

УДК 004.023

## НОВЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

**Иванько А.Ф., Иванько М.А., Бутырская Д.В.**

*Московский политехнический университет, Москва, e-mail: alekfed@mail.ru*

Со вступлением человечества в информационную эпоху было изобретено множество видов техники. Постепенно информационные технологии нашли своё истинное применение в улучшении качества жизни – совершенствуя трудовую деятельность человека, улучшая методы коммуникаций, облегчая хозяйственно-бытовой труд и так далее. Но лишь недавно информационные технологии начали входить в медицинские сферы человеческой деятельности, от которых зависит жизнь пациентов. Развитие виртуальных технологий является одним из главных направлений современного инновационного прогресса. Актуальность развития этих технологий проявляется в первую очередь в том, что человечество, ввиду своего вступления в этап информатизации и глобализации, начинает находить всё новые и новые сферы применения данной технологии. Среди наиболее важных интересующих человека сфер мы можем выделить науку, культуру, образование, медицину, коммуникации и множество других. Введение современных информационных технологий в медицину – обоснованный шаг технологического развития человечества, поскольку с их помощью можно улучшить систему здравоохранения в целом, сократив время и затраты на поиск индивидуального решения проблемы – а время, как известно, в медицине зачастую является критическим фактором в спасении жизни пациента. Данная статья исследует применение инновационных технологий в медицине.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, медицина, системы диагностики, компьютерное обучение, базы данных, информационные технологии

## THE LATEST ADVANCES IN INFORMATION TECHNOLOGY IN MEDICINE

**Ivanko A.F., Ivanko M.A., Butyrskaya D.V.**

*Moscow Polytechnic University, Moscow, e-mail: alekfed@mail.ru*

With the entry of humanity into the information age, many types of technology were invented. Gradually, information technologies have found their true application in improving the quality of life – improving human labor, improving communication methods, facilitating household work and so on. But only recently have information technologies begun to enter the medical fields of human activity on which the lives of patients depend. The development of virtual technologies is one of the main directions of modern innovation progress. The relevance of the development of these technologies is manifested primarily in the fact that humanity, due to its entry into the stage of informatization and globalization begins to find more and more new areas of application of this technology. Among the most important areas of human interest, we can highlight science, culture, education, medicine, communications, and many others. The introduction of modern information technologies into medicine is a reasonable step in the technological development of mankind, because with their help it is possible to improve the health care system as a whole, reducing the time and costs of finding an individual solution to the problem – and time, as we know, in medicine is often a critical factor in saving the patient. This article explores the application of innovative technologies in medicine.

**Keywords:** virtual reality, medicine, diagnostic systems, computer training, databases, information technologies

Самые известные достижения информационных технологий – это применяемые повсеместно интернет, смартфоны, игровые приставки, персональные ЭВМ [1, 2]. Однако у любой узконаправленной области науки или техники есть своё характерное только для нее спецоборудование и программное обеспечение, что обеспечивает и гарантирует работу приборов, систем или же целой команды специалистов.

Исследование возможностей виртуальной реальности является востребованной и высокоперспективной задачей по причине пересечения различных направлений и сфер виртуальных проблем между собой, это переплетение породило множество новых направлений в современном обществе – это виртуальное образование, медицину, психотерапию, искусство, бизнес, политику, коммуникации и многие другие,

а также направило вектор развития возможностей современных информационных технологий в новом направлении [3, 4].

Одной из особенно интересных областей медицины, в которых используется виртуальная реальность, является психотерапия.

Как известно, начиная с середины XX в. в психотерапии начали использовать кинофильмы, после которых пациенту предлагалось обсудить содержание фильма и поделиться своими впечатлениями с лечащим врачом. Таким образом предоставлялась возможность узнать, что является проблемой тематикой у пациента, дать ему возможность увидеть развитие схожей проблемы у героев фильма, а позже – рассказать о своих впечатлениях и обсудить их. Такой метод взаимодействия с пациентом даёт достаточно материала для дальнейшей работы психотерапевту [5].

