии. Компания Oxford VR сотрудничает с Национальной службой здравоохранения Великобритании, а также с Фондом Макпина, который занимается улучшением исследований в области психического здоровья. Oxford VR получил награду в 2020 году в категории «Приложения и программное обеспечение» за лучшую технологию для психического здоровья в рамках премии MedTech Visionaries Awards [21].



**Рисунок 20.**  
VR-терапия, Oxford VR [21]

Разработка компании **SyncThink** (США) основана на результатах 15-летних научных исследований в области синхронизации движений глаз с перемещаемыми объектами. Гарнитура виртуальной реальности The Eye-Sync (рис. 21) отслеживает движения глаз и помогает врачам определить симптомы сотрясения мозга. Используя гарнитуру виртуальной реальности, пациент наблюдает за движением света,

реакция его глаз отслеживается устройством, которое анализирует и в течение 60 секунд формирует отчетные данные для медицинского специалиста. По информации разработчиков, анализ синхронизации глаз важен для оперативной постановки диагноза для пациентов с травмами головы, а также контроля состояния спортсменов и военнослужащих. В числе клиентов компании SyncThink Массачусетская больница общего профиля, Детский национальный медицинский центр, Технологический университет Джорджии, Департамент обороны США, Спортивная студенческая конференция PAC12. Разработка The Eye-Sync удостоена награды FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США) в номинации «Прорывное устройство» [22].



**Рисунок 21.**  
Устройство диагностики сотрясения  
мозга The EYE-SYNC [22]



Компания **XRHealth** (США, Израиль) является первой сертифицированной в США медицинской компанией в сфере виртуальной реальности, чьи услуги возмещаются большинством медицинских страховых компаний, в том числе национальной программой Medicare. Платформа XRHealth (рис. 22) представляет собой телемедицинский сервис, включающий аналитику данных и дистанционный мониторинг, и специализируется на терапии симптомов, связанных со стрессом и тревогой, синдромом дефицита внимания и гиперактивности, двигательной и когнитивной реабилитацией, пост-COVID-19, болезнью Паркинсона, черепно-мозговыми травмами. Компания предоставляет пациентам VR-гарнитуру для использования на дому в формате доступа к виртуальным процедурным кабинетам с различными лечебными программами. Пациенты посредством телемедицины взаимодействуют с лицензированным врачом, который оценивает их состояние, создает и корректирует план лечения, следит за прогрессом на основе фактических результатов. Пациенты могут общаться с врачами и контролировать лечение с помощью мобильного приложения XRHealth [23].



**Рисунок 22.**  
VR-платформа XRHealth [23]

Иммерсивная VR-программа компании **Floreo Inc.** (США) разработана для детей с аутистическим спектром расстройств в возрасте от семи лет и старше и предназначена для развития жизненных и социальных навыков ребенка (рис. 23). Платформа Floreo предлагает набор игр и мероприятий, которые предусматривают социальные взаимодействия, ситуационные тренинги и успокаивающие техники. Некоторые из игр Floreo помогают детям практиковать такие навыки, как имитация, невербальные жесты или совместное внимание. Другие виды деятельности погружают их в реальные сценарии, такие как пересечение оживленного перекрестка и соблюдение мер безопасности. Компания Floreo Inc. осуществляет деятельность в сотрудничестве с Центром исследований аутизма при Детской больнице Филадельфии и национальными институтами здравоохранения США (NIH) [24].

**Рисунок 23.**  
VR-платформа Floreo [24]



**Psious Toolsuite** – онлайн-платформа компании Psious (Испания), представляет собой приложение, разработанное для психологов и психотерапевтов, использующее виртуальную реальность и 3D-технологии для лечения тревожных расстройств (рис. 24). В настоящее время Psious предлагает среду для лечения наиболее распространенных тревожных расстройств, включая тревогу, фобии, стресс, посттравматический синдром, обсессивно-компульсивное расстройство, сотрудничая с медицинскими экспертами. Платформа также предоставляет более 70 терапевтических сред, включая инструменты для упражнений на осознанность и расслабление, которые могут помочь пациентам, страдающим депрессией или другими психическими заболеваниями.



