

УДК 378

DOI: 10.26140/anip-2019-0801-0043

ИММЕРСИВНЫЙ ПОДХОД В ОБРАЗОВАНИИ

© 2019

Корнилов Юрий Вячеславович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Информатика и вычислительная техника» Педагогического института Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (677000, Россия, Якутск, проспект Ленина, 2, e-mail: kornilov@lenta.ru)

Аннотация. В статье совершена попытка определить новые перспективы, которые лягут в основу будущей парадигмы образования. Набирающие популярность технологии виртуальной реальности определяют ключевые позиции в ближайшем будущем, а перспективы использования иммерсивных технологий позволяют по-новому взглянуть на систему взаимодействия человека с компьютером (human-computer interaction, HCI). Приведенный ретроспективный анализ развития VR-технологий свидетельствует о готовности и наличии технологических решений, отсутствие которых ранее препятствовало развитию индустрии VR. Проведен обзор различных областей, где роль иммерсивных технологий получила особое место (театральное искусство, кинематограф). Особое внимание в статье уделено понятию иммерсивности, позволяющей качественно иначе взглянуть на современные технологии погружения. Автором совершена попытка консолидировать все изыскания в терминологическом аспекте в виде определения понятия иммерсивного подхода в образовании. Обозначена связь иммерсивного подхода с другими подходами в образовании (деятельностный, контекстный, информационный), принципом наглядности, расширяемым и дополняемым в аспекте современных технических возможностей. Изучение иммерсивного подхода и виртуальных технологий в целом коснулось вопроса последствий, которые могут быть вызваны их применением. Тут следует особо уделить внимание психологическим аспектам воздействия иммерсивных сред на обучающегося, осознавать чувство меры и целеполагания их использования с пониманием риска сведения на нет всего полезного эффекта. Также определено, что иммерсивные технологии, подразумевающие трансформацию роли педагога, заставляют говорить и о проблеме неготовности большинства педагогов к их реализации в образовательной практике.

Ключевые слова: иммерсивный подход, образование, иммерсивная среда, виртуальная реальность, VR-технологии.

IMMERSIVE APPROACH IN EDUCATION

© 2019

Kornilov Yuriy Vyacheslavovich, candidate of pedagogical Sciences, associate Professor of "Informatics and computer engineering" Department of Pedagogical Institute North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov (677000, Russia, Yakutsk, Lenin Avenue, 2, e-mail: kornilov@lenta.ru)

Abstract. The article identifies new prospects that will form the basis of the future paradigm of education. Virtual reality technologies, which are gaining popularity, determine key positions in the near future. Prospects for the use of immersive technologies allow a new look at the system of human-computer interaction. A retrospective analysis of the development of VR-technologies indicates the readiness and availability of technological solutions. Previously, their absence hindered the development of the VR industry. The review of various areas where the role of immersive technologies has a special place (theater, cinema). In the article special attention is given to the concept of immersion, which allows a qualitatively different look at modern technologies of immersion. The author makes an attempt to consolidate all terminological researches in definition of the concept of the immersive approach in education. The connection of the impressive approach with other approaches in education (activity approach, context approach, information approach), the principle of visibility, expanded and supplemented in the aspect of modern technical capabilities is determined. The study of the immersive approach and VR-technologies considers the consequences that can be caused by their application. Special attention should be paid to the psychological aspects of the impact of immersive environments on the student, aware of the sense of measure and goal-setting of their use with an understanding of the risk of losing all the beneficial effects. It is also determined that the immersive technologies, implying the transformation of the role of the teacher, and forced to talk about the problem of unavailability of most teachers to their implementation in educational practice.

Keywords: immersive approach, education, immersive environment, virtual reality, VR-technology.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами.

Трансформация образования и выработка необходимой стратегии его развития сегодня требуют выявления определенных оснований и тенденций. Для этого необходимо совершить попытку определения перспектив, которые лягут в основу будущей парадигмы образования.