Но технологии виртуальной реальности (VR) открывают множество новых возможностей, среди которых: например, перемещение личных и душевных волнений пациента из внутренней среды в виртуальную – т.е. внешнюю. Таким образом, дальнейшая работа с фобиями или другими проблемами пациента проходит «вне головы» – в виртуальной среде [6].

Различные виды психотерапии предлагают методы, призывающие пациента представить себя в обстановке, которая вызывает дискомфорт, и произвести в ней определённые действия под руководством психотерапевта [7].

В воображаемой ситуации пациент наблюдает за собственными действиями со стороны и пробует самостоятельно контролировать ситуацию.

Проблематика заключается в том, что в выдуманный пациентом мир у специалиста нет доступа. Эта проблема может быть преодолена средствами виртуальной реальности: она позволяет создать это выдуманное пространство так, чтобы оно было идентичным как у пациента, так и у лечащего врача [8, 9].

Кроме того, все характеристики виртуальной реальности регулируются. Однако в данный момент все процедуры VR-терапии проходят под строгим контролем психотерапевта – таким образом, данный метод не может быть использован напрямую пациентом, чтобы проводить какие-то масштабные испытания с собственными психологическими состояниями, не выходя из дома.

Уже в XX в. пробовали применять виртуальную реальность в психотерапии, однако интерес к этой теме быстро пропал. Причина кроется в том, что пациент пребывал в пространстве с некачественными трёхмерными моделями, неспособный к полноценному взаимодействию с окружающими его предметами (или взаимодействие осуществлялось очень медленно).

Применение VR-технологий в лечении психических расстройств – ожидаемое продолжение истории усовершенствования психотерапевтических методов при лечении часто встречающихся болезней (таких как ОКР, ПТСР, стресса, тревожности и так далее). Развитие их было независимым, «автономным» развитию самых разнообразных технологий [10].

К тому же психотерапевтическому миру давно известна экспозиционная терапия.

Она рассчитана на то, что, когда лечащий врач показывает пациенту с фобией фотографию или видео с предметами, вызывающими у него страх, пациент представляет себя в соответствующей дискомфортной си-

туации и с руководством специалиста учится по-другому откликаться на неё и предметы фобий.

Позднее появился метод ДПДГ (Десенсибилизация и переработка движением глаз). Идея этой терапии состоит в том, что благодаря определённым перемещениям взгляда человека есть возможности произвести физиологические перемены, которые будут способствовать обработке причиняющих дискомфорт воспоминаний [11].

Два вышеперечисленных метода пользуются визуализацией в той или иной степени.

Но сразу же встает проблема, изучением которой занялись многие психотерапевты и учёные из смежных сфер – они начали исследовать действие VR-технологий на человека, методику понимания им объектов виртуальной реальности.

Как сильно человек может погружаться в несуществующее пространство, всем сердцем веря в реальность происходящего? Когда пользователь VR-технологий наиболее полно верит в реальность, предоставляемую техническими устройствами?

Сегодня многочисленные исследовательские труды говорят нам о том, что большей части объекты виртуальной реальности воспринимаются человеческим мозгом скорее как сны и мечты, а не как вполне существующая осязаемая реальность. Мечтая, человек способен чувствовать различный спектр эмоций, однако он понимает, что все объекты этой мечты нереальны. Таким же образом человек осознает себя в «VR-мире» [12].

Эта проблема породила, пожалуй, главный вопрос виртуальной реальности: как увеличить эффект присутствия с помощью разнообразных преобразований создаваемых объектов?

Именно с пересечением психотерапевтических методов визуализации и поиска усовершенствования глубокого восприятия человеком технологии виртуальной реальности появилась идея для создания максимально реалистичного пространства для человека [13].

Тем не менее всё ещё не доказано, что VR-терапии являются действеннее традиционных, вроде просмотра кино совместно с психотерапевтом, с установленными нормами упражнений и инструкций визуализации.

К тому же возникает вопрос: универсальна ли эта методика психотерапии или же есть какие-то ограничения, связанные с физиологическим состоянием человека. Ведь очевидно, что люди в возрасте воспринимают виртуальную обстановку хуже молодых [14].