**Рисунок 24.**  
VR-терапия, Psious

Исследователи из **Университета Дрекселя** (США) изучают применение виртуальной реальности в области реабилитационной арт-терапии (рис. 25). Виртуальная реальность помогает создавать уникальные переживания, обеспечивать погружение в трехмерное творчество, а также позволяет пациентам помещаться в специальные среды, которые могут помочь им реабилитироваться после различных негативных психологических состояний.

В исследовании использовались гарнитура виртуальной реальности HTC VIVE, пульта дистанционного управления и контроллер Leap Motion. Программное обеспечение, работающее в системе Tilt Brush компании Google, позволяло пользователям рисовать изображения в 3D-среде, также использовалось приложение для скульптуры Kodon и приложение Nature Treks, которое помещает людей в расслабляющую среду.

Результаты исследования позволяют полагать, что виртуальная реальность поможет расширить терапевтические возможности арт-терапии, в особенности людям с ограниченными возможностями, которые не в состоянии использовать традиционную арт-терапию [26].

**Рисунок 25.**  
VR арт-терапия,  
Drexel University [26]



Система реабилитации, основанная на виртуальной реальности **NIRVANA** (рис. 26), разработана компанией **BTS Bioengineering** (США) для поддержки двигательной и когнитивной реабилитации пациентов с нейромоторными расстройствами. NIRVANA создает «сенсорную комнату», в которой пациент может пережить стимулирующий опыт в различных реалистичных сценах, что позволяет сделать процесс реабилитации пациента более эффективным. NIRVANA использует иммерсивные методы виртуальной реальности для двигательной и когнитивной нейрореабилитации пациентов с неврологическими расстройствами, такими как инсульт, детский церебральный паралич, болезнь Паркинсона, расстройства аутистического спектра, и ориентировано на пациентов любого возраста. Система создает различные сценарии на стенах или полу, а пациент взаимодействует с предоставленным стимулом. Устройство анализа движения обнаруживает поведение пациента и регулирует проектируемую среду, обеспечивая аудиовизуальную обратную связь [27].



**Рисунок 26.**  
Система VR-реабилитации NIRVANA [27]

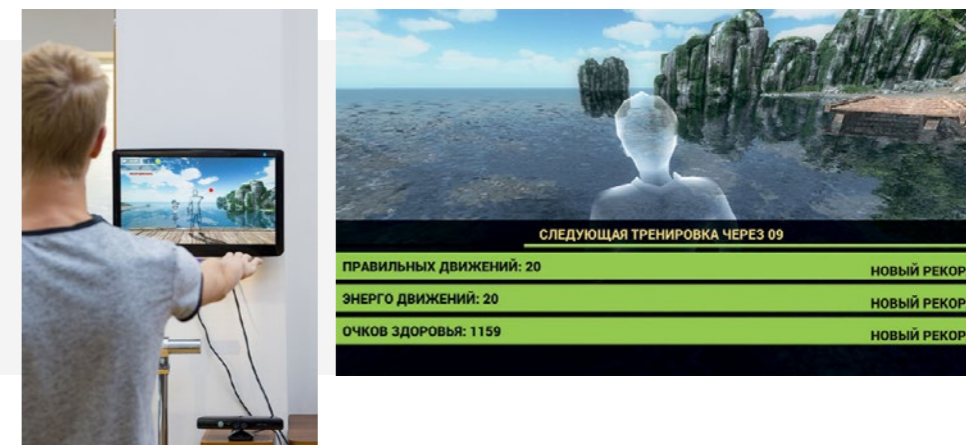
## РОССИЙСКИЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

Оценка потенциала российских разработчиков VR/AR-решений для здравоохранения изложена в Дорожной карте развития «сквозной» цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности» в рамках национального проекта «Цифровая экономика». В документе указано, что в стране имеется существенный технологический задел для внедрения VR/AR-технологий и Российская Федерация может войти в международную повестку с прорывными системами реабилитации пациентов с повреждениями опорно-двигательного аппарата, восстановления после инсульта, борьбы с фобиями и высокоточной диагностики глазных заболеваний [1].

