



РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ И ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ CURRICULUM DEVELOPMENT AND COURSE DESIGN

DOI 10.22363/2312-8631-2022-19-4-360-371

УДК 373.5

Научная статья / Research article

Применение мобильных 3D-моделей для демонстрации недоступных лабораторных опытов и объектов при изучении химии и биологии в основной школе

Е.А. Балькина *Центр технического творчества детей «НОВАпарк»,**Новокуйбышевск, Российская Федерация*✉ katerinabalkina@gmail.com

Аннотация. *Постановка проблемы.* Технологическое развитие дополненной реальности становится более впечатляющим с каждым годом. Но, несмотря на все преимущества и возможности использования дополненной реальности в современном мире, в сфере образования она все еще находится в зачаточном состоянии. Одним из самых больших преимуществ использования технологии дополненной реальности в изучении естественных наук является ее способность визуализировать абстрактные концепции, воспроизводить дорогие, опасные или длительные опыты, а также демонстрировать редкие объекты. Эти способности дополненной реальности отлично подходят для преподавания химии и биологии в основной школе, так как могут визуализировать недоступные объекты, процессы и явления на уроках без использования больших временных, материальных и технических ресурсов. На данный момент не накоплен достаточный опыт применения этой технологии при изучении естественно-научных дисциплин, в частности химии и биологии. Таким образом, возникает необходимость в проведении соответствующего научного педагогического исследования для определения эффекта от внедрения технологии дополненной реальности в изучение естественно-научных дисциплин. *Методология.* Применялись методы проектирования модели обучения, педагогического эксперимента, наблюдения, беседы, обобщения полученного опыта. *Результаты.* Представлены результаты педагогического эксперимента по применению мобильных 3D-моделей для демонстрации недоступных лабораторных опытов и объектов при изучении химии и биологии в основной школе, нацеленного на анализ и выделение наиболее значимых для практики образцов применения этой технологии. Описаны сущность и особенности применения мобильных 3D-моделей в изучении химии и биологии. Выявлены значимые аспекты применения такой технологии в современной школе. *Заключение.* Опыт орга-



низации уроков с демонстрацией недоступных лабораторных опытов и объектов при изучении химии и биологии в основной школе позволяет сделать вывод о наличии существенных отличий образовательного процесса, реализуемого с применением мобильных 3D-моделей и технологии дополненной реальности.

Ключевые слова: дополненная реальность, 3D-модели, естественно-научные дисциплины, недоступные лабораторные работы

История статьи: поступила в редакцию 19 мая 2022 г.; принята к публикации 4 июля 2022 г.

Для цитирования: Балькина Е.А. Применение мобильных 3D-моделей для демонстрации недоступных лабораторных опытов и объектов при изучении химии и биологии в основной школе // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2022. Т. 19. № 4. С. 360–371. <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-4-360-371>

Using mobile 3D models for demonstration unaccessible laboratory experiments and objects during study chemistry and biology in basic school

Ekaterina A. Balkina 

*Center of technical creativity for children “NOVApark,”
Novokuibyshevsk, Russian Federation*

✉ katerinabalkina@gmail.com

Abstract. *Problem statement.* The technological development of augmented reality is becoming more impressive every year. But, despite all the advantages and possibilities of using augmented reality in the modern world, it is still in its infancy in the field of education. One of the biggest benefits of using augmented reality technology in natural sciences is its ability to visualize abstract concepts, reproduce expensive, dangerous or time-consuming experiments, and showcase rare objects. These augmented reality abilities are great for teaching chemistry and biology in basic school, as they can visualize inaccessible objects, processes and phenomena in the classroom without using large time, material and technical resources. At the moment, sufficient experience has not been accumulated in the application of this technology in the study of natural sciences, in particular chemistry and biology. Thus, there is a need to conduct an appropriate scientific and pedagogical research to determine the effect of the introduction of augmented reality technology in the study of natural sciences. *Methodology.* The methods of designing a learning model, pedagogical experiment, observation, conversation, and generalization of the experience gained were used. *Results.* The results of a pedagogical experiment on the use of mobile 3D models to demonstrate inaccessible laboratory experiments and objects in the study of chemistry and biology in basic school, aimed at analyzing and highlighting the most significant examples of the application of this technology in practice. The essence and features of the use of mobile 3D models in the study of chemistry and biology are described. Significant aspects of the use of such technology in the modern school are revealed. *Conclusion.* The experience of organizing lessons with a demonstration of inaccessible laboratory experiments and objects in the study of chemistry and biology in a basic school allows us to conclude that there are significant differences in the educational process implemented using mobile 3D models and augmented reality technology.

