

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ (ПО ОБЛАСТЯМ И УРОВНЯМ ОБРАЗОВАНИЯ)/THEORY AND METHODS OF TEACHING AND UPBRINGING (BY AREAS AND LEVELS OF EDUCATION)

DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7>

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НА УРОКАХ ХИМИИ: ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Научная статья

Николаев А.А.^{1,*}, Митрофанова А.В.²

¹ ORCID : 0000-0003-1941-7319;

² ORCID : 0000-0003-1207-5512;

^{1,2} Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

¹ Школа № 1279 «Эврика», Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (andreynikolaev2001[at]yandex.ru)

Аннотация

Статья посвящена анализу современных подходов к внедрению цифровых технологий в систему преподавания химии. Рассмотрены ключевые достижения в области использования виртуальных лабораторий, интерактивных образовательных платформ, мультимедийных средств и искусственного интеллекта, в том числе возможностей модели ChatGPT, для повышения мотивации и эффективности обучения.

Особое внимание уделяется существующим проблемам технического обеспечения образовательных учреждений, вопросам подготовки педагогов и необходимости системных решений для полноценной цифровой трансформации образовательного процесса. Также рассматриваются перспективные направления развития, такие как использование технологий дополненной и виртуальной реальности, а также создание индивидуализированных программ обучения.

В статье подчёркивается важность комплексного подхода и согласованных мер для повышения качества химического образования и формирования компетентных специалистов, способных успешно адаптироваться к вызовам современного информационного пространства.

Ключевые слова: цифровизация образования, образовательные технологии, цифровизация химии, современные образовательные инструменты, интерактивный подход к обучению химии.

DIGITALISATION IN CHEMISTRY CLASSES: ACHIEVEMENTS, CHALLENGES AND PROSPECTS

Research article

Nikolaev A.A.^{1,*}, Mitrofanova A.V.²

¹ ORCID : 0000-0003-1941-7319;

² ORCID : 0000-0003-1207-5512;

^{1,2} Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

¹ School № 1279 "Eureka", Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (andreynikolaev2001[at]yandex.ru)

Abstract

The article is devoted to the analysis of modern approaches to the introduction of digital technologies in the system of teaching chemistry. Key achievements in the use of virtual laboratories, interactive educational platforms, multimedia and artificial intelligence, including the ChatGPT model, to increase motivation and learning efficiency are reviewed.

Special attention is paid to the existing problems of technical support of educational institutions, the issues of teacher training and the necessity of system solutions for the full-fledged digital transformation of the educational process. It also examines promising areas of development, such as the use of augmented and virtual reality technologies, as well as the creation of individualised learning programmes.

The article emphasises the importance of an integrated approach and coordinated measures to improve the quality of chemical education and the formation of competent specialists able to successfully adapt to the challenges of modern informational space.

Keywords: digitalisation of education, educational technologies, digitalisation of chemistry, modern educational tools, interactive approach to teaching chemistry.

Введение

Современные условия развития информационных технологий оказывают большое влияние на все сферы человеческой деятельности, в том числе на систему образования [1]. Внедрение цифровых инструментов в учебный процесс становится одной из ключевых тенденций, особенно в преподавании предметов, требующих наглядности и практического закрепления знаний.

Химия, как наука о веществах и их взаимодействиях, традиционно ассоциируется с лабораторными экспериментами и моделированием, что делает цифровизацию особенно актуальной для повышения эффективности обучения. Использование современных технологий позволяет не только повысить мотивацию учащихся, но и существенно расширить возможности для освоения сложных концепций, создания виртуальных лабораторий и интерактивных занятий [2]. Однако внедрение цифровых решений сопряжено с рядом проблем, связанных как с

недостаточной технической оснащённостью образовательных учреждений, так и с необходимостью подготовки педагогов к работе с новыми инструментами.

В данной статье проанализированы основные достижения цифровизации в преподавании химии, выявлены существующие трудности и обозначены перспективы развития этой важной тенденции, направленной на совершенствование современного химического образования.

Достижения цифровизации в преподавании химии

За последние годы использование цифровых технологий в образовательном процессе значительно изменило подходы к преподаванию и изучению химии. Современные инструменты и ресурсы позволяют сделать обучение более интересным, интерактивным и доступным для широкого круга учеников [3]. Внедрение виртуальных лабораторий, мультимедийных материалов и онлайн-платформ открывает новые возможности для углубленного освоения сложных концепций и практических навыков [4]. Эти достижения не только повышают эффективность учебного процесса, но и стимулируют активное участие учеников, делают изучение химии более увлекательным и современным. Следует также рассмотреть, какие конкретные достижения уже реализованы и как они влияют на качество преподавания и восприятия предмета.

2.1. Использование интерактивных платформ и образовательных ресурсов

В современном образовательном пространстве важное место занимает интеграция интерактивных платформ и разнообразных онлайн-ресурсов в обучение. Ряд интерактивных платформ и инструментов позволяют создавать гибкую и адаптивную образовательную среду, учитывающую индивидуальные особенности каждого ученика [5]. Платформы такие как Moodle, Kahoot!, Quizlet, Online Test Pad дают возможность проводить тестирования, викторины и обсуждения в режиме реального времени, что способствует не только укреплению знаний, но и развитию аналитического мышления. Не менее важным является то, что такие ресурсы способствуют формированию у учеников навыков самостоятельной работы и ответственности за собственное образование.