По мнению многих ученых (Мартыненко О.О., Вешнева И.В., Сингатулин Р.А. и др.) современный этап можно позиционировать как переходной [1, 2], а активное внедрение электронного обучения, цифровизация образовательного процесса диктуют иные требования к подходам и технологиям, что подтверждается и ключевыми документами. Так, в Указе Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» одной из задач, поставленных для решения перед Правительством РФ, при разработке национального проекта в сфере образования определено внедрение новых методов обучения и воспитания, а также образовательных технологий («переверну-

тый класс», смешанное обучение, адаптивное обучение и микрообучение) построен на взаимодействии человека с компьютерной системой (human-computer interaction, HCI). Однако чаще всего устройства управления и вывода информации (в т.ч. и визуальной) ограничиваются стандартным набором (клавиатура, мышь, монитор и др.).

Для познания окружающего мира человек создан использовать ряд различных функций тела: передвижение в пространстве, взаимодействие с объектами с помощью рук и ног, вращение головой и др. Но сегодня в эру цифрового общества эти механизмы обрели совершенно иной формат, зависящий от органов управления компьютером и другими техническими устройствами. Взаимодействие с пользовательским интерфейсом сделало привычным стоить обучение путем нажатия на клавиши и ожидания результата в виде визуальных образов на мониторе. Это сводит все человеко-машинное взаимодействие к «пальцевым» манипуляциям, что человеку по природе не свойственно.

Некоторые ученые (Вешнева И.В., Сингатулин Р.А.) полагают, что «в настоящее время существуют техноло-

гии принципиально другого способа обучения, и недооценка этого обстоятельства может лишить отечественное образование стратегического преимущества» [1, С. 144]. И речь идет о технологиях виртуальной реальности. «Виртуальная реальность – это сконструированный технологическими устройствами новый искусственный мир, передаваемый человеку через его органы чувств. Она базируется на концепции использования человеко-машинного интерфейса для создания эффекта трёхмерного окружения, в котором пользователь в интерактивном режиме взаимодействует с виртуальными объектами, а не с изображениями этих объектов» [2, С. 385].

Технологии виртуальной реальности все больше набирают обороты, а снижение стоимости на такое оборудование и, как следствие, его массовая доступность определяют ключевые позиции в ближайшей перспективе, особенно в сфере образования. Тут человеко-машинное взаимодействие обретает привычное человеческой природе: движение рук и ног для взаимодействия с виртуальной средой, вращение головы, перемещение всего тела в пространстве, получение совершенно иной обратной связи. Такой подход в корне изменяет способы мультимодального взаимодействия с пользовательским интерфейсом и виртуальными средами в целом.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых рассматривались аспекты этой проблемы и на которых обосновывается автор; выделение неразрешенных ранее частей общей проблемы.

Изучением виртуальных сред, а также их применения как инструмента воздействия на обучающегося посвящены работы зарубежных авторов (Mikropoulos, T. A., & Natsis, A., Warburton, S., Dede, C., Blascovich, J., Loomis, J., Beall, A. C., Swinth, K. R., Hoyt, C. L., & Bailenson, J. N., Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M.) [3-6]. Использование иммерсивных технологий в обучении рассмотрены авторами Freitas, S. d., & Neumann, T., Hew, K. F., & Cheung, W. S., Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R., Cummings, J. J., & Bailenson, J. N., Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. [7-11].

Обобщение опыта применения VR-технологий и дополненной реальности в образовании, обзор применения технологии записи на учебных занятиях сферического видео, обзор некоторых платформ дополненной реальности с определением ближайших перспектив ранее представлены автором статьи в [12, 13].

Виртуальная реальность тесно связана с понятием искусственных сред обучения и иммерсивностью. Разработкой искусственных сред обучения, средоориентированного подхода к обучению посвящены работы ряда авторов (В.И. Панов, С.Д. Дерябо, Ю.С. Мануйлов, С.Ф. Сергеев и др.). Основные положения теории иммерсивных (погружающих) сред, базовый смысл и терминология были предложены С.Ф. Сергеевым в монографии [14]. Идеи Сергеева С.Ф. о теории иммерсивных обучающих и профессиональных сред рассмотрены на примере подготовки операторов сложных технических систем. При этом основные взгляды ориентированы на развитие неклассических моделей средоориентированного подхода, представленного через призму психологической науки, эргономики [14, 15].