Keywords: augmented reality, 3D models, natural sciences, inaccessible laboratory work

Article history: received 19 May 2022; accepted 4 July 2022.

For citation: Balkina EA. Using mobile 3D models for demonstration unaccessible laboratory experiments and objects during study chemistry and biology in basic school. *RUDN Journal of Informatization in Education*. 2022;19(4):360–371. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-4-360-371>

Постановка проблемы. Технологическое развитие дополненной реальности становится более впечатляющим с каждым годом. Технология дополненной реальности используется в разных сферах, включая образование. Но несмотря на все преимущества и возможности использования дополненной реальности в современном мире, в сфере образования она все еще находится в зачаточном состоянии. При грамотном подходе к внедрению дополненной реальности в образование можно облегчить методику преподавания и обучения, а также открыть новые интерфейсы обучения [1; 2].

Дополненная реальность – это реальность, где физический мир дополняется цифровыми объектами, в том числе 3D-моделями, которые воспринимаются как элементы реального физического мира. При использовании дополненной реальности цифровые объекты размещаются в окружающем пространстве в реальном времени с помощью специальных программ и устройств, таких как, компьютер, очки дополненной реальности, планшеты, смартфоны.

Приложения дополненной реальности для отображения цифровых 3D-моделей используют специальный маркер, после распознавания которого на экране устройства объект отображается в виде цифровой 3D-модели [3]. Технология дополненной реальности позволяет в любой момент времени представить объект, процесс или явление в виде мобильных 3D-моделей, отображаемых на экране устройства. Помимо реалистичной визуализации, мобильные 3D-модели позволяют выполнить с изучаемым объектом ряд манипуляций, посмотреть на него в разрезе или «изнутри». Основной способностью технологии дополненной реальности становится расширение возможностей пользователей в области взаимодействия с окружающим миром, что позволяет сделать данное взаимодействие более качественным и, как следствие, более эффективным [4].

Для работы с дополненной реальностью необходимо наличие карт дополненной реальности, камеры устройства и установленного программного обеспечения, обрабатывающего сигнал с камеры и совмещающее цифровые 3D-модели с реальными объектами окружающего мира.

Схема работы дополненной реальности заключается в следующем: при помощи камеры устройства сканируется маркер (рис. 1) на карте дополненной реальности. Специальная программа определяет маркер и выводит на экран трехмерный объект дополненной реальности. После «захвата» маркера камера следит за всеми его перемещениями и поворотами, благодаря этому объект движется синхронно на экране.

В научных исследованиях Т. Нослони, Р. Азумы, С. Джохима, А.В. Гриншука [5; 6], Х. Кауфманна, В.Р. Роганова, А.С. Конушина, Л.Л. Лопез, Н.А. Носов [7] обоснован тот факт, что глубоким педагогическим потенциалом для демонстрации связи между смысловыми единицами и изображениями обладает технология дополненной реальности.

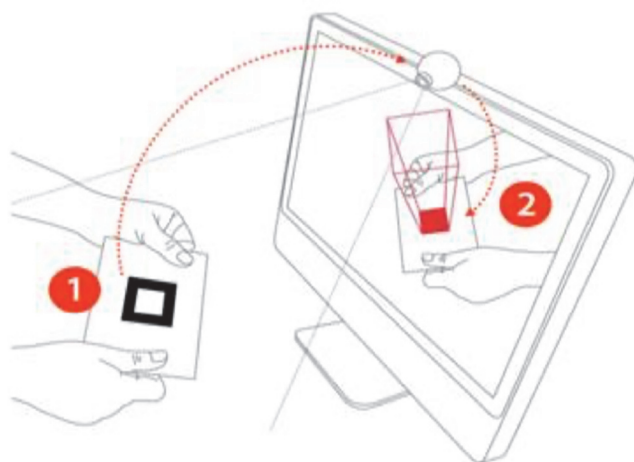


Рис. 1. Алгоритм работы дополненной реальности
Figure 1. Augmented reality algorithm