По мнению специалистов Ассоциации дополненной и виртуальной реальности (AVRA), в настоящее время в сфере здравоохранения в России решения с VR/AR-технологиями по большей части находятся на стадии разработки – как начальной, так и на этапе клинических исследований. Большая часть решений в настоящее время разрабатывается в сфере обучения (тренажеры, системы удаленного взаимодействия, визуализация процессов, диагнозов и манипуляций), а также в сфере реабилитации [28].

На сегодняшний день единственным отечественным VR-комплексом для реабилитации, имеющим медицинскую регистрацию, является аппаратно-программный мультимедийный комплекс **«Девирта-Делфи»** производства группы компаний «Исток-аудио» (рис. 27). В основе принципа работы виртуальное киберпространство, для погружения в которое необходимы VR-шлем и сенсорные датчики, обеспечивающие биологическую обратную связь (БОС). Компьютерный аватар пациента повторяет движения человека в виртуальном мире, что создает видимость реального взаимодействия с окружающим пространством и дополнительно мотивирует.

**Рисунок 27.**  
Комплекс  
«Девирта-Делфи»



Комплекс включает в себя четыре модуля: по восстановлению движения крупных суставов, восстановлению мелкой моторики и два блока с полным погружением: программа «Антиболь» и эрготерапия – восстановление бытовых навыков [29].

Мультисенсорный тренажер пассивной реабилитации **ReviVR** (рис. 28), созданный учеными Института инновационного развития Самарского государственного медицинского университета, актуален при нарушениях двигательной функции нижних конечностей, пространственного ориентирования и при зрительных нарушениях. В тренажере применена технология совмещения виртуальной реальности и биологической обратной связи с возможностью решения когнитивных задач. ReviVR совмещает визуальное, слуховое и тактильное воздействия на восприятие пациента с нарушением двигательной функции, имитируя процесс ходьбы. Благодаря воздействию на восприятие пациента повышается мотивация пациента на реабилитационный процесс. Пациент с помощью VR-очков погружается в виртуальную среду, где перемещается внутри виртуальных сцен, напоминающих сюжеты реальной жизни. При этом пациент «видит» свои верхние и нижние конечности, а перемещение в виртуальной среде подкрепляется давлением на стопы от функциональных пневмоманжет, которые позволяют имитировать разные уровни скорости ходьбы [30].

Другая разработка Института инновационного развития Самарского государственного медицинского университета – мультисенсорный тренажер активной реабилитации **ReviMOTION** (рис. 29) по восстановлению функций опорно-двигательного аппарата – представляет собой компьютерную программу, в основу которой легли упражнения лечебной физкультуры. ReviMOTION помогает пациентам с нарушениями двигательной активности в игровой форме проходить реабилитационный курс. Правильно выполняя движения, взрослый пациент или ребенок заставляет персонажа на экране двигаться. С помощью системы оптического трекинга и аналитики движений специалист может отслеживать прогресс пациентов, встроенная информационно-аналитическая система поможет врачу вести пациента от сеанса к сеансу в течение всего реабилитационного курса. В тренажере применяется оптическая система отслеживания движений реабилитируемого и биологическая обратная связь с аудиальными и визуальными эффектами и возможностью решения когнитивных задач. Процесс реабилитации происходит во время выполнения комплексов упражнений ЛФК в игровой форме [31].



