

**Департамент образования и науки города Москвы  
Государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования города Москвы  
«Московский городской педагогический университет»  
Департамент информатизации образования**

*На правах рукописи*

**Балькина Екатерина Александровна**

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ  
AR-ПРИЛОЖЕНИЙ И 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ  
ПРИ ОБУЧЕНИИ ХИМИИ И БИОЛОГИИ**

**Направление подготовки: 44.06.01 Образование и педагогические науки**

**Профиль программы подготовки:  
теория и методика обучения и воспитания  
(информатизация образования)**

**Научный доклад об основных результатах  
научно-квалификационной работы (диссертации)**

Научный руководитель:

академик РАО, доктор педагогических наук, профессор,  
профессор департамента информатизации  
образования института цифрового образования  
**Гриншкун Вадим Валерьевич**

Москва – 2023

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** В современном информационном обществе основой для его поступательного развития выступает использование информационных и телекоммуникационных технологий. Повсеместное использование таких технологий в обучении и воспитании привело к информатизации образования, под которой принято понимать область научно-практической деятельности человека, направленной на применение методов и средств сбора, хранения, обработки и распространения информации для систематизации имеющихся и формирования новых знаний в рамках достижения психолого-педагогических целей обучения и воспитания. Современные технологии повышают эффективность учебного процесса в рамках подготовки граждан к жизни и деятельности в условиях информационного общества. Имеет место повышение качества общеобразовательной и профессиональной подготовки специалистов на основе широкого использования информационных технологий, разработка и внедрение новых педагогических приемов, основанных на использовании подобных технологий.

При этом все более актуальным становится не столько оснащение компьютерами школ и вузов, сколько стратегия их практического использования в сфере реального образования. Важно разрабатывать качественные новые образовательные средства, которые будут работать на базе компьютерной техники, поставляемой в школы. Важно отметить мобильность такой техники и простоту использования новых образовательных систем для пользователей.

Программное и аппаратное обеспечение компьютерной техники является базой для информатизации образования. При этом информатизация образования оказывается приоритетным направлением внедрения информационных технологий в жизнь современного общества. Интеграция людей в информационное общество зависит от их способности эффективно работать с большими объемами информации, качественно и уместно применять информационные системы и технологии. Степень владения обучающимися различными видами деятельности с использованием информационных технологий определяет эффективность их обучения и степень адаптации к жизни в современном обществе. Важно, что современный мир требует мобильности при использовании технологий.

Различные аспекты и проблемы, касающиеся целесообразности и необходимости использования средств информатизации в образовательном процессе на разных уровнях образования, рассмотрены в публикациях А.А. Андреева, С.Л. Атанасяна, Е.Ы. Бидайбекова, В.А. Бубнова, Я.А. Ваграменко, С.Г. Григорьева, В.В. Гринскуна, О.Ю. Заславской, С.Д. Каракозова, А.М. Кондакова, В.А. Кудинова, А.А. Кузнецова, Н.И. Пака, И.В. Роберт, А.Л. Семенова, О.Г. Смоляниновой, А.Н. Тихонова, А.Ю. Уварова и других исследователей.

В современной школе широкий спектр информационных технологий используется для обучения разным дисциплинам. Онлайн-викторины, квизы, интерактивные презентации, виртуальные тренажеры и лаборатории – цифровые средства обучения, которые отвечают вызовам современного образования, и с помощью которых обучающийся усваивает новый материал, повторяет изученное или проверяет уровень знаний. Именно компьютерная техника позволяет применять цифровые инструменты в образовательном процессе. Особое значение приобретают свойство мобильности применяемых цифровых инструментов и возможность их использования за пределами учебного класса.

На этом фоне значимым становится применение информационных технологий при изучении естественнонаучных дисциплин, таких как биология и химия. Для таких дисциплин в настоящее время характерными являются относительно низкие средние результаты обучения. Во многом, это обусловлено отсутствием современных методов и средств, в частности, позволяющих на новом качественном уровне осуществлять проведение значимых лабораторных и практических работ.

Вполне логично в этой связи предположить, что информационные технологии, позволяющие повысить визуализацию изучаемых объектов, процессов и явлений в образовании, обладают существенным педагогическим потенциалом с точки зрения повышения эффективности обучения естественным наукам, в частности биологии и химии. К числу таких технологий в полной мере можно отнести системы дополненной реальности (AR-приложения) и 3D-моделирование.