Результаты российских школьников по естествознанию в международной программе PISA в 2000 г. по оценке образовательных достижений обучающихся были достаточно низкими. Показатели результатов отличались от среднего показателя на 40 баллов (рис. 2). Похожий результат естественнонаучной грамотности показали Португалия, Греция и Латвия, а лучший результат получила Корея. В 2003 г. баллы Кореи упали и первое место заняла Финляндия. И результаты остальных стран-участников резко выросли. Например, у России результат увеличился на 29 баллов. В следующих исследованиях баллы российских школьников постепенно повышались. Первые места вплоть до 2012 г. занимала Финляндия, а в 2015 г. – Сингапур и Гонконг [8].

С 2017 г. обучение в российских школах осуществляется по профилям, которые представляют собой различные комбинации из вариантов, предложенных во ФГОС (рис. 3).

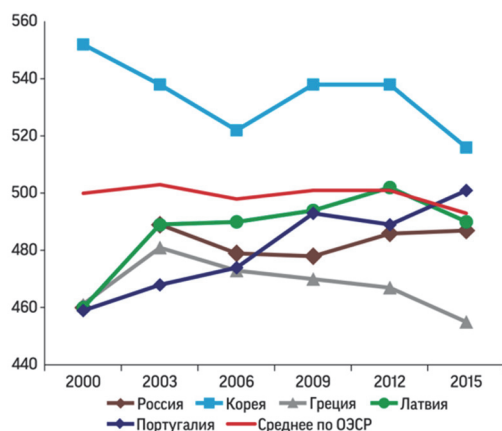


Рис. 2. Результаты PISA, баллы

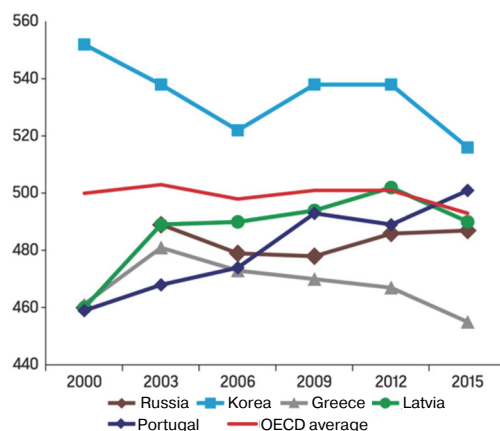


Figure 2. PISA results, points

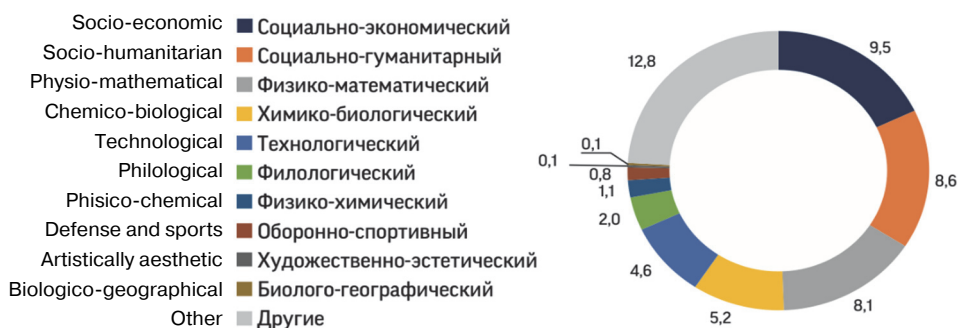


Рис. 3. Распределение по профилям в 10–11 классах
Figure 3. Distribution by profiles in grades 10–11

Самым популярным является социально-экономический (9,5 %), социально-гуманитарный (8,6 %) и физико-математический (8,1 %) профили. Самые невостребованные – биолого-географический, химико-биологический и художественно-эстетически. Видно, что полученные данные коррелируют с низкими показателями российских обучающихся по естественным наукам в рамках международных исследований PISA [9].

Можно предположить, что информационные технологии, позволяющие повысить визуализацию изучаемых объектов, процессов и явлений в образовании, обладают существенным педагогическим потенциалом в повышении эффективности обучения естественным наукам, в частности биологии и химии.