Одним из современных интерактивных инструментов, используемых в образовательном процессе, является платформа Online Test Pad. Эта платформа предназначена для создания и проведения онлайн-тестов, викторин и контрольных работ в реальном времени [6]. В рамках обучения химии она позволяет преподавателям легко разрабатывать задания различного уровня сложности, автоматизировать их проверку и получать мгновенную обратную связь. Ученики, отвечая на вопросы, могут одновременно видеть свои результаты и анализировать ошибки, что способствует более эффективному усвоению материала (Рис. 1).

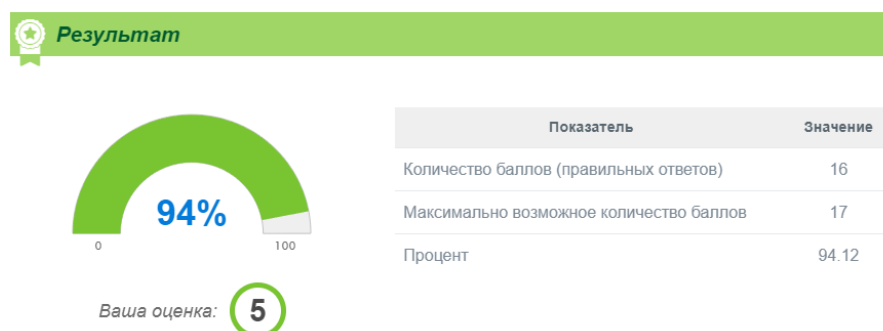


Рисунок 1 - Пример результата на платформе Online Test Pad

DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7.1>

Кроме того, Online Test Pad обеспечивает возможность проведения дистанционных занятий и тестирования, что особенно актуально в условиях ограниченного очного взаимодействия, например в период пандемии. Использование этой платформы способствует развитию аналитического мышления, самостоятельной работы и ответственности за обучение, а также позволяет преподавателям оперативно отслеживать прогресс каждого ученика и своевременно корректировать учебные программы, поскольку платформа даёт возможность получить статистику по выполненным заданиям и полученным оценкам (Рис. 2, Рис. 3).

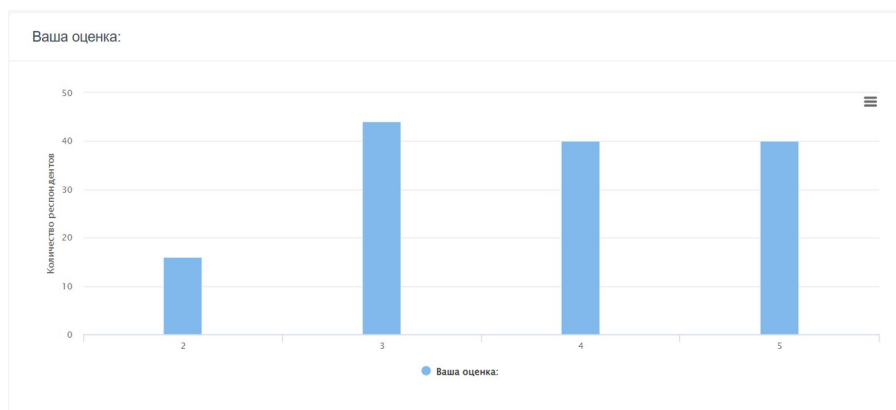


Рисунок 2 - Итоговый график оценок на платформе Online Test Pad
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7.2>

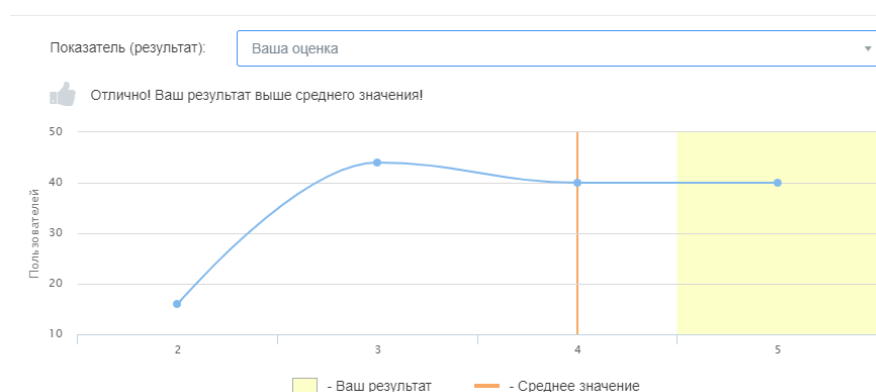


Рисунок 3 - Пример графика результатов, который видит ученик на платформе Online Test Pad
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7.3>

2.2. Виртуальные лаборатории и симуляторы

Традиционные лабораторные работы – неотъемлемая часть обучения химии, однако в ряде случаев их проведение связано с техническими, финансовыми ограничениями или требованиями безопасности. В таких ситуациях на помощь приходят виртуальные лаборатории и симуляторы, позволяющие ученикам моделировать эксперименты в цифровом пространстве. Эти инструменты воспроизводят реальные химические процессы с высокой степенью реалистичности и интерактивности.