Одним из самых значимых преимуществ использования технологии дополненной реальности в изучении естественных наук является ее способность визуализировать абстрактные объекты и явления, воспроизводить дорогие, опасные или длительные опыты, а также демонстрировать редкие объекты. Эти способности дополненной реальности могут позволить повысить эффективность обучения 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. Логично предположить, что за счет использования дополненной реальности с применением 3D-моделей также может увеличиться мотивация учащихся к изучению естественных наук. Взаимодействие школьников с 3D-моделями погружает их в новый интерфейс оперирования с информацией.

Технология дополненной реальности определяется как результат введения с помощью компьютерной техники специально разработанных виртуальных объектов в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений человека об окружающей его действительности и улучшения восприятия информации. Это определение и направления применения такой технологии изучены и описаны в работах Р. Азумы, Ф. Кисино, П. Милграма, С.К. Онга, В. Роганова, Б. Чэна и др.

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 ее использование все еще явно недостаточно. В настоящее время недостает исследований возможности применения технологий дополненной реальности и 3D-моделирования для повышения эффективности образования. В этой связи можно указать лишь несколько исследований С. Джохима, Х. Кауфманн, Л.Л. Лопез, Б. Мейера, Т. Нослони и ряда других ученых, в которых рассмотрены преимущества применения технологии дополненной реальности в области обучения и воспитания обучающихся, содержатся методические и учебные материалы, способствующие использованию этой технологии в образовательных организациях.

На данный момент не накоплен достаточный опыт применения технологий дополненной реальности и 3D-моделирования при изучении естественнонаучных дисциплин, в частности химии и биологии. При грамотном подходе к внедрению AR-приложений в естественнонаучную подготовку школьников можно усовершенствовать методику обучения, поднять преподавание химии и биологии в школе на новый содержательный и методический уровень.

Таким образом, возникает необходимость в проведении соответствующего научного педагогического исследования для определения эффекта от внедрения технологий дополненной реальности и 3D-моделирования в обучение вышеперечисленным естественнонаучным дисциплинам.

С учетом вышесказанного можно констатировать наличие **противоречия** между необходимостью применения современных средств информатизации образования для повышения эффективности обучения биологии и химии, а также существенным объективным методическим потенциалом технологий дополненной реальности и 3D-моделирования для такого обучения, с одной стороны, и недостаточной проработкой методов обучения и подходов к применению указанных технологий в обучении химии и биологии, с другой стороны.

Необходимость устранения сформулированного противоречия свидетельствует об актуальности темы, выбранного для настоящего исследования.

**Проблема исследования** заключается в необходимости определения эффективных методов обучения школьников естественнонаучным дисциплинам, основанных на применении технологий дополненной реальности и 3D-моделирования.

**Цель исследования:** разработка мобильных AR-приложений и 3D-моделей, а также педагогических подходов к их применению для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии.

**Объект исследования:** информатизация естественнонаучного образования школьников.

**Предмет исследования:** использование технологий дополненной реальности и 3D-моделирования для повышения эффективности обучения школьников биологии и химии.

**Гипотеза исследования:** применение специально разработанных мобильных AR-приложений и 3D-моделей в сочетании с предлагаемой методикой в обучении школьников естественнонаучным дисциплинам способствует повышению эффективности соответствующего образовательного процесса в области химии и биологии и положительно влияет на проведение экспериментальных и лабораторных работ, что способствует развитию экспериментальной деятельности у школьников.

Перечисленные объект, предмет, цель и гипотеза исследования обуславливают необходимость решения следующих **задач исследования:**

1. Определить особенности использования системы дополненной реальности и 3D-моделей как средств обучения естественнонаучным дисциплинам в школе;

2. Изучить особенности экспериментальной деятельности школьников в рамках обучения химии и биологии;

3. Определить подходы к применению мобильных AR-приложений и 3D-моделей для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии;

4. Разработать мобильные AR-приложения и 3D-модели для обучения химии и биологии в школе;

5. Разработать методические рекомендации по использованию мобильных AR-приложений и 3D-моделей при обучении школьников химии и биологии;

6. Экспериментально подтвердить эффективность использования мобильных AR-приложений и 3D-моделей, а также развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии.