Одним из самых больших преимуществ использования технологии дополненной реальности в изучении естественных наук является ее способность визуализировать абстрактные концепции, воспроизводить дорогие, опасные или длительные опыты, а также демонстрировать редкие объекты [10]. Эти способности дополненной реальности отлично подходят для преподавания химии и биологии в основной школе, так как могут визуализировать недоступные объекты, процессы и явления на уроках без использования больших временных, материальных и технических ресурсов. Можно предположить, что за счет использования дополненной реальности с применением 3D-моделей, также может увеличиться мотивация учащихся к изучению естественных наук.

На данный момент не накоплен достаточный опыт применения этой технологии при изучении естественно-научных дисциплин, в частности химии и биологии [11]. Таким образом, возникает необходимость в проведении соответствующего научного педагогического исследования для определения эффекта от внедрения технологии дополненной реальности в изучение естественно-научных дисциплин [12].

Можно констатировать наличие проблемы поиска и обоснованности эффективности методов обучения школьников естественно-научным дисциплинам, основанных на применении технологии дополненной реальности.

Методология. В статье описывается основная идея педагогического исследования авторов – применение мобильных 3D-моделей для демонстрации недоступных лабораторных опытов и объектов при изучении химии и

биологии в основной школе. К недоступным лабораторным работам относятся дорогие, опасные или длительные эксперименты.

Для проведения исследования авторами был разработан образовательный проект AR-studium. Проект состоит из карт дополненной реальности и мобильного приложения. AR-studium включает в себя три модуля: «Химические процессы», «Биологические клетки», «Красная книга». Можно предположить, что использование приложения дополненной реальности AR-studium на уроках химии и биологии позволит в более эффективной и интересной для школьников интерактивной форме изучать объекты, процессы или явления. Проводились опросы среди обучающихся и учителей школ на предмет использования технологии дополненной реальности.

Результаты и обсуждение. Актуальность данного проекта обуславливается несколькими причинами:

1. Эмоциональная связь. Дополненная реальность, используя нестандартный способ представления информации, позволяет привлекать внимание школьников, а также усиливать запоминание. Это является актуальным потому, что большая часть современного поколения школьников является дискретами, то есть имеют тип восприятия информации по средствам взаимодействия с различными техническими устройствами и решениями.

2. Мобильность. Использовать приложение можно не только в стенах оборудованного специализированного кабинета, но и в непригодных для проведения опытов и демонстрации объектов пространства школы, так и за ее пределами.

3. Доступность. Любой пользователь, имеющий устройство с камерой, может использовать эти технологии. Подключение к Интернету не требуется. Приложение бесплатно и не требует высоких технических характеристик. Карты дополненной реальности, содержащие маркеры, можно распечатать самостоятельно на обычной бумаге, а мобильное приложение установится на любой планшет и смартфон с операционной системой Android.

4. Интерактивность. Благодаря этому свойству взаимодействие пользователя с объектом позволяет создавать большое количество различных способов обучения, так как с объектами можно проводить ряд манипуляций.

5. Цифровизация. Внедрение данной технологии способствует цифровизации образовательного процесса, что является необходимым условием реализации национального проекта «Образование».

6. Реалистичность. Появляющиеся на экране устройства 3D-модели могут в точности описывать изучаемый объект, процесс или явление.

7. Инновационность. Дополненная реальность воспринимается как нечто новое, выдающееся и современное, что переносит пользователя в будущее.

Для разработки мобильного приложения использовались программное обеспечение Unity и Vuforia. Часть используемых 3D-моделей была разработана, а часть отобрана и отредактирована из банка бесплатных готовых 3D-моделей.

Модуль «Химические процессы» включает в себя набор маркеров с химическими элементами. С помощью маркеров необходимо собрать уравнение химической реакции. Если маркеры собраны в правильном порядке,

то обучающийся получает на экране 3D-модель результат химической реакции (рис. 4). Наиболее эффективным на уроке будет сочетание проведения реального химического эксперимента и использованием технологии дополненной реальности с целью отработки уравнений химических реакций [13]. Самое важное, что с помощью маркеров можно воспроизводить результат недоступных к проведению в школе лабораторных работ.