Андрюхина Л.М. уделила внимание параметру иммерсивности как особенностям эффекта телеприсутствия, который не присущ ни одному из видов коммуникации, проанализированных в одной из работ (видеоконференцсвязь, Интернет-телефония и др.) [16].

Медиаальные предпосылки виртуализации, переход от мультимедийности к мультимодальности как конфигурации событий с предельно возможной детализацией рассмотрен А.В. Замковым [17]. Метод мультимодального взаимодействия, реализованного в играх, основанных на мультимодальном подходе описали Lv, Z., Halawani, A., Feng, S., Li, H., & Réhman, S. U. [18]. При этом под общей целью иммерсивности видится созда-

ние прямого соединения между контентом и его восприятием для глубокого погружения в событийную среду. Автором обозначено, что перспективы иммерсивных технологий и их массового распространения кроются в междисциплинарных исследованиях, в поиске возможностей и ограничений иммерсивного взаимодействия в системах «человек-машина».

Формирование целей статьи (постановка задания).

Исходя из поставленной проблемы целью данного исследования определяется формирование ключевых позиций, позволяющих выявить основы для дальнейшего изучения и развития иммерсивного подхода в образовании. Иммерсивность как комплекс прагматических структур и механизмов в практике нуждается в детальном анализе, в том числе и ретроспективном, охватывающим разные отрасли и области наук.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов.

Подкосова Я.Г., Варламова О.О. определяют виртуальную реальность как «новую концепцию использования компьютеров и человеко-машинного интерфейса для создания эффекта трехмерного окружения, в котором пользователь в интерактивном режиме взаимодействует с виртуальными объектами, и при этом создается сильное ощущение трехмерного присутствия» [19, С. 104].

Виртуальная реальность как термин обычно описывается в виде набора технического оборудования, что делает фокусировку на технологической составляющей. Тем не менее, этот технологический подход не обеспечивает концептуальную основу для образовательного использования виртуальной реальности [20].

Прошло достаточно времени для понимания целей и тенденций развития виртуальных технологий со времен того, как в свет вышел стереоскоп – замысловатое на то время изобретение Чарльза Уинстона, показавшего его миру в 1837 году. Позже миру была представлена сенсорами кинематографиста Мортона Хейлига в 1957 году. Но уже тогда основным препятствием развития служили технические ограничения. Так, в том же 1957 году Мортон Хейлигом была запатентована «телесферическая маска» – прародитель современных VR-гарнитур, которая так и не была собрана.

Военная система Headsight, представляющая собой видеосъем с магнитной системой отслеживания и внешними видео трансляционными камерами, ввиду засекреченности не имела шансов на демонстрацию широкой публике и поступлению в массовое производство. Однако ее можно считать одной из первых VR-технологий, позволяющих осуществлять взаимодействие со средой погружения. Подобным дополнением к пассивному точечному наблюдению обладала система «Домоклов меч» профессора Айвена Сазерленда, позволяющая отслеживать положение головы в пространстве.

VR-экскурсия по городку Аспен в конце 70-х представила миру первый виртуальный тур, а 80-ые были ознаменованы переходом к устройствам дополненной реальности, носимым VR-гаджетам, первым из которых стал Eye Tap Стива Манна. Развитию иммерсивности способствовал проект RB2, позволяющий двум людям погружаться в виртуальную реальность, взаимодействовать с искусственным миром. С появлением этого проекта представлены первые попытки виртуальных манипуляций, осуществляемых в виртуальной среде с помощью многофункциональных контроллеров в виде перчаток.

Все дальнейшие проекты касались, в основном, индустрии развлечений: Glasstron, Forte VFX1, I-glasses, CyberMaxx и Sega VR – прекрасные идеи, привлекающие геймеров того времени. Но, ни смотря ни на что, все они стали жертвами несовершенства технологий того времени и были надолго забыты. И только спустя пару десятилетий мы стали свидетелями нового спирального витка в виде активности на каудфайндинговой площадке по сбору средств на очередное VR-решение под назва-

нием Oculus Rift [21].