**Методологической и теоретической основой исследования являются:**

– системный и деятельностный подходы в обучении, воспитании и развитии школьников (А.Г. Асмолов, Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, В.В. Давыдов, А.Н. Леонтьев, В.В. Рубцов, Д.Б. Эльконин и др.);

– ключевые положения в сфере применения средств информатизации в образовательном процессе (О.А. Абдулина, С.Л. Атанасян, В.А. Бубнов, С.Г. Григорьев, В.В. Гриншкун, О. Ю. Заславская, О.А. Козлов, В.А. Кудинов, А.А. Кузнецов, Т.А. Лавина, И.Ю. Мишота, И.В. Роберт, А.Л. Семенов, А.Н. Тихонов, А.Ю. Уваров и др.);

– научно-практические изыскания в области технологий виртуальной и дополненной реальности (Р. Азума, Т. Кодел, А.С. Конушин, П. Милграм, В.Р. Роганов, Б. Чэн, М.Л. Юан и др.);

– результаты научных трудов в области применения технологии дополненной реальности в учебно-воспитательном процессе (А.В. Гриншкун, Х. Кауфманн, Л.Л. Лопез, Т. Нослони, М.В. Ядровская и др.).

**Методы исследования.** Для достижения поставленной цели использовались методы: общенаучные теоретические методы (синтез, анализ, формализация, классификация, моделирование, изучение научной литературы, обобщение), методы эмпирического анализа (наблюдение, изучение накопленного педагогического опыта, беседа, тестирование, анкетирование), создание 3D-моделей для естественнонаучной области, разработка мобильного приложения с технологией дополненной реальности, разработка тематической платформы в сети Интернет с целью распространения и открытого использования мобильного приложения, педагогический эксперимент, статистические методы обработки результатов экспериментальной деятельности.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

1. Обоснована необходимость и возможность применения мобильных AR-приложений и 3D-моделей в изучении естественнонаучных дисциплин;
2. Разработаны подходы к применению мобильных AR-приложений и 3D-моделей для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии;
3. Предложены методические рекомендации по использованию мобильных AR-приложений и 3D-моделей при обучении химии и биологии.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в том, что предложено применение мобильных средств дополненной реальности и 3D-моделей для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии, отобраны содержательные и методические компоненты школьных курсов химии и биологии для апробации подходов, связанных с использованием технологии дополненной реальности, предложены методические рекомендации по применению мобильных AR-приложений и 3D-моделей при изучении естественнонаучных дисциплин.

**Практическая значимость исследования** состоит в:

- разработке мобильного приложения дополненной реальности «AR-STUDIUM» и системы мобильных 3D-моделей для обучения химии и биологии в школе;
- разработке карт дополненной реальности с маркерами для использования мобильного приложения дополненной реальности «AR-STUDIUM»;
- создании платформы в сети Интернет для размещения и распространения информации о свободно распространяемом мобильном приложении дополненной реальности «AR-STUDIUM» и карт дополненной реальности по химии и биологии;
- разработке программы дополнительного образования для педагогов «Цифра в химии и биологии».

**Достоверность и обоснованность** результатов исследования обеспечены базированием на достижениях в сфере педагогики и психологии, теории и методике обучения химии и биологии, разработке и использования современных информационных технологий, адекватностью применяемых методов задачам исследования, проверкой результатов исследования в

реальном учебном процессе, статистическими данными, полученными в ходе педагогического эксперимента.

**Экспериментальной базой исследования** являлась ГБОУ «Общеобразовательная школа №15» г.о. Новокуйбышевск Самарской области. Эксперимент проведен с использованием специально разработанного приложения «AR-Studium».

Исследование проводилось в 2019-2023 годах и условно может быть разделено на **три этапа**.

На **первом этапе** (2019-2021 г.г.) проведен анализ научной, методической, психолого-педагогической литературы в области теории и методики обучения химии и биологии и информатизации образования, проанализированы подходы к использованию технологий дополненной реальности, определены теоретические аспекты применения информационных технологий при обучении химии и биологии.

На **втором этапе** (2021-2022 г.г.) проводилась работа по созданию модели подходов к информатизации обучения школьников химии и биологии, подбирались содержание и методы соответствующей подготовки школьников, формировались системы, разрабатывались и подбирались 3D-модели, мобильное приложение дополненной реальности и AR-карты с маркерами.

На **третьем этапе** (2022-2023 г.г.) определялась эффективность использования разработанных подходов к применению технологии дополненной реальности для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии, результаты исследования оформлялись в виде научной квалификационной работы.