Возвращаясь к проблематике виртуальной реальности как одной из основных направлений современного инновационного и информационного развития, нужно упомянуть о расширении спроса на предоставление психологической помощи посредством виртуальной реальности по всему миру, благодаря появлению более дешёвых приборов VR-технологий.

Одним из самых успешных проектов в терапевтическом направлении является Bravemind – разработка Университета Южной Калифорнии, в котором изучение методик терапии посттравматического стрессового расстройства посредством VR-технологий началось ещё в 1990 г., при участии фирмы Virtually Better, которая в данный момент является поставщиком этого продукта по всему миру [15].

Bravemind включает в себя настраиваемую VR-среду, прибор, симулирующий различные запахи и осуществляющий осязаемое взаимодействие помещённого в виртуальную реальность пользователя с окружающим его миром.

Результаты, полученные после нескольких таких сеансов, позволяют сделать вывод, что терапия, проводимая в виртуальной реальности, так же действенна, как и смешанная терапия с применением медикаментов [16].

Так же учёные из фирмы Beyond Care нашли применение упомянутому ранее методу терапии ПТСР – ДПДГ (Десенсибилизация и переработка движением глаз) посредством VR-технологий. Запуск проекта считается успешным, и на данный момент Beyond Care разрабатывает новые программные обеспечения и продолжает исследования вместе с Университетом Голландии [17].

Однако у создателей таких VR-продуктов в наличии только ограниченный арсенал ситуаций, который состоит из наиболее часто запрашиваемых заказчиками. Таким образом, для пациента, боящегося пауков или высоты, есть виртуальные пространства, дающие возможность преодолеть страх. Но это частые случаи. С военнослужащими, вернувшимися со службы, проводится терапия посттравматического стрессового расстройства посредством воссоздания боевых сцен в виртуальной реальности.

Но в то же время нельзя рассчитывать, что данная программа подойдёт солдатам других стран, ведь даже небольшая деталь, например униформа симулированных в виртуальной реальности солдат, может свести лечебное действие VR-терапии к нулю [18].

Пускай психотерапевты и делают запросы на конкретные ситуации, всё равно остаётся огромное количество индивидуальных запросов, на создание которых уходят большие деньги, что крайне неразумно, поскольку лечащие врачи могут погрузить своего пациента в воображаемый мир посредством беседы или какой-либо другой методики.

Виртуальная реальность также активно применяется для лечения тревожных расстройств и фобий. Результаты более десятка исследований показали, что VR-терапия настолько же действенна, как и простая экспозиционная терапия, проводимая терапевтом индивидуально в кабинете [19].

Другой известный проект был разработан фирмой Virtual Reality Medical Center – это система, состоящая из технологии виртуальной реальности, включающая в себя приборы, имитирующие полёт в самолёте.

Ранее упомянутая фирма Virtually Better успешно запустила несколько проектов борьбы с самыми распространёнными фобиями, такими как аэрофобия, страх сцены, акрофобия. В планах компании дальнейшая разработка программного обеспечения для работы с детскими тревожностями и социофобией [20].

В испанской компании Psious первыми предложили совместно с технологиями виртуальной реальности в лечении фобий использовать биологическую обратную связь, таким образом, при помощи визуализации пациент учится контролировать свои психосоматические состояния.

Более широким распространением терапии с помощью средств виртуальной реальности занялась фирма Mimerse – она начала разрабатывать программное обеспечение в форме игр, которые находятся в свободном доступе для любого пользователя и не требуют присутствия терапевта. Результатом совместных разработок этой фирмы и Стокгольмского университета стала игра «Itsy», созданная для терапии боязни пауков.

Другое применение виртуальным технологиям в психотерапии нашли в реабилитации пациентов со стрессом и медитации [21].