Понятие иммерсивности зарождается в других областях, ранее на прямую не сопряженных с образованием, педагогическими науками. Чаще понятие иммерсивности фигурирует в области театрального искусства (иммерсивный театр), определяющий формат, в котором зритель из позиции пассивного наблюдателя становится активным участником сцены, непосредственно включается в сценическую игру. Вспомнить хотя бы «Sleep no more», «Неистового Роланда» или «День Леопольда Блума», развернувшегося в школе драматического искусства в 2004 году. Иммерсивность подразумевает трансформацию зрителя в актёра, действующего на сцене, наделенного ролью. Им ощущается присутствие действия, ощущение реальности всего происходящего вокруг него, воспринимается это не только аудиовизуальным каналом, но и всем телом, в т.ч. его перемещением.

В кинематографии иммерсивная среда подразумевает использование приема, замещающего технологии кеинга (хромакей, съемки на зеленом фоне с целью дальнейшей постобработки) и рир-проекции (комбинированная киносъемка, позволяющая совмещать актёров и другие объекты с произвольным фоном), при котором используется широкоформатный изогнутый экран, на который проецируется изображение для имитации пейзажей и других фонов [22].

Иммерсивность, понимаемая буквально как «погружение», «эффект присутствия» позволяет качественно иначе взглянуть на применение современных технологий погружения, в частности технологий виртуальной реальности, расширяя и углубляя его. Так можно наблюдать за развитием иммерсивности от эффекта телеприсутствия [16] до полного погружения с интерактивностью [12, 13].

Серьезными изысканиями в области развития иммерсивного подхода в образовании следует отметить работы С.Ф. Сергеева, раскрывшего понятие иммерсивной обучающей среды как базового понятия в постклассических представлениях педагогики [14, 15, 23]. «Иммерсивная обучающая среда автором понимается как системный самоорганизующийся конструкт, проявляющийся в виде динамического процесса в субъекте обучения, вовлекающего в свою структуру самые разнообразные элементы внешнего и/или внутреннего окружения с целью обеспечения аутопознания организма, стабильности личности, непрерывности её истории» [15, С. 33]. Также автором определены основные свойства иммерсивной обучающей среды: избыточность, наблюдаемость, доступность когнитивному опыту (конструируемость), насыщенность, пластичность, внесубъектная пространственная локализация, автономность существования, синхронизируемость, векторность, целостность, мотивогенность, иммерсивность, присутствие, интерактивность [15].

В словаре иммерсивность рассматривается как «комплекс ощущений человека, находящегося в искусственно созданном трехмерном мире, в котором он может менять точку обзора, приближать и удалять объекты и т. п.» [24]. То есть, речь уже идет о взаимодействии в таких средах в противоположность пассивному наблюдению.

В зарубежной литературе фигурирует понятие «Immersive teaching» (immersive learning, immersive education), описывающее изучение и консолидацию потенциала так называемых «виртуальных миров» в образовательной среде [25]. За последние несколько лет «виртуальность» в сфере образования была признана мощным и эффективным инструментом поддержки обучения. В частности, виртуальные миры позволяют выполнять конкретные задачи в различных «настройках», созданных в качестве сценариев для определенных целей обучения. Это позволяет, например, исследовать морское дно или жерло вулкана, что в реальности почти невозможно. Кроме того, это позволяет преподавателям и обучающимся самим создавать такие сценарии. Например, несколько классов, географически удаленных друг от

друга, могут использовать виртуальный мир, чтобы создать выставочное пространство по определенному предмету или восстановить из прошлого историческую местность [25].

Консолидируя все изыскания в терминологическом аспекте иммерсивный подход в образовании автором данной статьи осмысливается как стратегия познания, а также совокупность приёмов, способов интерактивного продуктивного взаимодействия субъектов образовательного процесса с целью развития и саморазвития личности обучающегося в условиях искусственно созданного виртуального окружения, которое способно комплексно воздействовать на его сенсорные модальности.