Например, программы типа ChemCollective или PhET дают возможность выполнять реакции, наблюдать за изменениями веществ и анализировать результаты без необходимости физического присутствия в лаборатории. Виртуальные лабораторные работы способствуют развитию практических навыков, критического мышления и аналитических умений при работе с экспериментальными данными, что особенно актуально в условиях ограниченного доступа к оборудованию.

Больше популярностью у учительского сообщества пользуются виртуальные лаборатории от МЭШ (Московской Электронной Школы) по химии, которые представляют собой образовательный ресурс, позволяющий школьникам проводить химические эксперименты в цифровом формате [7]. Эти виртуальные лаборатории обеспечивают реалистичное моделирование химических реакций, процессов и взаимодействий с помощью интерактивных 3D-симуляций, что позволяет учащимся безопасно и удобно изучать практические аспекты химии без необходимости наличия физического лабораторного оборудования.

Московская электронная школа предлагает разнообразные виртуальные лабораторные модули (например, неорганическая химия (Рис. 4), органическая химия (Рис. 5)), которые помогают закреплять теоретические знания, развивать навыки лабораторных работ и формировать практическое мышление. Такой подход способствует повышению мотивации к изучению химии, расширению возможностей для самостоятельного обучения и подготовке к будущей профессиональной деятельности в условиях современного цифрового образования.

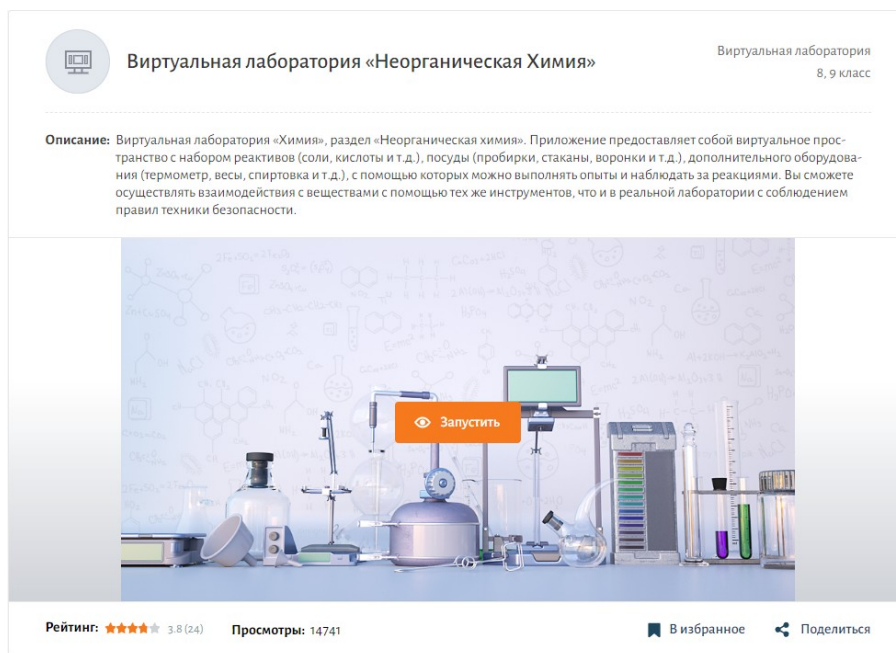


Рисунок 4 - Виртуальная лаборатория «Неорганическая химия» МЭШ
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7.4>



Рисунок 5 - Виртуальная лаборатория «Органическая химия» МЭШ
DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7.5>

2.3. Генерация заданий с помощью Python, а также цифровых образовательных онлайн-платформ

Генерация заданий с помощью, например, языка программирования Python становится все более популярным инструментом в современном преподавании химии, позволяя автоматизировать процесс составления разнообразных учебных задач и тестов [8]. Использование программных скриптов позволяет быстро создавать уникальные задачи, например, на вычисление молекулярных масс, уравнивание химических реакций, расчет концентраций и другие типы заданий. Создание заданий с помощью цифровых образовательных онлайн-платформ также является важным аспектом современного обучения, позволяющим создавать индивидуализированные и разнообразные задания в автоматическом режиме.

Такие платформы используют алгоритмы и базы данных для разработки тестов, задач и упражнений, которые соответствуют уровню знаний каждого ученика, что повышает эффективность учебного процесса. Данный подход и особенности уже активно используются в учебном курсе по математике [9]. В контексте изучения химии это особенно актуально, поскольку позволяет быстро формировать практические задания, проверочные тесты и тренировочные упражнения, учитывая прогресс и слабые места каждого учащегося. Благодаря автоматической генерации заданий

В качестве примера цифрового подхода к решению задач приведём несколько примеров из курса химии 8–9 класса, которые предполагают автоматическую генерацию числовых данных на платформе Online Test Pad:

5. Рассчитайте массу осадка, образующегося при сливании {x} г {y} % раствора сульфата натрия с раствором нитрата бария, взятым в избытке.

7. Рассчитайте массу осадка, образующегося при пропускании достаточного количества сероводорода через $\{x\}$ г $\{y\}\%$ раствора сульфата меди(II).