Примером такого программного обеспечения VR может служить приложение DEEP – это игра, позволяющая расслаблять напряжённое сознание. Это позволяет сделать метод, упоминаемый ранее – биологическая обратная связь. Таким образом, чем лучше пользователь контролирует своё дыхание, тем глубже он погружается в красочный подводный мир этой игры. Техники дыхания, представленные в ней, являются приёмами дыхательных упражнений йоги.

Более упрощённые и доступные варианты – это игры с расслабляющим окружением и ненавязчивым музыкальным сопровождением. Их существует множество, наиболее известные из них: Nature Treks, Luna, Lumen, American Truck Simulator [22].

Также был рассмотрено использование виртуальной реальности и в психодинамическом направлении – было проведено несколько опытов использования VR-технологий в психодинамическом подходе, которые описаны более подробно в исследовательской работе Кристин Айхенберг (Christiane Eichenberg), Application of «Virtual Realities» in Psychotherapy: Possibilities, Limitations and Effectiveness 2007 г. [23].

В данный момент известны случаи успешные терапии, проведённые с помощью технологий виртуальной реальности по данным базы научно-исследовательских работ PubMed (ncbi.nlm.nih.gov): посттравматического стрессового расстройства (Дайфид, 2014; Ротбаум, 2014; Смит, 2015); страха открытого пространства и страха полётов (Мэлбос, 2013; Мэйербротер, 2013; Пелиссоло, 2012; Питти, 2015); социальной тревожности (Андерсон, 2013; Сафир, 2012); боязни пауков (Шибан, 2013–2015). Положительные результаты дала и терапия управления стрессом посредством VR (Гаджиолини, 2014). Опыты терапии расстройства приёма пищи (Марко, 2014) и аутизма (Смит, 2014–2015) не принесли однозначно положительных результатов [24].

Но не только в психотерапии используют VR-технологии, намного чаще они применяются при обучении будущих специалистов.

Наиболее известный общественности случай использования технологий виртуальной реальности в этой сфере – это операция, проведённая Шафи Ахмедом в апреле 2014 г. в Королевском Госпитале, Лондон. С помощью технологии Google Glass, пока за прямой трансляцией операции наблюдало тысячи студентов, врач удалял раковую опухоль из пациента, попутно отвечая на вопросы, задаваемые в своеобразном «чате» в углу линзы.

Это был первый случай, когда зрители наблюдали операцию от первого лица – причём не только с телефона или компьютера, можно было подключить так же очки виртуальной реальности.

Но этот метод обучения не идеален: несмотря на то, что зритель может свободно рассматривать интересующие его детали, он всё равно остаётся пассивным наблюдателем – для практики полученных навыков создаются специальные VR-системы, ре-

листично симулирующие ситуацию. В созданном пространстве можно практиковать осмотр пациентов и их лечение [25].

Примером такой системы может служить комплекс Саманта, разработанный фирмой Medical Simulation. С помощью Саманты студенты-кардиологи могут свободно исследовать человеческое сердце. Программное обеспечение воссоздаёт полноразмерный макет человеческого тела, позволяет контролировать ввод контрастного вещества, а также предоставляет широкий спектр инструментов для различных операций, проводимых с сердцем. На мониторе же будут отображаться последствия действий пользователя VR-системы – Саманта снимает телеметрию и реалистично реагирует на действия врача. Дополнительно могут вводиться усложняющие операцию условия, такие как особенности здоровья пациентов или же нестандартные реакции на лекарства.

Также есть стандартизированные обучающие VR-системы для обучения медперсонала разных направлений. Например, компания HumanSim, используя технологии трёхмерных движков, выпускает разнообразные программы: основные принципы коммуникации с пациентами, оказания первой помощи. К тому же можно создавать собственные медицинские симуляции на движке от HumanSim, подходящие к ещё более специфичным направлениям медицины [26].

Ещё одно применение VR нашли в реабилитации пациентов.