Модуль «Биологические клетки» включает в себя набор маркеров с различными животными и растительными клетками. Здесь необходимо навести камеру устройства на карту дополненной реальности и на экране появится 3D-модель клетки. Это позволит более подробно изучить строение клетки и помочь выполнить задание в учебнике, в рабочих листах или тетради (рис. 5).

Модуль «Красная книга» состоит из маркеров с изображением животных, растений и грибов из Красной книги. На оборотной стороне маркера (рис. 6) находится подробное описание объекта. Здесь также необходимо навести камеру устройства на карту дополненной реальности и на экране появится 3D-модель объекта. Данный модуль позволит привлечь внимание подрастающего поколения на проблему исчезновения видов. Также данный модуль носит и воспитательный характер. Известно, что Красная книга впервые была выпущена в августе 1978 г. в СССР, и это событие было приурочено к открытию в Ашхабаде XIV Генеральной ассамблеи Международного союза охраны природы.



Рис. 4. Модуль «Химические процессы»
Figure 4. Module “Chemical processes”



Рис. 5. Модуль «Биологические клетки»
Figure 5. Module “Biological cells”



Рис. 6. Модуль «Красная книга»
Figure 6. Module “Red Book”

Впервые мобильное приложение AR-studium в тестовом режиме было использовано на уроке химии 9 класса и на уроке биологии 8 класса в ГБОУ СОШ «ОЦ „Южный город“» пос. Придорожный. В начале уроков был проведен опрос среди обучающихся и учителей на предмет использования технологии дополненной реальности. В опросе участвовало 45 респондентов, из них 43 школьника и 2 педагога.

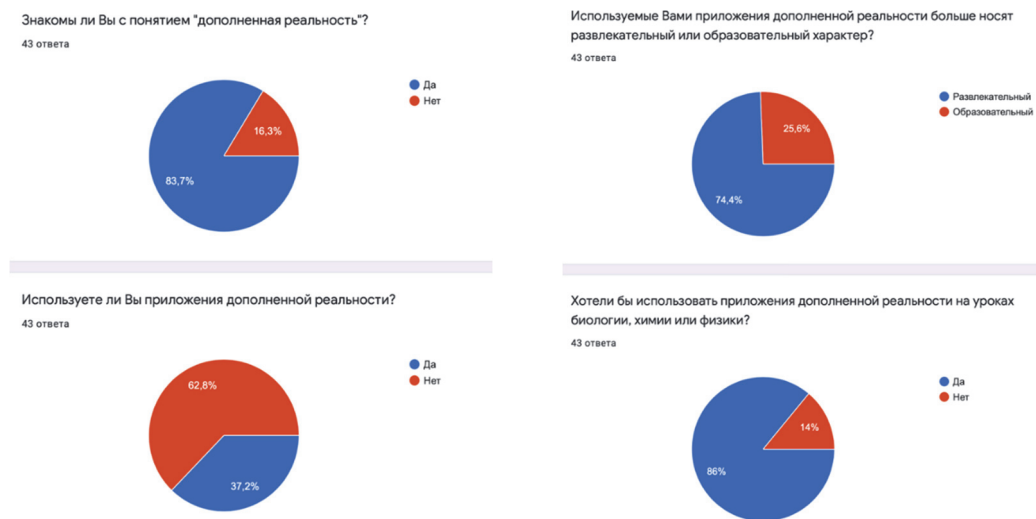


Рис. 7. Результаты анкетирования учащихся ГБОУ СОШ «ОЦ „Южный город“» пос. Придорожный, Самарская область