**Рисунок 28.**  
Тренажер  
ReviVR [30]



**Рисунок 29.**  
Тренажер  
ReviMOTION [31]

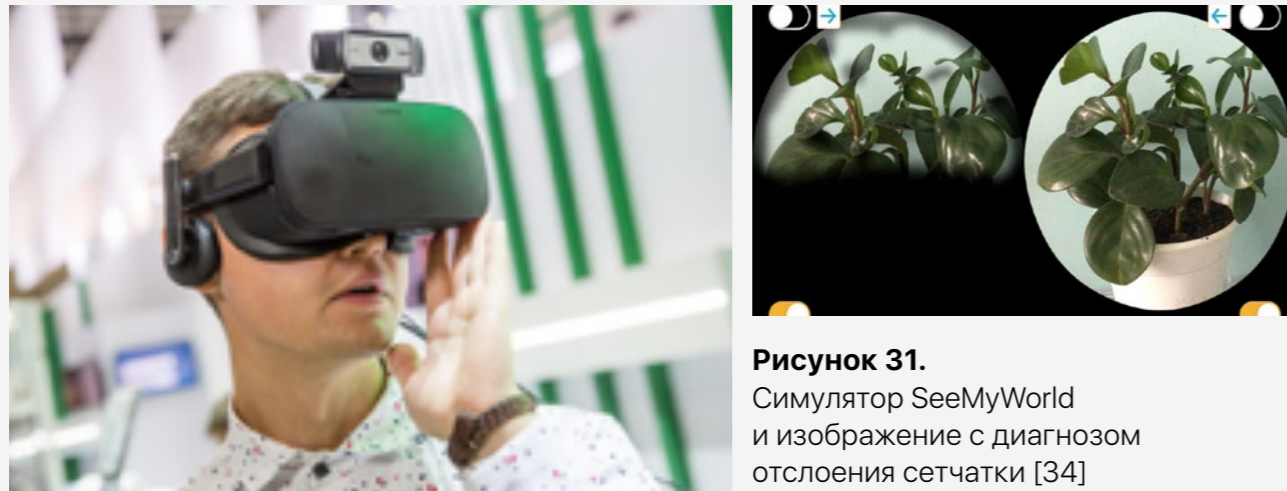
Центр Национальной технологической инициативы Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) – российский центр компетенций с проектным консорциумом по направлению «Нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности» разработал метод реабилитации двигательных и вестибулярных нарушений с использованием технологий виртуальной реальности на основе тактильной обратной связи. Научные сотрудники центра совместно с Медицинским центром ДВФУ работают над доказательством эффективности данного метода реабилитации для внедрения его в широкую практику. По мнению разработчиков, использование реабилитационного программно-аппаратного комплекса снижает время функционального восстановления, а также время, проведенное в стационаре, не менее чем на 30 %. При эффективном взаимодействии программной и аппаратной частей эффективность реабилитации повышается не менее чем на 25 %. Комплекс может снизить уровень инвалидизации пациентов и позволить восстановить трудовую и социальную адаптацию лиц трудоспособного возраста. В процессе реабилитации предлагается использование VR-тренажера, который синхронизирован с костюмом тактильной обратной связи компании TeslaSuit (Белоруссия) [32].

Специалисты подразделения MedVR компании **thePSYCHO** разработали прототип хирургического симулятора **MedVR LAP Expert** (рис. 30) на основе виртуальной реальности, который представляет собой программно-аппаратный комплекс со встроенными хирургическими инструментами и помогает симулировать операционное вмешательство в лапароскопической хирургии. При создании продукта применялась технология, которая с субсантиметровой точностью определяет движения тела человека, включая ноги, руки и мелкую моторику пальцев. Обучаемому предлагают надеть очки виртуальной реальности, которые проецируют изображение человеческого тела и органов на экран монитора. Все движения во время операции фиксирует система трекинга, с помощью которой хирург видит не только механику рук, но и получает обратную связь при взаимодействии с внутренними органами пациента [33].



**Рисунок 30.**  
VR-симулятор  
MedVR LAP Expert [33]

Компания «Сенсор-Тех», которая является резидентом Фонда «Сколково», разработала симулятор виртуальной реальности SeeMyWorld (рис. 31). Технология упрощает работу врачей-офтальмологов, а также педагогов, которые работают с людьми с нарушением зрения. Врачи-офтальмологи получают понимание, как пациент фактически видит предметы вокруг при том или ином поставленном диагнозе. На изображение, получаемое в онлайн-режиме с камеры смартфона или компьютера, накладывается дефект, возникающий при глазных заболеваниях. Пользователь выбирает режим, и на экране появляются характерные симптомы. Программу можно использовать с помощью специального приложения SMW Pro или VR-шлема [34].



**Рисунок 31.**  
Симулятор SeeMyWorld и изображение с диагнозом отслоения сетчатки [34]

Резидент Фонда «Сколково», компания **NOE**, создает цифровые решения в области офтальмологии, среди которых симулятор-тренажер NOE-VR (рис. 32), представленный как первый в мире офтальмологический образовательный VR-симулятор с использованием технологий искусственного интеллекта. В основе разработки анатомически точная модель глазного яблока в виртуальной реальности, на которую можно «накладывать» любые болезни глаз в разных стадиях, учиться их диагностировать и лечить, а личный наставник на основе искусственного интеллекта отследит прогресс и подскажет, что делать дальше. Включив хирургический модуль, пользователь получает возможность проводить операции [35].