Реабилитация – один из самых важных этапов на пути к полному выздоровлению или адаптации. Яркий пример – возникновение фантомных болей у потерявших конечность из-за несчастного случая или неудачной операции пациента. Фантомная боль может по-разному себя проявлять: жжением, зудом или покалыванием. До недавнего времени не было придумано эффективного метода избавления от них, пока в Технологическом университете Чалмерса (Гётеборг) не сделали следующий эксперимент: пациенту на место ампутированной руки прикрепили датчики, которые считывали импульсы сокращающихся мышц – компьютер же их перерабатывал в движения виртуально созданной руки, что отображалось в VR-очках.

Притом виртуальная конечность не просто шевелилась; ею можно было управлять автомобилем в виртуальной среде – таким образом, виртуальная среда «обманывала» мозг, показывая картинку того, что рука вполне себе существует, ей можно двигать и совершать некие действия.

После эксперимента пациент поделился своими ощущениями – по его словам, фантомные боли ослабли и начали появляться намного реже, чем до этого.

Ещё один способ использования VR технологий – лечение нейрофизиологических нарушений.

К примеру, система MindMaze, как заявляют разработчики, помогает мозгу восстанавливать и перестраивать нарушенные нейронные связи. Движения, совершаемые пациентами, отслеживаются этой системой, и они отображаются на экране. Программа предполагает выполнение пациентом задач разной сложности и, таким образом, происходит медленно лечение нейрофизиологических нарушений.

Зачастую, обезболивающие лекарства не до конца избавляют от сильных болей, которые испытывают люди, получившие обширные ожоги тела.

Для таких случаев создана VR-игра SnowWorld. Её сюжет разворачивается в снежном мире, пользователь должен атаковать снежными орудиями снеговиков и пингвинов. Отвлекаясь при помощи этой игры, пострадавшие от ожогов тратят намного меньше времени на мысли о боли, по данным исследований компании – 22% вместо 76%.

Говоря о инновациях виртуальной реальности в медицине, нужно упомянуть о более глобальном достижении информационных технологий в данном направлении – о медицинских системах [7, 8].

Сегодня компьютеры – неотделимая часть любого медицинского учреждения.

Фактически ещё в 1990 г. началась унификация вычислительной техники в здравоохранении.

На фоне появления новых болезней и лекарств и в связи с растущим притоком пациентов становится очевидно, что автоматизация медицины – это неизбежный и необходимый процесс для более эффективной работы здравоохранительной системы.

Автоматизированная обработка с электронным хранением данных становится необходимостью, поскольку ожидается строгая отчётность больших объёмов информации и её стандартизация.

Удобной обработки, хранения и использования конфиденциальной информации можно добиться с помощью электронного документооборота. Большинство больниц, клиник и других лечебных заведений перешло на него, а остальные – планируют как можно скорее его ввести [9, 10].

Прежде всего, благодаря информатизации медицины появляется возможность ввода оптимальной для учреждения базы

пациентов, хранения их личной информации, данных об оказанных услугах, диагнозах и болезнях, которые вводятся в электронную карту.

Такой формат данных упрощает врачу поиск и ориентацию в базе пациентов; ему значительно легче диагностировать болезни и составлять план последующего лечения и мониторинга. Пропадает нужда в «бумажной» работе, что упрощает работу не только врачам, но и всему медперсоналу учреждения.

Больше не потребуются повторные обследования, ведь возможность потери информации в медицинской системе стремится к нулю. К примеру, в учреждениях, в которых не был введён электронный формат данных, врачи в 11% процентах случаев должны делать повторные исследования из-за утери бумажных свидетельств.

При помощи медицинской информационной системы осуществляется запись пациентов на приём к нужному врачу, причём в наименее загруженный филиал клиники, учитывая время работы специалистов.

Через МИС производится запись пациентов к нужным врачам и распределение пациентов по филиалам с учётом расписания смен сотрудников; формируется стабильная работа колл-центра, где обрабатываются обращения потенциальных пациентов.

МИС позволяет эффективно следить за состоянием склада, оперативно получая актуальную информацию о наличии или отсутствии препаратов или средств, затратах и полученных поставках, распределяет запасы по нуждам разных филиалов учреждения.

К МИС можно подключить кассовое оборудование, открывая тем самым возможность для произведения расчёта по услугам, также система предоставляет обширное поле взаимодействий со страховой организацией.