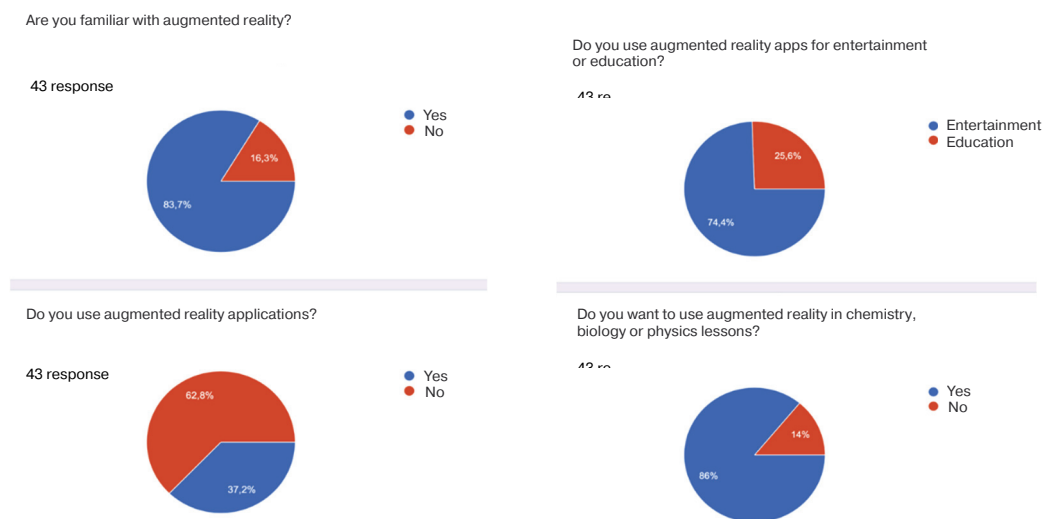


Figure 7. The results of the survey of students of the secondary school “Sothern City,” Samara region

В результате опроса стало известно, что большая часть респондентов знает о существовании технологии дополненной реальности, но лишь малая часть использует приложения дополненной реальности. Приложения дополненной реальности, которые используются респондентами, больше носит

развлекательный характер, лишь 25,6 % ответивших используют дополненную реальность для обучения. 86 % респондентов положительно ответили на вопрос о включении технологии дополненной реальности в школьные предметы естественнонаучного цикла (рис. 7). Также обучающиеся высказали мнение, что «дополнительная реальность дает шанс посмотреть на различные объекты, процессы или явления, которые мы не можем увидеть из-за различных факторов» и «мы можем рассмотреть все в деталях и взаимодействовать с объектами в реальном времени, из-за чего предметы становятся интересней и не нужно будет задавать дополнительные вопросы учителям». Учителя, в свою очередь, испытывают затруднения при необходимости применения в своей профессиональной деятельности AR/VR-технологий, а также плохо представляют, как можно использовать возможности этих технологий в образовательной практике для организации основных видов деятельности обучающихся [14].

Во время использования приложения AR-studium на уроках по результатам педагогического наблюдения отмечено, что интерес к изучению темы повысился. Дети были активны и замотивированы в достижении результата урока. Также можно отметить, что на уроке были дети и учителя, которые не знали про технологию дополненной реальности и никогда ее не использовали. На уроке с приложением AR-studium они смогли впервые применить технологию дополненной реальности, причем в образовательном контексте. Положительные результаты от использования технологии дополненной реальности дают возможность для проведения дальнейшего педагогического исследования и научных изысканий в области применения мобильных 3D-моделей для демонстрации недоступных лабораторных опытов и объектов на уроках химии и биологии. При успешном проведении исследования авторами будет разработан сайт, где в общем доступе будет размещена информация о проекте, загружены для скачивания карты дополненной реальности и дана ссылка на установку мобильного приложения AR-studium. Приложение AR-studium будет доработано новыми разделами и картами дополненной реальности.

Заключение. Опыт организации уроков с демонстрацией недоступных лабораторных опытов и объектов при изучении химии и биологии в основной школе позволяет сделать вывод о наличии существенных отличий образовательного процесса, реализуемого с применением мобильных 3D-моделей и технологии дополненной реальности.

В связи с вышесказанным можно предположить, что применение дополненной реальности также может способствовать повышению информационной культуры школьников, учителей и даже родителей. Технология дополненной реальности позволит расширить границы информатизации школьного образования. Воздействие дополненной реальности может принести потенциальную пользу в обучении и повысить уровень усвоения информации, синтезируя различные формы ее представления [15].

Огромным плюсом использования технологии дополненной реальности является ее наглядность, информационная полнота, интерактивность и погружение в предмет изучения, что создает синергетический эффект в об-

разовании. Удобство использования мобильных 3D-моделей упрощает процесс объяснения нового материала. При этом, осваивая технологию дополненной реальности, повышается уровень информационной грамотности учителя и учеников, а также уровень мотивации к изучению предмета.