**Рисунок 32.**  
VR-симулятор NOE-VR [35]



Специалисты компании «Моторика» разработали платформу виртуальной реальности **ATTILAN** (рис. 33), которая в формате игры обучает пациентов пользоваться протезами рук. Реабилитация в виртуальной реальности делает тренинг более эффективным за счет объединения мотивационных, игровых и соревновательных механик. Решение позволяет в формате игры обучить пациентов работе с протезами верхних конечностей. Разработка реагирует на каждое действие пациента и обеспечивает обратную связь. Пользователь может управлять виртуальным миром напрямую, используя свой протез в качестве обычного игрового контроллера. ATTILAN можно подключить к любому устройству для реабилитации через специальный электронный модуль Plug&Play. Индивидуальный и подробный игровой сценарий позволяет обеспечить более быструю реабилитацию. Платформа обеспечивает постоянную обратную связь с действиями пациента и помогает привыкнуть к работе с биоэлектрическими протезами рук в игровой форме, что особенно актуально для детей [36].



**Рисунок 33.**  
Виртуальная среда ATTILAN в формате космической станции [36]

Компания «Крисаф», резидент «Сколково», разработала тренажер (рис. 33), который помогает людям, утратившим способность двигаться после травм, операций или при детском церебральном параличе (ДЦП), восстановить двигательную функцию с помощью виртуальной реальности. Комплекс имитирует состояние человека в воде: пациент располагается в мягких манжетах, которые подвешены на десяти комбинированных исполнительных механизмах, включающих пневматическую систему и сервопривод. Для более эффективной мотивации пациента погружают в игровую виртуальную 3D-среду с помощью специального приложения, созданного в партнерстве с компанией Biart Studio (США). Человек попадает в подводный мир, занимается фотосъемкой и поиском сокровищ, участвует в мини-соревнованиях с животными, в результате чего имитируются плавание, ходьба, бег, прыжки. Аппарат задействует все группы мышц и помогает при частичной или полной потере мобильности. Его также применяют после травм и операций на головном и спинном мозге, при инсульте и ДЦП. В октябре 2019 года компания зарегистрировала данную разработку в Росздравнадзоре и запустила серийное производство тренажера. Первый комплекс проходил клиническое испытание в Национальном медико-хирургическом центре им. Н. И. Пирогова [37].



**Рисунок 34.**  
Тренажер «Крисаф» с использованием VR-среды

Компания «Таргетта», резидент технопарка «Мосмедпарк», совместно с компанией **VRAD Inc.** (Ю. Корея), разработала VR-платформу (рис. 35), предназначенную для инновационной подготовки и обучения практическим навыкам медицинских специалистов, которая включает в себя модули [38]:

- **VR Dental.** VR-симулятор стоматологической рентгенографии позволяет выполнять пространственные врачебные практики: внутриворотные и экстраоральные рентгенограммы, интерпретацию изображений, изучать протоколы безопасности;
- **General.** VR-симулятор общей диагностики обучает, как обращаться с рентгеном, КТ, МРТ; помогает установить расположение пациента перед началом исследования; объясняет интерпретацию изображений.
- **VR\_Анатомия.** Анатомия головы и шеи, стоматология, косметология. Модуль позволяет получить неограниченный доступ к виртуальному анатомическому столу; изучить основы анатомии головы и шеи.



**Рисунок 35.**  
Обучающая VR-платформа компании «Таргетта» [38]

В настоящее время компания «Таргетта» совместно с Центром национальной технологической инициативы Дальневосточного федерального университета (ДВФУ) и компанией VRAD Inc. разрабатывает приложение, отображающее принципы действия фармакологических препаратов в формате виртуальной реальности с визуализацией влияния лекарственного препарата на организм. Компания планирует выйти с этим продуктом на рынки США, Китая и Сингапура [39].

Сервис для домашней реабилитации постинсультных состояний **Rehabunculus** (рис. 36) разработан компанией «Интеллект и Инновации» совместно со специалистами ФГБНУ «Научный центр неврологии» [40].