**На защиту выносятся следующие основные положения:**

1. Применение мобильных AR-приложений и 3D-моделей в обучении естественнонаучным дисциплинам способствует повышению эффективности образовательного процесса и положительно влияет на развитие экспериментальной деятельности школьников в области химии и биологии;

2. Разработанное мобильное приложение дополненной реальности «AR-STUDIUM», 3D-модели и коллекция AR-карт с маркерами позволяют эффективно использовать технологию дополненной реальности при обучении школьников химии и биологии и вносят положительный вклад в развитие информатизации естественнонаучного образования школьников.

**Апробация и внедрение результатов.** Основные предпосылки, положения, компоненты и результаты исследования обсуждались и апробировались на всероссийской конференции «Эффективный опыт современной школы: полезные практики для каждого» в рамках проекта «Взаимобучение городов» (МЦРКПО, Департамент образования и науки города Москвы, 2021), Всероссийском баркемпе для педагогов технической и естественнонаучной направленностей «Цифра в техническом и естественнонаучном образовании» (Сферум, Москва, 2021), Международной научно-практической конференции «Инфо-Стратегия – 2022: Общество. Государство. Образование» (Самара, 2022), Международной конференции

«Школа в фокусе, фокусы для школы» (Самара, 2022), Окружных заседаниях территориальных методических объединениях учителей химии и биологии (ГБУ ДПО «Новокуйбышевский ресурсный центр», Новокуйбышевск, 2021, 2022, 2023), Окружных заседаниях территориальных методических объединениях руководителей центров «Точка роста» (ГБУ ДПО «Новокуйбышевский ресурсный центр», Новокуйбышевск, 2022, 2023), открытых практических мастер-классах для учителей химии и биологии г.о. Новокуйбышевск (ГБУ ДПО «Новокуйбышевский ресурсный центр», Новокуйбышевск, 2023).

Результаты проведенной исследовательской работы, отобранные и разработанные 3D-модели и мобильное приложение, методические рекомендации по применению технологии дополненной реальности при обучении химии и биологии с целью развития экспериментальной деятельности в основной школе **внедрены** в ГБОУ «Общеобразовательная школа №15» (г. Новокуйбышевск), в том числе и открытом на базе этой образовательной организации школьном кванториуме.

Основные результаты, полученные в ходе исследования, **опубликованы** в 4 публикациях, в том числе 3 научных статьях автора в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций.

**Структура** научно-квалификационной работы определена логикой, целью и задачами исследования. Научно-квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы и приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы научно-квалификационной работы, описаны цель, объект, предмет исследования, определена гипотеза, проблема, задачи, методы и этапы проведения исследовательской работы, определена база эксперимента, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, описана структура научно-квалификационной работы.

**Первая глава** «*Теоретические и технологические предпосылки использования технологии дополненной реальности в школьном курсе химии и биологии*» состоит из трех параграфов и посвящена представлению системы дополненной реальности и 3D-моделей как средств обучения, изучению специфики использования дополненной реальности и 3D-моделей в обучении химии и биологии, рассмотрению особенностей экспериментальной деятельности школьников при изучении естественнонаучных дисциплин.

Система образования меняется благодаря апробации новых технологий, методик, приемов работы со средствами и сервисами информационных и телекоммуникационных технологий. Подобные изменения, в свою очередь, позволяют качественно изменить образовательный процесс, а также сделать его современным и технологичным, отвечающим вызовам настоящего времени. Поколение современных школьников не только готово, но и само



инициирует продуктивный диалог с учителем и одноклассниками в новом формате на основе современных интерактивных средств информационных и телекоммуникационных технологий. Наряду со такими современными образовательными технологиями, как интернет-ориентированная образовательная технология, технология дистанционного обучения, технология медиаобразования, технология электронного обучения (e-learning), технология smart-образования (smart-education), следует назвать и технологию дополненной реальности (augmented reality, AR). В этой связи стоит отметить существенный дидактический потенциал технологии дополненной реальности в школьном образовании и особенности восприятия обучающимися различных форм представления информации.

Массовое использование компьютерных устройств школьниками существенно расширяет возможности образовательных технологий за счет детальной визуализации всевозможных объектов и процессов. Технология AR позволяет дополнить настоящий физический мир цифровыми объектами, в том числе и 3D-моделями. Изучаемая информация, представленная в подобной форме, воспринимается легко, так как присутствует атмосфера учебной интерактивной игры, что психологически привлекает школьника, активизирует его внимание и позволяет повысить привлекательность изучаемого предмета.