Как можно увидеть в тексте задач используются неизвестные переменные (например, X и Y), которые будут сгенерированы в момент получения задания учеником, особенностью данного подхода является то, что сложность задач при этом одинаковая, а числовые данные разные, поскольку образовательные онлайн платформы позволяют сгенерировать диапазон выдаваемых числовых значений, а также шаг изменения (например, в задаче на разбавление — добавление воды {от 10 до 100 мл с шагом 5}, тогда ученику №1 выдастся значение 10 мл, ученику №2 15 мл и так далее). Далее уже происходит проверка задания автоматически без участия учителя, причем для учета погрешностей округления во время вычисления присутствует возможность ввести допустимую погрешность ответа (Рис. 6).

ТЕКСТ ВОПРОСА

+ Добавить

$\int$
 $\sqrt{}$
 $\frac{\Box}{\Box}$
 $\times_2$
 $\times^2$
 $\sum$
 $\prod$
 $\approx$
 $\equiv$
 Ω
 $\Box \nabla$
 f_x

K {x} г раствору с массовой долей растворенной соли {y} % добавили {z} г воды, какова новая концентрация (в %) соли в растворе?

Ответ округлите до целых и представьте в %

загрузить изображение

ПОДСЧЕТ БАЛЛОВ:

Баллов: за *правильный* ответ 1.5
 за *неправильный* ответ 0

ПАРАМЕТРЫ ЗАДАЧИ [добавить](#)

#	Переменная	Начальное значение	Конечное значение	Шаг
1	x	100	200	25
2	y	5	30	5
3	z	10	100	5

ФОРМУЛА РАСЧЕТА ?

(x*y/100)/(x+z)*100

Допустимая погрешность ответа

± 3

? Укажите название переменной. Задайте диапазон: начальное значение, конечное значение и шаг. Укажите формулу расчета. В тексте вопроса в нужные места вставьте значение {переменная}. В него будет подставлено случайное значение из указанного диапазона переменной.

DOI: <https://doi.org/10.60797/PED.2025.8.7.6>

2.4. ChatGPT в химии

Кроме того, ChatGPT может быть использован для разработки учебных заданий, формирования интерактивных тестов или даже для генерации идей для научных исследований. В целом, внедрение подобных технологий

способствует повышению эффективности образовательного процесса, развитию навыков критического мышления и самостоятельного поиска информации, а также помогает ученикам и специалистам более уверенно ориентироваться в современном информационном пространстве. Такой подход открывает новые горизонты для углубленного изучения химии и расширения профессиональных компетенций.

2.5. Мультимедийные презентации и видеоматериалы

Использование мультимедийных средств – важный фактор повышения эффективности усвоения сложных концепций химии. Анимации молекулярных процессов, трехмерные модели и видео-демонстрации позволяют сделать абстрактные идеи более наглядными и понятными. Современные преподаватели активно внедряют такие материалы в учебный процесс, что способствует более глубокому и запоминающемуся восприятию информации. Видеолекции и демонстрационные видео-эксперименты позволяют ученикам наблюдать за реакциями, которые трудно воспроизвести в классической лаборатории, а также лучше понять динамику химических процессов.

2.6. Повышение мотивации и интереса учащихся

Цифровые технологии значительно усиливают мотивацию и заинтересованность учеников в изучении химии. Интерактивные платформы, виртуальные лаборатории и мультимедийные материалы делают обучение более разнообразным и увлекательным. Такой подход позволяет ученикам активно участвовать в учебном процессе, экспериментировать и получать быстрый отклик, что способствует развитию самостоятельности и креативности. В результате, учащиеся проявляют больший энтузиазм, стремятся к более глубокому освоению материала и лучше усваивают сложные химические концепции.

Проблемы внедрения цифровых технологий на уроке химии

Процесс внедрения цифровых технологий в систему образования на сегодняшний день приобретает особую актуальность, поскольку от него зависит эффективность обучения и подготовка современных специалистов [11]. Несмотря на очевидные преимущества, на пути реализации этих инициатив возникают различные сложности и барьеры, которые мешают полноценному использованию новых инструментов. Следует рассмотреть основные проблемы, связанные с интеграцией цифровых технологий в образовательную среду, а также их влияние на качество и доступность образования.

3.1. Недостаток технической базы и ресурсов в школах

Одной из ключевых проблем при внедрении цифровых технологий в систему образования является недостаточность необходимого технического оснащения. Многие школы сталкиваются с ограниченными возможностями в приобретении современного оборудования, такого как компьютеры, интерактивные доски, проекторы и соответствующее программное обеспечение. В большинстве случаев техническая инфраструктура устарела или не соответствует текущим стандартам, что значительно снижает потенциал для использования современных образовательных платформ и ресурсов. Финансовые ограничения зачастую мешают обновлению и обслуживанию техники, а также обеспечению стабильного интернет-соединения. В результате учебный процесс остается преимущественно традиционным, а возможности для активного внедрения цифровых методов обучения существенно ограничены. Это препятствует развитию у учеников навыков работы с современными информационными технологиями и снижает общую конкурентоспособность системы образования.