Иммерсивный подход отчасти сопрягается с другими подходами в образовании (деятельностный, контекстный, информационный), углубляя их значение. С позиции деятельностного подхода, подразумевающего совокупность способов формирования и развития субъектности студента, направленных на самосовершенствование личности, можно выделить продуктивное взаимодействие преподавателя и студентов, развитие мотивации достижений с целью перспективной профессиональной деятельности в будущем. С позиции контекстного подхода как целостной комплексной модели организации и функционирования образовательной системы общие точки сопряжения видятся в стремлении студента к самопознанию, саморазвитию и самореализации, а также обеспечении его самоактуализации в том жизненном пространстве (контексте), в которое он включён и частью которого является. Информационный подход наиболее глубоко интегрируется с иммерсивным, так как при изучении любого объекта, процесса или явления в природе и обществе в первую очередь выявляются и анализируются наиболее характерные для них информационные аспекты, определяющие их функционирование и развитие. Так, информационный подход (по Д. Марру) раскрывает изучение представления и обработки визуальной сенсорной информации, которое основано на использовании искусственного интеллекта, компьютерных технологий в целом.

Иммерсивный подход подразумевает ряд ключевых моментов, на которых реализуется принцип наглядности в образовании. Так принцип иммерсивности не отрицает, а напротив расширяет и дополняет его с учетом современных тенденций и технических возможностей. Иммерсивные технологии в образовании усиливают значение наглядных средств в процессе усвоения знаний за счет глубокого погружения в виртуальную среду. Их роль в обогащении обучающихся комплексным чувственным познавательным опытом, необходимым для комплексного овладения абстрактными понятиями, весьма важна.

Сенсорные модальности человека как первая ступень познания необходимо усиливать за счет более глубокого погружения, комплексного воздействия на органы чувств, что способствует приобретению знаний в виде понятий, правил, законов, закладываемых на следующей ступени. Обеспечение знаний объективно существующей действительностью должно непрерывно сопровождать процесс обучения с опорой на ощущения.

Для повышения эффективности обучения принцип иммерсивности требует прежде всего использовать средства погружения, опираться на визуальную модальность. Принцип комплексности в иммерсивном подходе предполагает воздействие на все органы чувств человека к восприятию учебного материала. Еще Ян Амос Коменский заложил данный принцип в своем «золотом правиле», гласящем о следующем: «все, что только можно, предоставлять для восприятия чувствами, а именно: видимое — для восприятия зрением, слышимое — слухом, запахи — обонянием, что можно вкусить — вкусом, доступное осязанию — путем осязания. Если какие-либо предметы сразу можно воспринять несколькими чувствами, пусть они сразу схватываются несколькими

чувствами» [26, С. 289]. К сожалению, технически сегодня до сих пор отсутствуют примеры массового производства технологических решений, позволяющих всецело реализовать это правило средствами современных доступных устройств. Однако уже сегодня есть основания полагать, что иммерсивный подход претендует быть одним из ключевых на ближайших горизонтах трансформации современного образования.

Иммерсивные технологии подразумевают трансформацию роли педагога, выставляя акцент на проектировании многомодальной виртуальной среды, создания сценариев погружения. По мнению Андрюхиной Л.М. «его главной функцией становится моделирование различных маршрутов и образовательных сценариев для ученика и вместе с учеником, поддержка процессов целей и смыслообразования в процессе учения, что невозможно без общения «глаза в глаза»» [16, С. 8]. Проектирование максимально полного виртуального окружения является новой функцией для преподавателя. Теперь преподаватель становится «наблюдателем и активным участником коммуникации, использующим свой опыт и авторитет для ориентации ученика в зоне учебных смыслов, изменения наблюдаемых параметров среды обучения» [23, С. 19]. При этом «функция лектора уступает место роли гида, который усиливает (facilitates) психологический эффект коммуникации группы с виртуальным миром» [9]. В качестве примеров групповых иммерсивных сценариев авторы видят музейные экскурсии, экспедиции (подводные туры, путешествие в открытый космос и др.).