Активное развитие информационных технологий влечет за собой появление новых форм обучения с использованием других интерфейсов взаимодействия обучающегося с информацией. Новые интерфейсы должны быть основаны не на обычном графическом меню и панелях инструментов, а на естественных, присущих человеку методах взаимодействия, например жесты или человеческая речь [4]. Использование возможностей современных информационных технологий поднимают образование на совершенно другой качественный уровень.

Список литературы

- [1] *Jing Y.* VR, AR, and wearable technologies in education: an introduction // Handbook of mobile teaching and learning / ed. by Y. Zhang, D. Cristol. Singapore: Springer, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2766-7_109
- [2] *Игнатьева Э.А.* Использование технологии дополненной реальности в учебном процессе // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И.Я. Яковлева. 2019. № 4. С. 177–182. <https://doi.org/10.26293/chgpu.2019.104.4.024>
- [3] *Yuen S., Yaojuneyong G., Johnson E.* Augmented reality: an overview and five directions for AR in education // Journal of Educational Technology Development and Exchange. 2011. Vol. 4. No 1. Pp. 119–140.
- [4] *Калугин Д.Ю., Осокина О.М.* Технологии дополненной реальности в образовании // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. 2014. Т. 1. № 1–1 (11). С. 237–243.
- [5] *Гриншкун В.В., Краснова Г.А.* Развитие образования в эпоху четвертой промышленной революции // Информатика и образование. 2017. № 1 (280). С. 42–45.
- [6] *Onalbek Z.K., Grinshkun V.V., Omarov B.S.* The main systems and types of forming of future teacher-trainers' professional competence // Life Science Journal. 2013. Vol. 10. No 4. Pp. 2397–2400.
- [7] *Ситникова Е.С., Кутенева Т.А.* Виртуальная и дополненная реальность: соотношение понятий // Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы IV Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 23–24 апреля 2018 г.): в 2 т. Т. 1. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2018. С. 298–302.
- [8] *Адамович К.А., Капуза А.В., Захаров А.Б., Фрумин И.Д.* Основные результаты российских учащихся в международном исследовании читательской, математической и естественно-научной грамотности PISA–2018 и их интерпретация. М.: НИУ ВШЭ, 2019. 28 с.
- [9] *Косарецкий С.Г., Баранников К.А., Беликов А.А.* Российская школа: начало XXI века / под ред. С.Г. Косарецкого, И.Д. Фрумина. М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2019. 432 с.
- [10] *Вахрушева Т.С.* Применение технологий дополненной реальности в образовании // Наука настоящего и будущего. 2017. Т. 1. С. 37–39.
- [11] *Cheong C.WL., Guan X., Hu X.* Augmented reality (AR) for biology learning: a quasi-experiment study with high school students // Social and emotional learning and complex skills assessment. Advances in analytics for learning and teaching / ed. by Y. Wang, S. Joksimović, M.O.Z. San Pedro, J.D. Way, J. Whitmer. Cham: Springer, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06333-6_9

- [12] Калкен А.М., Федоров Ю.В., Спирина Е.А. Виртуальная и дополненная реальность в образовании: миф или реальность? // Парадигма современной науки глазами молодых: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти основателей филиала Т.Ж. Атжанова и А.М. Роднова, 25-летию конституции и Ассамблеи народа Казахстана. Костанай, 2020. С. 208–212.
- [13] Белохвостов А.А., Аршанский Е.Я. Дополненная реальность в преподавании химии: возможности и перспективы использования // Свиридовские чтения. Минск: Издательский центр БГУ, 2018. С. 131–140.
- [14] Григорьев С.Г., Родионов М.А., Кочеткова О.А. Образовательные возможности технологий дополненной и виртуальной реальности // Информатика и образование. 2021. № 10. С. 43–56. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2021-36-10-43-56>
- [15] Арсентьев Д.А. Внедрение элементов дополненной реальности в учебно-методическую литературу // Университетская книга: традиции современность: материалы научно-практической конференции. Абрау-Дюрсо: Южный федеральный университет, 2015. С. 18–22.