Комплекс включает в себя программную платформу Rehabunculus, созданную с использованием технологий нейросетей и виртуальной реальности. Платформа работает в облаке Microsoft Azure, аппаратная часть комплекса представлена жестовым контроллером Microsoft Kinect.

Система подходит для вертикализованных пациентов со средними и легкими парезами по шкале MRC-SS и работает по принципу визуальной обратной связи, что дополнительно позволяет стимулировать когнитивную сферу, развивает способности к обучению, самообслуживанию, передвижению и ориентации.

Программное обеспечение платформы включает более 20 упражнений, направленных на все крупные группы мышц тела, а также на развитие равновесия, увеличение скорости реакции и координацию движений.



**Рисунок 36.**  
Тренажер «Крисаф» с использованием VR-среды

Центр виртуальной реальности компании «Крок» разработал для фармацевтической компании «Валента Фарм» мобильное AR-приложение (рис. 37) для реалистичной визуальной демонстрации механизмов действия инновационных лекарственных препаратов [41]. Интерактивный сценарий в основе AR-приложения позволяет наглядно показать механизм действия лекарственного препарата – от момента попадания лекарственного средства в организм человека до его воздействия на пораженный участок. Также разработанное «Крок» AR-приложение используется для демонстрации высокотехнологичного процесса производства лекарственных препаратов, осуществляемого на мощностях научно-производственного комплекса компании «Валента Фарм» по стандартам GMP.



**Рисунок 37.**  
Мобильное AR-приложение компании «Валента Фарм» [41]

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СИСТЕМЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

Технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности все более активно внедряются в клиническую практику работы по восстановлению движений и когнитивных функций у больных с поражением головного мозга ввиду их экологичности, программируемости, возможности селективного выделения необходимой (в том числе полимодальной) сенсорной стимуляции, а также установления обратной связи в режиме реального времени [42].

В рамках исследовательских проектов в **Московском научно-практическом центре медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы (МНПЦ МРВСМ ДЗМ)** разрабатываются программы психологической оптимизации реабилитационного процесса посредством включения в них технологий виртуальной и дополненной реальности. Это, в частности, неинвазивная компьютерная технология дополненной реальности, предназначенная для восстановительных тренировок движения кисти методом нейропроб с помощью алгоритмов компьютерного зрения у пациентов, перенесших инсульт: программа «Визуальная медицина». Шлем виртуальной реальности Vive Focus Plus EEA служит для психологической коррекции болевого синдрома у пациентов с хронически протекающими дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника на втором этапе медицинской реабилитации.

Специалисты филиала № 3 МНПЦ МРВСМ ДЗМ начали применять технологии виртуальной реальности для реабилитации после инсультов (программа «Девирта Делфи», «Девирта Точность»). В программу включен модуль с использованием игрового контроллера. Для каждого пациента индивидуально подбираются упражнения, направленные на преодоление двигательного и когнитивного дефицита, врач задает сложность выполнения каждого из них, делая акцент на пораженной стороне тела. Применение технологий виртуальной реальности в реабилитации после инсульта направлено на полное или частичное восстановление движения пациентов, функции равновесия и координации, ловкости в пораженных конечностях, а также навыков самообслуживания [43].

В Центре реабилитации и образования № 7 Департамента труда и социальной защиты населения города Москвы в систему реабилитации также успешно внедрены VR-лаборатория и AR-библиотека.

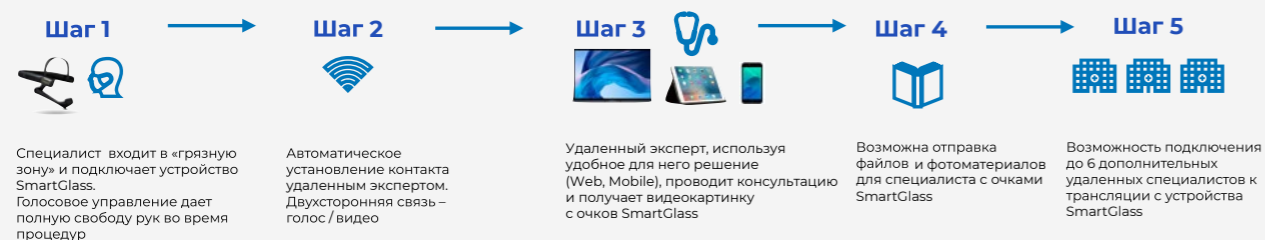
**В Госпитале для ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы** в гериатрических отделениях наряду с современным медицинским оборудованием используются шлемы виртуальной реальности, которые позволяют

пожилым пациентам повышать настроение, расширять кругозор, становиться более позитивными [44].