Говоря о иммерсивном погружении, следует обозначить технологии погружения в виртуальное пространство. Одной из ранних технологий является система Responsive Workbench. Это трехмерное интерактивное рабочее пространство, где сгенерированное компьютером стереоскопическое изображение проецируется на горизонтальную поверхность настольного дисплея через систему проектора и зеркал и просматривается через затворные очки для создания эффекта 3D. Система отслеживает положение головы пользователя, что позволяет ему видеть виртуальную среду с правильной точки зрения. Для взаимодействия с объектами в настольной среде могут использоваться пара перчаток и стилуса, также отслеживаемые системой. CAVE 3D – система, проецирующая изображения на стены комнаты в форме куба, создающая эффект полного присутствия, которая может хорошо подходить в качестве основы виртуального тренажера. Система CyberStage похожа по технологии с CAVE 3D, однако изображение стоит на основе CRT-проекции активных стереоизображений. При этом система использует затворные очки для объемного восприятия и дополнительно оснащена системой пространственного звука. Технология проецирования i-CONE во многом аналогична CyberStage, однако в качестве поверхности использует широкоугольный вогнутый экран с высоким разрешением. Изображение на него проецируется путем «сшивания» нескольких проекций. Зачастую эта технология применяется в музеях и выставках.

Следует отметить, что набирающая популярность HMD-устройств, в частности VR-очков с установленным в них смартфоном с экраном высокого разрешения делает некоторые из перечисленных выше технологий иммерсивного погружения неконкурентоспособными. Мобильность, доступность, массовость и низкая стоимость таких комплектов, а также программные среды их использования были описаны в статьях Ю.В. Корнилова, А.А. Попова [12, 13].

Перспективный анализ говорит о том, что следует ориентироваться на те последствия, которые могут быть вызваны реализацией иммерсивного подхода на обучающихся. Преимущественно следует учитывать психологические аспекты воздействия. Так, по мнению авторов Исмаиловой Н.П., Курбановой З.С. включение таких

технологий способно усугубить аспекты обучения, формализуя образовательный процесс, уменьшая степень коммуникации между обучающимися, обедняя формы учебной деятельности и не только. «Психологические аспекты перехода в виртуальную реальность основаны на естественном желании человека избавиться от всех видов проблем, в том числе, связанных с повседневной жизнью, и фактически с трудностями обучения в вузе» [27, С. 88]. В этой связи следует понимать необходимость формирования у обучающихся чувства меры, осознания целеполагания использования иммерсивных сред. Также авторы подчеркивают, что при этом «психофизиологические возможности не используются в полной мере» [27, С. 88], реальное общение заменяется виртуальным. Продолжительное воздействие иммерсивного погружения может вызывать проблем психофизического характера. Из-за рассогласования информации, поступающей от анализаторов разного вида на входы нервной системы у обучающихся могут возникать нежелательные симптомы в виде головокружения и тошноты, а по мнению экспертов весь полезный эффект иммерсивного погружения таким образом может быть сведен на нет.

Выводы исследования и перспективы дальнейших исследований данного направления.

Технологии виртуальной реальности, иммерсивные технологии стали мощным и многообещающим инструментом в образовании благодаря их уникальным технологическим характеристикам, которые отличают их от других ИТ-приложений. Ряд взглядов свидетельствует о кардинальном изменении привычного мира, предстоящей революции, которая затронет в том числе и обучение. В этом крупной задачей видится изменение педагогических технологий, создание перспективных интегрированных обучающих систем, где ключевая роль будет отведена иммерсивному подходу – совокупности прогрессивных приемов, реализующихся в принципиально новых условиях.

Следует отметить факт отсутствия готовности большинства педагогов к реализации на практике новых методов, технологий, в том числе инновационных подходов, к которым можно и следует отнести иммерсивный подход. Это говорит об острой необходимости выстраивания новых стратегий подготовки кадров для образования, трудовая деятельность которых в будущем непременно будет реализовываться в совершенно иных условиях. Глобальные тенденции перехода образовательного процесса в «цифру» диктуют иные правила, предоставляя арсенал современного малоизученного в нашей стране инструментарию виртуальных систем.