3.2. Недостаточная подготовка педагогов к использованию цифровых инструментов

Еще одной важной проблемой является низкий уровень цифровой грамотности педагогического состава. Многие учителя не проходят специализированных курсов или программ повышения квалификации, направленных на освоение современных образовательных технологий и платформ [12]. В результате они зачастую испытывают трудности при использовании цифровых ресурсов в учебном процессе, что снижает их эффективность и мешает внедрению инновационных методов преподавания.

Отсутствие системной поддержки и мотивации к профессиональному развитию усугубляет ситуацию, что ведет к консерватизму в педагогической деятельности и снижает потенциал цифровизации образования. В условиях недостаточной подготовки педагогов использование технологий становится неэффективным, а учебный процесс — менее интересным и интерактивным для учеников.

3.3. Возможные технические сбои и ограничения интернет-соединения

Еще одним существенным препятствием является нестабильность технических систем и качество интернет-соединения. Во многих школах наблюдается низкая скорость доступа к сети, регулярные перебои и нестабильность связи, что негативно сказывается на проведении онлайн-занятий, дистанционных тестирований и других форм цифрового обучения [13].

Такие технические проблемы вызывают задержки, сбои в передаче информации и ухудшают качество образовательного процесса в целом. Кроме того, постоянные неполадки и ограниченная пропускная способность вызывают разочарование у педагогов и учеников, снижают доверие к цифровым ресурсам и мешают полноценному использованию возможностей онлайн-образования. В результате возникают трудности в обеспечении непрерывности учебного процесса и в формировании положительного отношения к технологиям.

3.4. Риск снижения традиционных практических навыков

Несмотря на очевидные преимущества цифровизации, существует риск того, что чрезмерное использование виртуальных методов обучения может привести к снижению практических умений у учащихся. В условиях, когда учебный процесс ориентирован преимущественно на работу с онлайн-ресурсами, уменьшается доля занятий с реальными объектами, инструментами и оборудованием [14]. В результате у учеников формируются недостаточные навыки работы с реальными материалами, проведения практических экспериментов и использования технических средств – навыки, которые крайне важны для профессиональной подготовки.

Это может повлиять на качество будущей профессиональной деятельности и снизить уровень практической компетентности выпускников, что в свою очередь подрывает одну из основных целей современного образования – подготовку специалистов, способных применять теоретические знания в реальных условиях труда.

3.5. Необходимость комплексного подхода и системных решений

Для эффективного внедрения цифровых технологий в систему образования требуется не только обновление технической базы и повышение квалификации педагогов, но и разработка комплексных стратегий, учитывающих все аспекты образовательного процесса. Важно создавать системные программы поддержки, обеспечивать финансирование и инфраструктурное развитие, а также формировать положительное отношение к инновациям среди всех участников образовательной среды.

Только при условии скоординированных усилий на уровне государства, образовательных учреждений и педагогического сообщества можно добиться полноценной цифровой трансформации, которая будет способствовать развитию компетентных, гибких и готовых к вызовам современности специалистов. В противном случае, существует риск не только недоиспользования потенциала технологий, но и усиления социального неравенства в доступе к качественному образованию.

Перспективы развития цифровизации в обучении химии

Современный этап развития образовательных технологий характеризуется активным внедрением цифровых решений, что особенно актуально для предметной области химии. Использование виртуальных лабораторий, мультимедийных ресурсов и интерактивных платформ открывает новые возможности для углубления понимания сложных химических процессов и повышения мотивации учеников к изучению предмета [15]. В условиях стремительных технологических изменений важно проанализировать направления, в которых может развиваться цифровизация обучения химии, а также определить перспективные подходы, способные значительно повысить качество и эффективность образовательного процесса.

4.1. Интеграция искусственного интеллекта и персонализированного обучения

Использование систем на базе искусственного интеллекта в образовательном процессе открывает новые возможности для более точного и эффективного обучения. Такие системы позволяют учитывать уникальные особенности каждого обучающегося — его уровень знаний, темпы освоения материала, интересы и предпочтения [16]. В результате ученик получает индивидуальный план обучения, что способствует более глубокому пониманию сложных химических концепций и повышению мотивации. Кроме того, системы на базе ИИ могут автоматически отслеживать прогресс, выявлять слабые места и предлагать дополнительные ресурсы или задания для их устранения.

Такой подход способствует созданию адаптивной образовательной среды, которая подстраивается под конкретные потребности и возможности каждого ученика, делая процесс обучения более результативным и мотивирующим. Важным аспектом является также и снижение нагрузки на преподавателей, освобождая их от рутинной работы по оценке и позволяя сосредоточиться на более содержательных аспектах образовательного процесса.

4.2. Разработка новых цифровых образовательных платформ и приложений

В последние годы наблюдается активное развитие специализированных платформ и приложений, объединяющих разнообразные инструменты для обучения химии [17]. Они позволяют ученикам получать доступ к видеоурокам, интерактивным заданиям, тестам и виртуальным лабораториям в любое удобное время. Такой формат обучения дает возможность не только учиться дистанционно, но и самостоятельно контролировать свой прогресс, закреплять материал и расширять свои знания без необходимости посещения физической аудитории.

Разработка новых платформ с учетом современных требований к интерактивности и удобству использования способствует более глубокому освоению предмета, развитию самостоятельности и интереса к химии. Важной особенностью является возможность постоянного обновления контента, интеграция новых методов и технологий, что делает обучение более современным и привлекательным для учеников разных возрастов.