Дополненная реальность – это реальность, в которой 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. Технология дополненной реальности позволяет в любой момент времени представить объект, процесс или явление в виде мобильных 3D-моделей, отображаемые на экране устройства. Помимо реалистичной визуализации, мобильные 3D-модели позволяют выполнить с изучаемым объектом ряд манипуляций, посмотреть на него в разрезе или «изнутри». Основной особенностью 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.

Для работы с системами дополненной реальности 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 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. Гринскуна, Х. Кауфманна, В.Р. Роганова, А.С. Конушина, Л.Л. Лопез обоснован тот факт, что глубоким педагогическим потенциалом для демонстрации связи между смысловыми единицами и изображениями обладает технология дополненной реальности. Именно эту особенность следует использовать в обучении через включение технологии дополненной реальности (AR-технологии) в уроки естественно-научной направленности, а именно, занятия по химии и биологии.

С помощью AR-приложений на уроках естественнонаучного цикла, таких как химия и биология, ученики могут с равной степенью достоверности восприятия увидеть опасные или дорогостоящие химические реакции, с точной степенью достоверности изучить недоступные, абстрактные модели и процессы. Возможно 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.

Следует учитывать значимость повышения эффективности и привлекательности обучения школьников естественнонаучным дисциплинам. 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. 1).

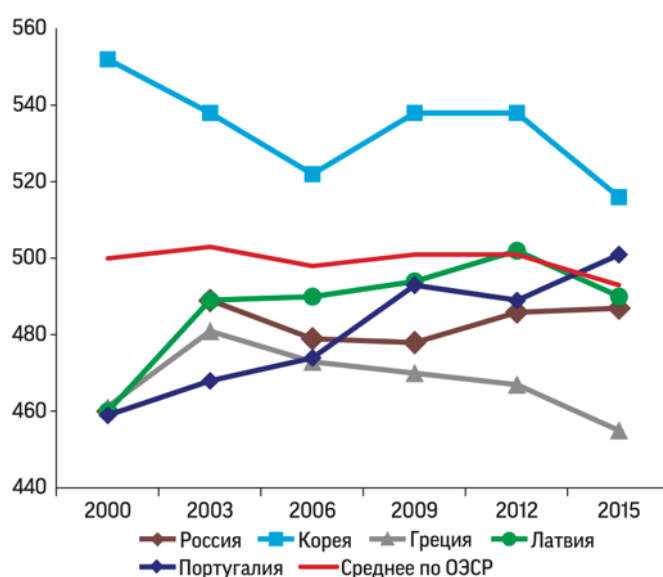


Рисунок 1 – Результаты исследования PISA (естественнонаучная грамотность) по странам мира (баллы)

Похожий результат в области 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.

С 2017 года обучение в российских школах осуществляется по профилям, которые представляют собой различные комбинации из вариантов, предложенных во ФГОС (рис. 2). Самым популярным является социально-экономический (9,5%), социально-гуманитарный (8,6%) и физико-математический (8,1%) профили. Следует обратить внимание, что самыми невостребованными являются биолого-географический, химико-биологический и художественно-эстетический профили.

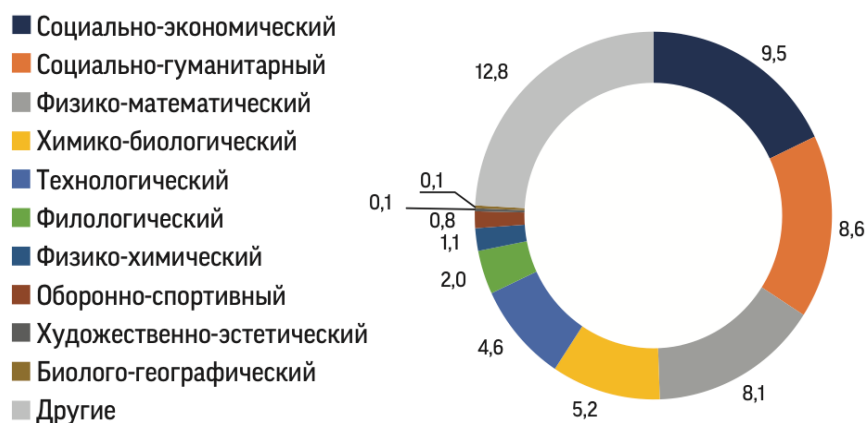


Рисунок 2. – Распределение обучающихся по профилям в старших классах школы

Видно, что подобные данные коррелируют с низкими показателями российских обучающихся по естественным наукам в рамках международных исследований PISA.