Разумеется, полного главенства иммерсивного подхода в образовании ожидать не стоит, однако перспективность тесного взаимодействия с новым «искусственным» миром вполне вероятная перспектива ближайших лет, стимулирующая к развиту гибкие информационные иммерсивные среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вешнева И.В., Сингатулин Р.А. Трансформация образования: тенденции, перспективы // Высшее образование в России. 2016. № 2(198). С. 142–147.
2. Вешнева И.В., Сингатулин Р.А. Виртуальные технологии – новые перспективы в системе обучения // В сборнике: Информационные технологии в образовании. Саратовский государственный университет. 2015. С. 382–387.
3. Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers and Education*, 56(3), 769–780. doi:10.1016/j.compedu.2010.10.020
4. Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66–69. doi:10.1126/science.1167311
5. Blascovich, J., Loomis, J., Beall, A. C., Swinith, K. R., Hoyt, C. L., & Bailenson, J. N. (2002). Immersive virtual environment technology as a methodological tool for social psychology. *Psychological Inquiry*, 13(2), 103–124. doi:10.1207/S15327965PLI1302_01
6. Sanchez-Vives, M. V., & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. doi:1038/nrn1651
7. Freitas, S. d., & Neumann, T. (2009). The use of 'exploratory learning' for supporting immersive learning in virtual environments. *Computers*

- and Education, 52(2), 343-352. doi:10.1016/j.compedu.2008.09.010
8. Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings: A review of the research. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 33-55. doi:10.1111/j.1467-8535.2008.00900.x
9. Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching
10. Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 19(2), 272-309. doi:10.1080/15213269.2015.1015740
11. Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, 95, 309-327. doi:10.1016/j.compedu.2016.02.002
12. Корнилов Ю.В., Попов А.А. VR-технологии в образовании: опыт, обзор инструментов и перспективы применения // Инновации в образовании. 2018. № 8. С. 117-129.
13. Корнилов Ю.В., Попов А.А. Дополненная реальность: применение AR-технологий в обучении // Научный электронный журнал Меридиан. 2018. № 4 (15). С. 264-266.
14. Сергеев С.Ф. Обучающие и профессиональные иммерсивные среды. – М.: Народное образование, 2008. – 434 с.
15. Сергеев С.Ф. Проблемы и перспективы развития электронного обучения // Школьные технологии. 2015. № 3. С. 28-38.
16. Андрюхина Л.М. Технологии телеприсутствия – новая креативная платформа развития образования // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-12. С. 2754-2759.
17. Замков А.В. О виртуальном расширении медиареальности // Медиаскоп. 2017. № 3. С. 7.
18. Lv, Z., Halawani, A., Feng, S., Li, H., & Rehman, S. U. (2014). Multimodal hand and foot gesture interaction for handheld devices. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 11 doi:10.1145/2645860
19. Подкосова Я.Г. Анализ перспектив использования технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении / Подкосова Я.Г., Варламов О.О., Остроух А.В., Краснянский М.Н. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. № 2 (33). С. 104-111.
20. Steuer, J. (1992) Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, 42 (4), pp. 73-93. doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x
21. Михеев О. История развития виртуальной реальности в цифрах и картинках // Сайт «Hype.ru». – URL: <https://hype.ru/@id103/istoriya-razvitiya-virtualnoy-realnosti-v-cifrah-i-kartinkah-lxnzbeq0> (дата обращения 21.01.2019).
22. Технология иммерсивной среды: сплав старого и нового. Информационно-технический портал Tvkinoradio.ru / URL: <https://tvkinoradio.ru/article/article13941-tehnologiya-immersivnoj-sredi-splav-starogo-i-novogo> (дата обращения 09.02.2019)
23. Сергеев С.Ф. Виртуальные тренажеры: проблемы теории и методологии проектирования // Человеко-машинные системы. 2010. № 2(8). С. 15–20.
24. Современный толковый словарь живого русского языка: В 2 т. / Под ред. Г.Н. Складчиков. – М., 2004.
25. Immersive Teaching. Ricerca per l'innovazione della scuola italiana / URL: <http://www.indire.it/en/progetto/immersive-teaching> (дата обращения 09.02.2019)
26. Избранные педагогические сочинения / Я. Коменский ; пер. Н. П. Степанов, Д. Н. Корольков, А. А. Красновский. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 440 с.
27. Исмаилова Н.П., Курбанова З.С. Психологические аспекты информатизации образовательной системы // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. Т. 7. № 1 (22). С. 87-90.

Статья поступила в редакцию 15.01.2019

Статья принята к публикации 27.02.2019