4.3. Использование дополненной и виртуальной реальности для моделирования химических процессов

Технологии дополненной и виртуальной реальности позволяют создавать иммерсивные образовательные среды, в которых ученикам предоставляется возможность моделировать химические реакции и структуры в трехмерном пространстве [18]. Это особенно актуально для понимания сложных молекулярных процессов, взаимодействий и реакций, которые трудно представить или визуализировать традиционными методами.

Виртуальные лаборатории дают ученикам возможность экспериментировать, менять параметры реакции и наблюдать за результатами без риска для здоровья или необходимости приобретения дорогостоящего оборудования. Такой подход способствует развитию пространственного мышления, формированию практических навыков и повышению интереса к предмету. Внедрение AR и VR в образовательный процесс позволяет сделать изучение химии более наглядным, интерактивным и современным, что способствует более эффективному усвоению сложных концепций.

4.4. Обучение учителей и создание методических рекомендаций

Для успешной интеграции цифровых технологий в учебный процесс необходимо обеспечить подготовку преподавателей. Важным этапом является разработка программ повышения квалификации, включающих освоение новых платформ, инструментов и методов работы с ними [19]. Кроме того, необходимо создание методических рекомендаций и пособий, которые помогут учителям правильно интегрировать цифровые решения в свои уроки, учитывать особенности разных групп учеников и создавать эффективные сценарии занятий.

Такой системный подход позволяет педагогам не только овладеть техническими навыками, но и понять, как новые технологии могут повысить качество преподавания, сделать уроки более интересными и содержательными. В результате создается основа для массового и устойчивого внедрения цифровых инноваций в образовательную практику, что в конечном итоге способствует подготовке квалифицированных специалистов в области химии.

Заключение

Внедрение современных цифровых технологий в обучение химии открывает перед педагогами и учениками широкие перспективы для повышения эффективности и качества образовательного процесса. Использование искусственного интеллекта, создание интерактивных платформ, применение технологий дополненной и виртуальной реальности позволяют сделать обучение более персонализированным, наглядным и интересным. В то же время важной задачей остается подготовка педагогов и разработка методических рекомендаций, обеспечивающих успешную интеграцию инновационных решений.

В целом, развитие цифровых методов обучения способствует формированию современных специалистов, способных успешно ориентироваться в быстро меняющемся мире науки и технологий. Перспективы их дальнейшего развития обещают сделать химическое образование еще более доступным, интересным и эффективным, что благоприятно скажется на подготовке будущих профессионалов и на научном прогрессе в целом.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Бузни В.А. Понимание роли цифровых технологий в образовании. / В.А. Бузни, С.Д. Осипенко // Проблемы современного педагогического образования. — 2023. — № 79-2. — С. 28–30. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=esjedf> (дата обращения: 11.05.25).
2. Якушева Г.И. Применение цифровых образовательных ресурсов на уроках химии и исследовательской деятельности обучающихся. / Г.И. Якушева, А.А. Аптикеев // Проблемы современного педагогического образования. — 2023. — № 78-4. — С. 280–282. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53985473> (дата обращения: 11.05.25).
3. Безрукова Н.П. Цифровизация естественнонаучного образования: что принципиально нового? / Н.П. Безрукова, Н.М. Вострикова, А.А. Безруков // Актуальные проблемы обучения химии, биологии, экологии и естествознанию в условиях цифровизации образования : Сборник научных трудов; под ред. П.А. Оржековского — Москва: Московский педагогический государственный университет, 2020. — С. 13–22. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47962619> (дата обращения: 11.05.25).
4. Коптелова Е.Н. Использование цифровых технологий в процессе обучения химии. / Е.Н. Коптелова, В.А. Москвичева, А.А. Осипова // Наука в жизни человека. — 2023. — № 1. — С. 91–99. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53235322> (дата обращения: 11.05.25).
5. Каримов Ф.Р. Важные аспекты использования интерактивных образовательных платформ. / Ф.Р. Каримов, М.Б.К. Кайимова // Universum: технические науки. — 2023. — № 5-1 (110). — С. 41–43. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54033799> (дата обращения: 11.05.25).
6. Евдокимова В.Е. Online Test Pad как одно из современных средств оценивания результатов обучения. / В.Е. Евдокимова, О.А. Кириллова, Е.А. Жданова // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. — 2022. — № 3 (55). — С. 32–41. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54011624> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.52772/25420291_2022_3_32
7. Банару А.М. Особенности использования Московской электронной школы в классах с профильным изучением химии / А.М. Банару, А.Н. Григорьев // Актуальные проблемы обучения химии, биологии, экологии и естествознанию в условиях цифровизации образования : Сборник научных трудов; под ред. П.А. Оржековского — Москва: Московский педагогический государственный университет, 2020. — С. 258–260. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47962672&pf=1> (дата обращения: 11.05.25).
8. Митрофанова А.В. Цифровая трансформация образования: применение. Python для расширения банка типовых задач по химии. / А.В. Митрофанова. // Новое слово в науке: стратегии развития : Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции; — Чебоксары: Интерактив плюс, 2020. — С. 66–69. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44001329>. (дата обращения: 11.05.25).
9. Бабурчина А.И. Использование ИИ в преподавании математики для школьников среднего и старшего звена. / А.И. Бабурчина // Вестник науки. — 2024. — № 9 (78). — С. 553–579. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=70869494> (дата обращения: 11.05.25).
10. Исламгереева Я.С. ChatGPT – инструмент в преподавательской практике. / Я.С. Исламгереева, Л.М. Исаева, А.В. Натальсон // Журнал прикладных исследований. — 2023. — № S1. — С. 147–151. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59764482> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.47576/2949-1878_2023_S1_147
11. Логинова А.С. Внедрение цифровых технологий в образовательные процессы: теория и практика. / А.С. Логинова, А.В. Одиноква, В.Е. Гаврилова // Вестник ВГУ. Серия: Право. — 2020. — № 4 (43). — С. 317–331. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44693880> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.17308/vsu.proc.law.2020.4/3180
12. Колыхматов В.И. Цифровая грамотность и навыки современного педагога. / В.И. Колыхматов // Ученые записки университета Лесгафта. — 2020. — № 8 (186). — С. 156–160. — URL: <https://elibrary.ru/ygeldv> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.8.p156-160