Лабораторные работы и эксперименты занимают особое место в курсе химии и биологии основной школы. Это отражается в требованиях федерального государственного стандарта основного общего образования в части описания личностных, предметных и метапредметных результатов по химии и биологии. Особое внимание в предметных результатах уделяется использованию не только аналоговых, но и цифровых устройств и приборов. Часть экспериментов возможно эффективнее провести с использованием технологии дополненной реальности, так как для проведения экспериментов понадобится только телефон или планшет, а также мобильное приложение с 3D-моделями, что позволяет сделать экспериментальную деятельность по химии и биологии мобильнее.

Согласно самому общему определению, биологический или химический эксперимент – это метод изучения биологических или химических процессов в

специально созданных условиях. В отличие от наблюдения, главной особенностью эксперимента является его повторение. Применение технологии дополненной реальности позволит сделать эксперимент не только мобильнее, но и не ограниченным по количеству воспроизведений, в отличие от традиционных способов проведения экспериментов.

**Вторая глава** «Разработка подходов к применению мобильных AR-приложений и 3D-моделей для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии» состоит из четырех параграфов и посвящена моделированию подходов к информатизации обучения школьников химии и биологии на основе использования мобильных AR-приложений и 3D-моделей, проектированию мобильных AR-приложений и 3D-моделей для обучения химии и биологии, разработке методических рекомендации по использованию мобильных AR-приложений и 3D-моделей при обучении химии и биологии. В этой главе описана экспериментальная проверка эффективности использования мобильных AR-приложений и 3D-моделей для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии.

В рамках исследования были созданы основы для поддержки информатизации обучения химии и биологии в основной школе, в том числе построена и описана в научно-квалификационной работе теоретическая модель подходов к информатизации обучения химии и биологии. Такая модель задает основные направления описываемой информатизации. На ее основе были разработаны новые методы и комплекс средств обучения, базирующиеся на AR-технологии, позволяющие воспроизводить недоступные объекты и эксперименты по химии и биологии в основной школе.

Основной идеей, лежащей в основе моделирования, является подбор и разработка 3D-моделей, прототипа мобильного приложения, карт дополненной реальности, необходимых для визуализации 3D-моделей, а также создание платформы в сети Интернет для размещения тематических материалов для открытого использования и распространения информации о приложении.

Для разработки авторского прототипа приложения «AR-Studium» были созданы 3D-модели, разработаны метки, сформирована база данных меток, сформировано мобильное приложение. Для реализации описываемых шагов было применено несколько специализированных профессиональных программных продуктов, в числе которых Blender, Inkscape, Vuforia, Unity. Часть используемых 3D-моделей была разработана, а часть отобрана и отредактирована из банка бесплатных готовых 3D-моделей. Разработанное мобильное приложение получило название «AR-STUDIUM», что в переводе с латинского означает «Обучение с AR». Прототип приложения на данный момент включает в себя два основных модуля и один дополнительный.

Основной модуль «Химические процессы» содержит 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. 3). Наиболее эффективным на уроке будет сочетание проведения реального химического эксперимента и использованием технологии дополненной реальности с целью отработки уравнений химических реакций. Самое важное, что с помощью маркеров можно воспроизводить результат недоступных к проведению в школе лабораторных работ.

Основной модуль «Биологические клетки» включает в себя набор маркеров с различными животными и растительными клетками. В этом случае необходимо навести камеру устройства на карту дополненной реальности и на экране появится 3D-модель клетки. Это позволит более подробно изучить строение клетки и помочь школьнику выполнить задание в учебнике, в рабочих листах или тетради (рис. 4).

Дополнительный модуль «Красная книга» состоит из маркеров с изображением животных, растений и грибов из «Красной книги». На оборотной стороне маркера (рис. 5) находится подробное описание объекта. В этом случае также необходимо навести камеру устройства на карту дополненной реальности, и на экране появится 3D-модель объекта.

Данный модуль позволит привлечь внимание обучающихся к проблеме исчезновения видов. Также данный модуль носит и воспитательный характер. Известно, что «Красная книга» впервые была выпущена в августе 1978 года в СССР, и это событие было приурочено к открытию XIV Генеральной ассамблеи Международного союза охраны природы.