References

- [1] Jing Y. VR, AR, and wearable technologies in education: an introduction. In: Zhang Y, Cristol D. (eds.) *Handbook of Mobile Teaching and Learning*. Singapore: Springer; 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2766-7_109
- [2] Ignatieva EA. Use of augmented reality technology in the educational process. *I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University Bulletin*. 2019;(4):177–182. (In Russ.) <https://doi.org/10.26293/chgpu.2019.104.4.024>
- [3] Yuen S., Yaoyuneyong G., Johnson E. Augmented reality: an overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*. 2011;4(1):119–140.
- [4] Kalugin DYu, Osokina OM. Technologies of augmented reality in education. *Technological Education and Sustainable Development of the Region*. 2014;1(1–1):237–243. (In Russ.)
- [5] Grinshkun VV, Krasnova GA. Development of education in the era of the fourth industrial revolution. *Informatika i Obrazovanie*. 2017;(1):42–45. (In Russ.)
- [6] Onalbek ZK, Grinshkun VV, Omarov BS. The main systems and types of forming of future teacher-trainers' professional competence. *Life Science Journal*. 2013;10(4):2397–2400.
- [7] Sitnikova ES, Kuteneva TA. Virtual and augmented reality: correlation of concepts. *Strategies for the Development of Social Communities, Institutions and Territories: Materials of the IV International Scientific and Practical Conference (Yekaterinburg, 23–24 April 2018)* (vol. 1). Yekaterinburg: Ural University Publ.; 2018. p. 298–302. (In Russ.)
- [8] Adamovich KA, Kapuza AV, Zakharov AB, Frumin ID. *The main results of Russian students in the international study of reading, mathematical and natural science literacy PISA-2018 and their interpretation*. Moscow: NRU HSE; 2019. (In Russ.)
- [9] Kosaretsky SG, Barannikov KA, Belikov AA. *Russian school: the beginning of the XXI century*. Moscow: Higher School of Economics Publ.; 2019. (In Russ.)
- [10] Vakhrusheva TS. Application of augmented reality technologies in education. *Science of the Present and Future*. 2017;1:37–39. (In Russ.)
- [11] Cheong CWL, Guan X, Hu X. Augmented reality (AR) for biology learning: a quasi-experiment study with high school students. In: Wang Y, Joksimović S, San Pedro MOZ, Way JD, Whitmer J. (eds.) *Social and Emotional Learning and Complex Skills Assessment. Advances in Analytics for Learning and Teaching*. Cham: Springer; 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06333-6_9

- [12] Kalken AM, Fedorov YuV, Spirina EA. Virtual and augmented reality in education: myth or reality? *The Paradigm of Modern Science through the Eyes of the Young: Collection of Materials of the XIV International Scientific and Practical Conference Dedicated to the Memory of the Founders of the Branch T.Zh. Atzhanov and A.M. Rodnov, the 25th anniversary of the Constitution and the Assembly of the People of Kazakhstan*. Kostanay; 2020. p. 208–212. (In Russ.)
- [13] Belokhvostov AA, Arshansky EYa. Augmented reality in teaching chemistry: opportunities and prospects for use. *Sviridovskie Readings*. Minsk: BSU Publishing Center; 2018. p. 131–140. (In Russ.)
- [14] Grigoriev SG, Rodionov MA, Kochetkova OA. Educational opportunities of augmented and virtual reality technologies. *Informatics and Education*. 2021;(10):43–56. (In Russ.) <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2021-36-10-43-56>
- [15] Arsentiev DA. Implementation of elements of augmented reality in educational and methodical literature. *University book: Traditions, Modernity Materials of the Scientific-Practical Conference*. Abrau-Durso: Southern Federal University Publishing House; 2015. p. 18–22. (In Russ.)

Сведения об авторе:

Балькина Екатерина Александровна, заведующий структурным подразделением, Центр технического творчества детей «НОВАпарк», Российская Федерация, 446200, Новокуйбышевск, ул. Суворова, д. 20, корп. 1. ORCID: 0000-0002-7033-9152. E-mail: katerinabalkina@gmail.com

Bio note:

Ekaterina A. Balkina, Director of the Structural Division Center, Technical Creativity for Children “NOVApark,” 20 Suvorova St, Novokuibyshevsk, 446200, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-7033-9152. E-mail: katerinabalkina@gmail.com