МИС позволяет собирать статистические данные, которые выявляют, каков уровень спроса на различные услуги, каких врачей предпочитают пациенты, какие филиалы более популярны и в какие часы наблюдается наибольший приток пациентов.

При помощи МИС составляется прейскурант на всевозможные виды услуг или программ, предоставляемых медицинским учреждением. Возможно внесение изменений в прейскурант, автоматизированная система учёта скидок, акций и личных бонусов пациентов. МИС сохраняет полную историю цен.

На основе МИС происходит контроль за сотрудниками учреждения, оценка успехов их деятельности, заполнение рабочего гра-

фика, основываясь на котором МИС ведёт вычисление заработной платы, принимая во внимание статус финансовых отношений с сотрудниками. Сервисные же ресурсы МИС дают разделять данные по уровню доступа – для сотрудников учреждения и руководителей.

Учитывая все вышеперечисленные достоинства медицинской информационной системы, становится очевидно, что с её помощью можно значительно повысить эффективность системы здравоохранения по всему миру.

### Заключение

Каких же инноваций информационных технологий в медицине можно ожидать в ближайшем будущем? Прежде всего – повсеместное внедрение систем электронного документооборота.

Медицинские информационные системы, это можно уверенно сказать в связи с их доказанной высокой эффективностью, ожидается распространение по всем медицинским учреждениям. В дальнейшей перспективе можно предположить, что на стыке МИС и технологий искусственного интеллекта появится система, способная сама регулировать работу предприятия – в том числе выполнять такие задачи, как увольнение или прием сотрудников, снижение или повышение зарплаты, закупка или продажа лекарственных препаратов и так далее.

В перспективе технологии виртуальной реальности могут сделать психологические и реабилитационные услуги более доступными для людей, например, с ограниченными возможностями передвижения и жителей труднодоступных регионов: в данный момент единственная доступная для них квалифицированная психологическая помощь оказывается посредством беседы по Скайпу.

Но также нельзя не сказать о довольно неоднозначной перспективе развития терапии виртуальной реальности: своеобразная стандартизация терапевтических VR-сессий при работе с пациентами, поскольку результат сессии станет более предсказуемым, а терапия может стать менее персонализированной из-за чрезмерной регуляции симуляции.

VR-методы обучения будущих врачей, ввиду их крайней востребованности, расширяют спектр предоставляемого программного обеспечения, предоставляя новые системы обучения для ещё большего количества систем из сферы медицины.

Ещё одна вполне возможная перспектива развития VR-технологий в обучении специалистов – это её синтез с технологией

искусственного интеллекта. Таким образом, у системы появится способность анализировать ситуации и давать подсказки врачу, минимизируя врачебные ошибки.