Рисунок 3 - Модуль  
«Химические процессы»



Рисунок 4 - Модуль  
«Биологические клетки»



Рисунок 5 - Модуль  
«Красная книга»

Установочный файл мобильного приложения «AR-STUDIUM» и карты дополненной реальности размещены для бесплатного использования на платформе (рис. 6) в сети Интернет по адресу <http://arstudium.nova-park.ru>.

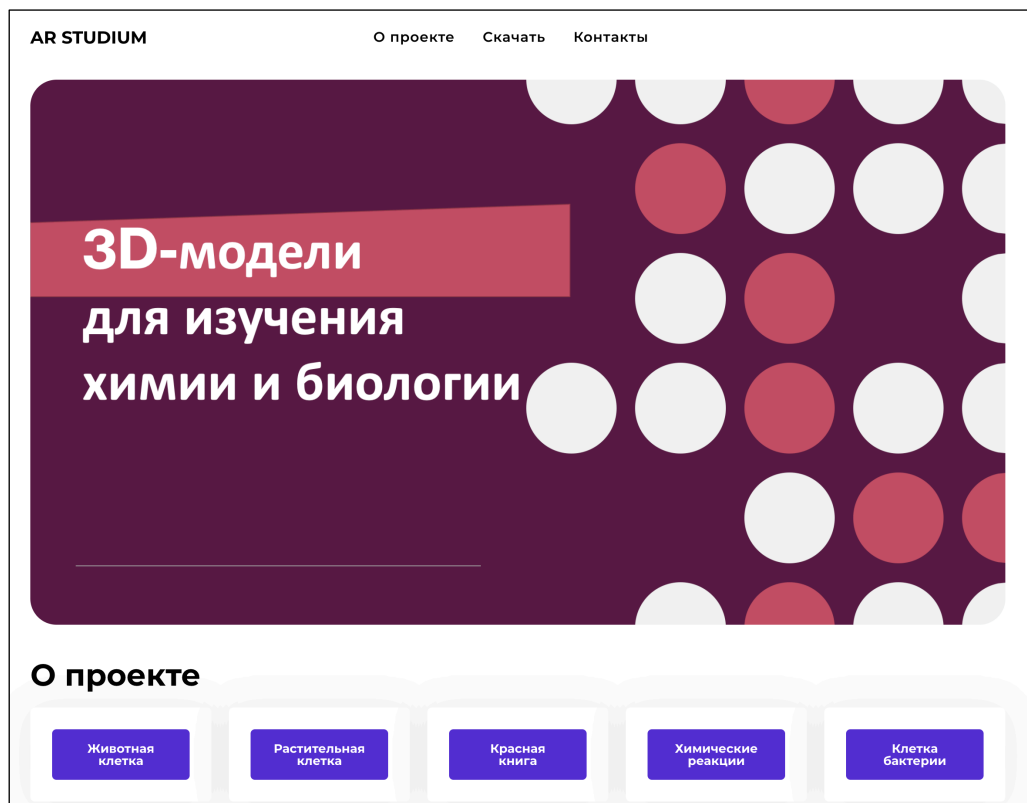


Рисунок 6. – Платформа «AR-STUDIUM»

Экспериментальная часть исследования степени влияния различных форм представления информации на уровень ее восприятия школьниками при использовании средств дополненной реальности в обучении химии и биологии проводилась с учениками 5-х и 8-х классов ГБОУ «Общеобразовательная школа №15» г.о. Новокуйбышевск. Всего в эксперименте приняли участие 177 школьников. При проведении эксперимента использовалось разработанное в ходе исследования авторское мобильное приложение «AR-STUDIUM», а также специальные тестовые задания и экспертные оценки педагогов, сформированные в результате устных опросов школьников.

В ходе эксперимента школьники были сгруппированы в контрольную и экспериментальную группы, по каждой из которых в ходе всех этапов и видов экспериментальной проверки собирались и обрабатывались отдельные данные. Школьники 5-х классов участвовали в апробации модуля «Биологические клетки», школьники 8-х классов – модуля «Химические эксперименты».

В контрольную группу модуля «Биологические клетки» вошли 47 школьников, а в экспериментальную – 45 школьников из 5-х классов. В контрольную группу модуля «Химические эксперименты» вошли 43 школьника, а в экспериментальную – 42 школьника из 8-х классов.

Эксперимент был нацелен на выявление степени влияния различных форм представления информации на уровень ее восприятия школьниками при использовании средств дополненной реальности в обучении отдельным темам. В контрольных группах для изучения новой информации предлагались традиционные формы представления информации, а в экспериментальных группах предлагалось изучение новой информации с применением технологии дополненной реальности и 3D-моделей.