Компания «ЛАНИТ-Интеграция» в рамках пилотного проекта в апреле 2020 года внедрила в главном коронавирусном центре Москвы – **ГКБ № 40 Департамента здравоохранения города Москвы** – VR-систему для удаленной координации действий медиков (рис. 38). В основе решения – эргономичные умные очки, оснащенные видеокамерой и компактным экраном, которые соединяются с другими гаджетами общей информационной средой. Медицинский работник, надев очки, может из инфекционного бокса с больным вести онлайн-трансляцию звука и видео в «чистую зону». Врачи, находящиеся в «чистой зоне», могут удаленно давать ему рекомендации и передавать необходимые документы, историю болезни или медицинские снимки пациента. Система снижает риск заражения врачей, уменьшает время, которое медики тратят на использование средств индивидуальной защиты, и позволяет им охватить вниманием большее число пациентов. Врачи могут собирать консилиумы в дистанционном режиме, проводить обучение персонала и привлекать для консультаций врачей узкой специализации. Решение также пилотировалось в ряде других столичных больниц, принимающих пациентов с COVID-19 [45].

## ТЕКУЩАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

Сегодня пилотная версия системы позволяет реализовать следующий сценарий:



Сегодня используется в 30 центрах COVID-19 для расширения возможностей медицинских работников первой линии и сокращения риска заражения для удаленных экспертов

### Рисунок 38.

Презентация VR-системы, компания «Ланит» [46]

В городе Москве врачи резервных госпиталей для лечения пациентов с COVID-19 ежедневно проводят телемедицинские консилиумы с коллегами из других стационаров для выбора оптимальной тактики лечения реанимационных пациентов со сложной клинической картиной. Для этого в столице создана программа «Удаленный помощник», интегрированная в Единую медицинскую информационно-аналитическую систему (ЕМИАС). Программа работает с помощью интерактивной платформы и очков дополненной реальности последнего поколения, которые обеспечивают

удаленную коммуникацию между врачами в режиме реального времени. Система дает возможность проведения телемедицинских консилиумов, обходов с возможностью голосового управления. Специалисты имеют аудиовизуальный контакт, а изображение передается в высоком качестве – для этого используется дополнительное освещение [47].

Возможность симуляционного обучения врачей-хирургов медицинских организаций Департамента здравоохранения города Москвы с использованием VR-технологий реализована в Учебном центре для медицинских работников – Медицинском симуляционном центре Боткинской больницы (МСЦ) (рис. 39) – уникальном в России и Европе учебном заведении, созданном по типу многопрофильной виртуальной клиники на базе крупнейшего стационара столичного и российского здравоохранения.

В МСЦ организовано около 20 виртуальных клиник, в том числе хирургических (клиника лапароскопической хирургии, клиника роботической хирургии, урологии, гинекологии, травматологии, нейрохирургии и др.). Благодаря модулям дополненной виртуальной реальности в комбинации с симулятором УЗИ-диагностики специалисты практического здравоохранения могут максимально полно погрузиться в процесс обучения с созданием трехмерных симуляций, в которых врачи смогут оттачивать свои навыки осмотра и лечения пациентов. Использование интерактивной 3D-проекции позволяет детально изучить ультразвуковую картину, получить точные сведения с высокой степенью детализации различных органов и частей тела человека и принять наиболее приемлемые диагностические решения [48].



### Рисунок 39.

Медицинский симуляционный центр Боткинской больницы [48]

Как и во многих предыдущих технологических прорывах, технологии AR/VR получили раннее развитие в индустрии развлечений и в настоящее время находят широкое применение в различных сферах экономики. Использование VR/AR в индустрии здравоохранения снижает затраты, расширяет доступ к услугам и улучшает результаты лечения. Технологии VR/AR облегчают боль и беспокойство пациентов, помогают в диагностике, реформируют обучение врачей, предоставляя возможность практиковать и ограничивать ошибки в условиях безрисковой симуляции, а также позволяют адаптировать новые стратегии в хирургии.