13. Эрштейн Л.Б. Негативные факторы влияния сети интернет на проведение занятий в высшем образовании. / Л.Б. Эрштейн // Открытое образование. — 2016. — № 4. — С. 4–9. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26490442> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.21686/1818-4243-2016-4-4-9
14. Канокова Л.Ю. К вопросу цифровизации в системе образовательного процесса: проблемы и риски. / Л.Ю. Канокова // Право и управление. — 2024. — № 10. — С. 331–335. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=74512899> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.24412/2224-9133-2024-10-331-335
15. Раззаков Б. Химическое образование в эпоху цифровизации: вызовы и возможности. / Б. Раззаков, Т. Мамедов, З. Гурбанова // Символ науки: международный научный журнал. — 2024. — № 5-1. — С. 130–132. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67211616> (дата обращения: 11.05.25).
16. Ажыкулов С.М. Искусственный интеллект в сфере образования. / С.М. Ажыкулов // Архонт. — 2024. — № 4 (43). — С. 44–48. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=69207766> (дата обращения: 11.05.25).
17. Семкова Э.С. Использование цифровых инструментов при обучении химии. / Э.С. Семкова, Е.Н. Коптелова // Наука в жизни человека. — 2023. — № 1. — С. 100–110. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53235323> (дата обращения: 11.05.25).
18. Хабдиева С.Р. Использование виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе. / С.Р. Хабдиева // Мир науки, культуры, образования. — 2024. — № 6 (109). — С. 316–318. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=79696759> (дата обращения: 11.05.25). — DOI: 10.24412/1991-5497-2024-6109-316-318
19. Тарамова М.С. Интеграция цифровых технологий в образовательный процесс: опыт и проблемы педагогов. / М.С. Тарамова, С.Х. Гаматаева, А.М. Щечоева // Проблемы современного педагогического образования. — 2024. — № 85-2. — С. 339–342. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=78063666> (дата обращения: 11.05.25).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Buzni V.A. Ponimanie roli cifrovyyx texnologij v obrazovanii [Understanding the role of digital technologies in education]. / V.A. Buzni, S.D. Osipenko // Problems of modern teacher education. — 2023. — № 79-2. — P. 28–30. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=esjedf> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
2. Yakusheva G.I. Primenenie cifrovyyx obrazovatel'nyx resursov na urokax ximii i issledovatel'skoj deyatel'nosti obuchayushhixsya [The use of digital educational resources in chemistry lessons and students' research activities]. / G.I. Yakusheva, A.A. Aptikeev // Problems of modern teacher education. — 2023. — № 78-4. — P. 280–282. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53985473> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
3. Bezrukova N.P. Tsifrovizatsiya yestestvennonauchnogo obrazovaniya: chto printsipialno novogo? [Digitalization of science education: What is fundamentally new?] / N.P. Bezrukova, N.M. Vostrikova, A.A. Bezrukov // Current problems of teaching chemistry, biology, ecology and natural sciences in the context of digitalization of education : A collection of scientific papers; edited by P.A. Orzhkovskogo — Moscow: Moscow State Pedagogical University, 2020. — P. 13–22. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47962619> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
4. Koptelova E.N. Ispolzovanie cifrovyyx texnologij v processe obucheniya ximii [The use of digital technologies in the chemistry education process]. / E.N. Koptelova, V.A. Moskvicheva, A.A. Osipova // Science in human life. — 2023. — № 1. — P. 91–99. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53235322> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
5. Karimov F.R. Vazhny'e aspekty' ispol'zovaniya interaktivnyx obrazovatel'nyx platform [Important aspects of using interactive educational platforms]. / F.R. Karimov, M.B.K. Kajimova // Universum: technical sciences. — 2023. — № 5-1 (110). — P. 41–43. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54033799> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
6. Evdokimova V.E. Online Test Pad kak odno iz sovremennyx sredstv ocenivaniya rezul'tatov obucheniya [Online Test Pad as one of the modern tools for evaluating learning outcomes]. / V.E. Evdokimova, O.A. Kirillova, E.A. Zhdanova // Bulletin of Shadrinsky State Pedagogical University. — 2022. — № 3 (55). — P. 32–41. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54011624> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.52772/25420291_2022_3_32 [in Russian]
7. Banaru A.M. Osobennosti ispol'zovaniya Moskovskoi elektronnoi shkoli v klassakh s profilnim izucheniem khimii [Features of using the Moscow Electronic School in classes with specialized chemistry studies] / A.M. Banaru, A.N. Grigorev // Current problems of teaching chemistry, biology, ecology and natural sciences in the context of digitalization of education : A collection of scientific papers; edited by P.A. Orzhkovskogo — Moscow: Moscow State Pedagogical University, 2020. — P. 258–260. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47962672&pff=1> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
8. Mitrofanova A.V. Cifrovaya transformatsiya obrazovaniya: primeneniye. Python dlya rasshireniya banka tipovyx zadach po ximii [Digital transformation of education: application. Python for expanding the bank of typical chemistry tasks]. / A.V. Mitrofanova. // A new word in science: development strategies : Collection of materials of the XIII International Scientific and Practical Conference; — Cheboksary: Interaktiv plus, 2020. — P. 66–69. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44001329>. (accessed: 11.05.25). [in Russian]
9. Baburchina A.I. Ispolzovanie II v prepodavanii matematiki dlya shkol'nikov srednego i starshego zvena [The use of AI in teaching mathematics to middle and senior school students]. / A.I. Baburchina // Bulletin of Science. — 2024. — № 9 (78). — P. 553–579. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=70869494> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
10. Islamgereeva Ya.S. ChatGPT – instrument v prepodavatel'skoj praktike [ChatGPT is a tool in teaching practice]. / Ya.S. Islamgereeva, L.M. Isaeva, A.V. Natal'son // Journal of Applied Research. — 2023. — № S1. — P. 147–151. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59764482> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.47576/2949-1878_2023_S1_147 [in Russian]
11. Loginova A.S. Vnedrenie cifrovyyx texnologij v obrazovatel'ny'e processy: teoriya i praktika [Introduction of digital technologies into educational processes: theory and practice]. / A.S. Loginova, A.V. Odinkova, V.E. Gavrilova // Bulletin of the VSU. Series: Law. — 2020. — № 4 (43). — P. 317–331. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44693880> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.17308/vsu.proc.law.2020.4/3180 [in Russian]