Обобщенные результаты эксперимента отражены в таблицах 1 и 2. Для подтверждения достоверности полученных результатов использовался статистический критерий Пирсона. Выявленное значение параметра  $p$  свидетельствуют о достоверности полученных результатов.

Таблица 1. Результаты экспериментальной проверки изучения отдельных тем курса биологии в 5-х классах

Группа	Кол-во школьников	Количество школьников по отметкам				P
		«5»	«4»	«3»	«2»	
Эксперимент.	49	12	27	7	3	0,84
Контрольная	43	6	18	12	7	0,73

Таблица 2. Результаты экспериментальной проверки изучения отдельных тем курса химии в 8-х классах

Группа	Кол-во школьников	Количество школьников по отметкам				P
		«5»	«4»	«3»	«2»	
Эксперимент.	47	15	23	7	2	0,86
Контрольная	38	7	17	9	5	0,77

Из таблиц и коэффициента  $P$  видно превосходство экспериментальных групп над контрольными, что, в свою очередь, означает, что изучение отдельных тем курсов химии и биологии с использованием технологии дополненной реальности в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Полученные в результате эксперимента числовые данные, свидетельствуют о педагогической целесообразности применения технологии дополненной реальности и 3D-моделей при изучении химии и биологии в школе. Было выявлено, что большая часть обучающихся не применяла технологию дополненной реальности для обучения, а часть школьников не знакома AR-технологиями. Обосновано, что использование приложения «AR-STUDIUM» положительно влияет на развитие информационной культуры школьников. Кроме того, по экспертным оценкам выявлено повышение мотивации обучающихся к изучению химии и биологии

в целом, и проведению экспериментов в условиях интеграции технологии дополненной реальности в традиционные методы проведения экспериментов при подготовке по естественнонаучным дисциплинам в школе.

В ходе проведенного исследования были получены следующие основные **результаты и выводы:**

1. На основе анализа научно-методической литературы и опыта обучения химии и биологии в основной школе выявлены особенности использования технологии дополненной реальности и 3D-моделей в обучении химии и биологии и особенности экспериментальной деятельности школьников при изучении химии и биологии;

2. Предложена модель подходов к информатизации обучения школьников химии и биологии на основе использования мобильных AR-приложений и 3D-моделей;

3. Созданы и отобраны 3D-модели, а также разработан прототип мобильного AR-приложения для обучения химии и биологии.

4. Разработаны методические рекомендации для педагогов по использованию мобильных AR-приложений и 3D-моделей при обучении химии и биологии;

5. Экспериментально подтверждена эффективность использования мобильных AR-приложений и 3D-моделей для развития экспериментальной деятельности школьников при обучении химии и биологии. В частности, показано, что разработанное мобильное приложение дополненной реальности «AR-STUDIUM», 3D-модели и коллекция AR-карт с маркерами позволяют эффективно использовать технологию дополненной реальности при обучении школьников химии и биологии и вносят положительный вклад в развитие информатизации естественнонаучного образования школьников.

**Дальнейшего исследования** требуют вопросы использования всех функциональных возможностей технологии дополненной реальности как дополнение к традиционным методам обучения, а также создание новых 3D-моделей, модулей мобильного приложения и карт дополненной реальности, позволяющих охватить все предметные темы экспериментальной деятельности школьного курса химии и биологии, а также разработки расширенной программы повышения квалификации учителей естественнонаучных дисциплин в части использования технологии дополненной реальности и 3D-моделей в профессиональной педагогической деятельности.

**Публикации в периодических изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ:**

1. 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. / М.: РУДН – 2022. Т.19. №4. С. 360-371.

2. Балькина Е.А. Разработка и применение AR-приложений для изучения химии и биологии в школе. // Вестник Московского городского



педагогического университета. Серия информатика и информатизация образования. / М.: МГПУ – 2023. № 1 (63). С. 86-98.

3. Балькина Е.А. Влияние различных форм представлений информации на уровень ее восприятия школьниками при использовании средств дополненной реальности в обучении химии и биологии в школе. // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия информатика и информатизация образования. / М.: МГПУ – 2023. № 2 (64).

**Публикации в других изданиях:**

4. Балькина Е.А. Новое образовательное пространство как современная инфраструктура обеспечения качества общего образования. // Управление качеством образования: теория и практика эффективного администрирования. – 2020. № 6. С. 59-67.