Российские VR/AR-разработки имеют достаточно высокий потенциал, но для успешного выхода на рынок данным проектам требуется масштабная инвестиционная поддержка. На реализацию мероприятий, заложенных в дорожную карту развития данных технологий в рамках национального проекта «Цифровая экономика», до 2024 г. потребуется 54,18 млрд руб., из них расходы федерального бюджета составляют 29,68 млрд руб., внебюджетные источники – 24,5 млрд руб. [1]. В частности, сфере медицины предлагается разработать реабилитационный программно-аппаратный комплекс с применением технологий VR/AR и костюма с тактильной обратной связью, создать тестировочные лаборатории для верификации методик и технологий, провести методические исследования по применению VR/AR в процессе реабилитации и поддержать разработки по преодолению фобий, работы с когнитивными расстройствами и лечения болезни глаз на уровне опытно-конструкторских работ.

Москва, следуя мировым тенденциям, на протяжении последних лет активно развивает цифровую среду здравоохранения, внедряет инновации и создает электронные сервисы для врачей и пациентов. Учитывая, что в мире идет активное внедрение разработок на стыке VR-технологий и больших данных, искусственного интеллекта, а также AR-технологий и технологий «интернета вещей» (IoT), можно с уверенностью полагать, что использование современных VR/AR-решений в столичном здравоохранении будет продолжаться.

В настоящее время лидеры в разработке VR/AR-технологий для здравоохранения смещают свое внимание с пилотных проектов и нишевых предложений на стратегии, основанные на инновационных вариантах использования технологий VR/AR и прототипах, предназначенных для масштабного массового внедрения. Растут доступность и разнообразие VR/AR-устройств и программного обеспечения, виртуальная и дополненная реальность становится все более привычным и комфортным инструментом как для врачей, так и для пациентов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности», 2019 г., Минцифры России, <https://digital.gov.ru/ru/documents/6654/>
2. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/virtual-reality-vr-in-healthcare-market>
3. <https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>
4. Wayne Monsky, Ryan James, Stephen Seslar "Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine and Surgery The Fantastic Voyage is here", *Anatomy & Physiology: Current Research*, 2019, Vol. 9 Iss. 1 No: 313
5. P. Milgram and A. F. Kishino (1994). «Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE Transactions on Information and Systems*: 1321–1329
6. <https://www.mai.ai/>
7. <https://www.fundamentalvr.com/>
8. <https://ossovr.com/>
9. <https://www.microsoft.com/en-us/p/holoanatomy/9nblggh4ntd3?activetab=pivot:overviewtab>
10. <https://oxfordmedicalsimulation.com/>
11. Harvey Shi, Jeff Ames, Amanda Randles «Harvis: an interactive virtual reality tool for hemodynamic modification and simulation», *Journal of Computational Science*, Volume 43, 2020.
12. <https://www.surgicaltheater.net/>
13. <https://echopixeltech.com/>
14. <https://www.immersivetouch.com/>
15. <https://www.novarad.net/opensight>
16. <https://sentiar.com/>
17. <https://www.propriovision.com/>
18. <https://augmedics.com/>
19. <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/05/14/2033461/0/en/Ocutrx-s-Oculenz-Advances-from-AR-Headset-to-Full-Surgery-Visualization-Theatre.html>
20. <https://karunalabs.com/>
21. <https://ovrhealth.com/>
22. <https://syncthink.com/>
23. <https://www.xr.health/>
24. <https://floreotech.com/>



Экспертный обзор

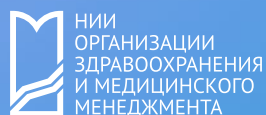
Е. И. Аксенова, С. Ю. Горбатов

# **ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В МЕДИЦИНЕ**

Корректор: Е. Н. Малыгина  
Дизайн и верстка: Е. В. Маркетов

Подготовлено и согласовано к размещению  
на сайте ГБУ «НИИОЗММ» 19.08.2021.

Электронное издание ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ».



# ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

МОСКВА  
2 0 2 1