12. Koly'xmatov V.I. Cifrovaya gramotnost' i navy'ki sovremennogo pedagoga [Digital literacy and skills of a modern teacher]. / V.I. Koly'xmatov // Academic notes from Lesgaft University. — 2020. — № 8 (186). — P. 156–160. — URL: <https://elibrary.ru/ygeldv> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2020.8.p156-160 [in Russian]
13. E'rshtejn L.B. Negativny'e faktory' vliyaniya seti internet na provedenie zanyatij v vy'sshem obrazovanii [Negative influence of internet on the conduct studies in higher education]. / L.B. E'rshtejn // Open education. — 2016. — № 4. — P. 4–9. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26490442> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.21686/1818-4243-2016-4-4-9 [in Russian]
14. Kanokova L.Yu. K voprosu cifrovizacii v sisteme obrazovatel'nogo processa: problemy' i riski [On the issue of digitalization in the educational process system: problems and risks]. / L.Yu. Kanokova // Law and management. — 2024. — № 10. — P. 331–335. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=74512899> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.24412/2224-9133-2024-10-331-335 [in Russian]
15. Razzakov B. Ximicheskoe obrazovanie v e'poxu cifrovizacii: vy'zovy' i vozmozhnosti [Chemical education in the age of digitalization: challenges and opportunities]. / B. Razzakov, T. Mamedov, Z. Gurbanova // Symbol of Science: an international scientific journal. — 2024. — № 5-1. — P. 130–132. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67211616> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
16. Azhy'kulov S.M. Iskusstvenny'j intellekt v sfere obrazovaniya [Artificial intelligence in education]. / S.M. Azhy'kulov // The Archon. — 2024. — № 4 (43). — P. 44–48. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=69207766> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
17. Semkova E'.S. Ispol'zovanie cifrovyy'x instrumentov pri obuchenii ximii [Using digital tools in chemistry education]. / E'.S. Semkova, E.N. Koptelova // Science in human life. — 2023. — № 1. — P. 100–110. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53235323> (accessed: 11.05.25). [in Russian]
18. Xablieva S.R. Ispol'zovanie virtual'noj i dopolnennoj real'nosti v obrazovatel'nom processe [The use of virtual and augmented reality in the educational process]. / S.R. Xablieva // The world of science, culture, and education. — 2024. — № 6 (109). — P. 316–318. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=79696759> (accessed: 11.05.25). — DOI: 10.24412/1991-5497-2024-6109-316-318 [in Russian]
19. Taramova M.S. Integraciya cifrovyy'x texnologij v obrazovatel'ny'j process: opyt' i problemy' pedagogov [Integration of digital technologies into the educational process: the experience and problems of teachers]. / M.S. Taramova, S.X. Gamataeva, A.M. Cechoeva // Problems of modern teacher education. — 2024. — № 85-2. — P. 339–342. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=78063666> (accessed: 11.05.25). [in Russian]