### Список литературы

1. Иванько А.Ф., Винокур А.И., Иванько М.А. Архитектура информационных мультимедиа систем: учебное пособие. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Deutschland (Германия), 2018. 210 p.
2. Ivanko A.F., Ivanko M.A., Kulikova E.V. Moscow Polytechnic University, Moscow, Security of information data. European journal of natural history. 2018. № 4. P. 118–120.
3. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Бурцева М.Б. Дополненная и виртуальная реальность в образовании // Young Scientist. September. 2018. № 37(223). С. 11–16.
4. Фейламазова С.А. Информационные технологии в медицине: учебное пособие для медицинских колледжей. Махачкала: ДБМК, 2016. 163 с.
5. Christiane Eichenberg. Application of «Virtual Realities» in Psychotherapy: Possibilities, Limitations and Effectiveness. Virtual Reality. 2011. P. 469-484. DOI: 10.5772/12914.
6. Суворов К.А. Системы виртуальной реальности и их применение // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. 2013. № 9. С. 140–143.
7. Кузнецов П.П., Чеботаев К.Ю., Узденов Б.И. Медицина и виртуальная реальность 21 века: создание синтетических сред, тренды, инновации // Врач и информационные технологии. 2014. № 3. С. 72–80.
8. Виртуальная реальность в медицине [Электронный ресурс]. URL: <http://valkiriarf.livejournal.com/769462.html> (дата обращения: 24.12.2018).
9. Зинченко Ю.П., Меньшикова Г.Я., Баяковский Ю.М., Черноризов А.М., Войскунский А.Е. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. 2010. Т. 2. № 4. С. 64–71.
10. Устинова К.И., Черникова Л.А. Виртуальная реальность в нейрореабилитации // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2008. Т. 2. № 4. С. 34–39.
11. Мухин Ю.Ю., Лебедев Г.С. Классификация медицинских информационных систем // Транспортное дело России. 2012. № 6–2. С. 98–105.
12. Мухин Ю.Ю. Мониторинг качества и эффективности медицинской помощи // Информационные технологии в медицине: материалы XX Российского национального конгресса «Человек и лекарство» в Научно-исследовательском институте ревматологии РАМН (Москва, 17 апреля 2013). М.: ООО «Консэф», 2015. 16 с.
13. Зарубина Т.В. Направление информатизации здравоохранения России на современном этапе // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. № 10. С. 4–8.
14. Тимофеева А.В., Чернакова С.Э., Литвинова М.В., Аничков А.Д., Полонский Ю.З., Козаченко А.В. Медицинские аспекты разработки систем человеко-машинного взаимодействия с использованием моделей виртуальной реальности для нейрохирургии. Тр. СПИИРАН. 2008. № 6. С. 184–196.
15. Кузнецов П.П., Чеботаев К.Ю., Узденов Б.И. Медицина и виртуальная реальность 21 века: создание синтетических сред, тренды, инновации // Врач и информационные технологии. 2014. № 3. С. 72–80.
16. Тимофеев М.Е., Шаповальянц С.Г., Полушкин В.Г., Валиев А.А., Валеев Л.Н., Гайнутдинов Р.Т., Андрияшин В.А., Зайнуллин Р.Х. Медицинские симуляторы: история развития, классификация, результаты применения, организация симуляционного образования // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2015. № 2. С. 53–59.

17. Мареев Г.О., Мареев О.В., Данилова Т.В., Алайцев И.К. Обзор систем виртуальной реальности для обучения хирургическим навыкам в области лица и шеи // Мир науки, культуры, образования. 2015. № 6. С. 92–96.
18. Гольдштейн С.Л., Печеркин С.С., Гольдштейн М.Л. О системах виртуальной дополненной реальности и их применении в медицине // Системная интеграция в здравоохранении. 2011. № 1. С. 5–16.
19. Войскунский А.Е., Меньшикова Г.Я. О применении систем виртуальной реальности в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2008. № 1. С. 22–36.
20. Недбаева С.В., Недбаев Д.Н. Виртуальная психологическая практика: реалии и ресурсы // The educational and social sciences in the 21 century. Bratislava, 2013. С. 187–190.
21. Кузьмина А.С. Анализ зарубежных исследований опыта человека в среде виртуальной реальности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. С. 102–112.
22. Антюшин А.О. Использование технологий виртуальной реальности для определения профессиональной пригодности и подготовки кадров опасных профессий // Виртуальная и дополненная реальность 2016: состояние и перспективы: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции (Москва, 28–29 апреля 2016). М.: Московский государственный образовательный комплекс, 2016. С. 34–36.
23. Глыбочко П., Аляев Ю., Дзеранов Н., Хохлачев С., Фиев Д., Петровский Н., Сирота Е. Виртуальные технологии в современной хирургии // Российские медицинские вестн. 2014. № 1. С. 4–16.
24. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И. Основные тенденции в развитии медицинских информационных систем // Фундаментальные исследования. 2015. № 5–1. С. 58–62.
25. Гусев А.В. Медицинские информационные системы: состояние, уровень использования и тенденции // Врач и информационные технологии». 2011. № 3. С. 6–14.
26. Гулиева И.Ф., Рюмина Е.В., Гулиев Я.И. Вопросы эффективности информационных технологий в медицине // Врач и информационные технологии. 2011. № 5. С. 6–18.