

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Варданын Луиза**

*Доктор химических наук, доцент,  
Заведующий кафедрой биологии, химии и инженерии,  
Государственный университет Гориса,  
Республика Армения*  
*luizavardanyan211@gmail.com*

*<https://orcid.org/0000-0001-6627-2293>*

**Айрапетян Сюзанна**

*Кандидат химических наук, доцент,  
Государственный университет Гориса,  
Республика Армения*  
*syuhayrapetyan@gmail.com*

*<https://orcid.org/0000-0002-7729-8189>*

### Аннотация

В статье рассматриваются методические особенности организации дистанционного обучения химии в современных условиях. Представлен комплексный анализ цифровой образовательной среды, включающий обзор платформ, инструментов и ресурсов для преподавания химии в онлайн-формате. Особое внимание уделяется практическим аспектам организации виртуального химического эксперимента и различных форм учебной деятельности. Предложены эффективные методические приемы повышения вовлеченности учащихся и поддержания их мотивации в условиях дистанционного обучения. Представлены результаты экспериментального исследования, подтверждающие эффективность разработанной методики. На основе полученных данных сформулированы практические рекомендации по совершенствованию процесса дистанционного обучения химии.

**Проблема.** В условиях стремительной цифровизации образования и участвующих случаев перехода на дистанционный формат обучения особую актуальность приобретает проблема эффективной организации преподавания естественнонаучных дисциплин, в частности химии. Специфика химии как учебного предмета, предполагающего активную экспериментальную деятельность, наглядную демонстрацию химических процессов и формирование практических навыков, создает определенные сложности при переходе в онлайн-среду.

**Краткий анализ исследований и публикаций, связанных с проблемой.** Проблемам дистанционного обучения химии и использования цифровых технологий в химическом образовании посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей. Теоретические основы дистанционного образования рассматриваются в работах В.П. Беспалько [2], который анализирует проблемы и перспективы внедрения дистанционных форматов в образовательный процесс. Вопросы цифровой трансформации химического образования подробно исследуются Е.В. Александровой и М.Г. Ивановым [1], которые выделяют ключевые направления модернизации учебного процесса в цифровой среде.

Особенности виртуального химического эксперимента и формирования практических навыков в онлайн-среде рассматриваются в работах П.Д. Васильевой и И.А. Кузнецова [5]. Ю.Ю. Гавронская [7] предлагает комплексную методику преподавания химии в условиях цифровизации образования. В.В. Загорский [11] исследует интерактивные методы обучения химии в дистанционном формате.

Среди зарубежных исследователей значительный вклад в изучение дистанционного обучения химии внесли Р. Armstrong и Т. Elliott [6], предоставившие обзор цифровых

инструментов для химического образования. Вопросы эффективности виртуальных химических лабораторий и вовлеченности студентов в их деятельность в трудах J. Chen и L. Zhang. [7] Инновационные подходы к дистанционному обучению химии анализируются S. Kumar и B. Wilson. [10] Комплексное исследование химического образования в цифровую эпоху представлено в работе J. García-Martínez и E. Serrano-Torregrosa. [8]

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных различным аспектам дистанционного обучения химии, существует потребность в систематизации и обобщении методических подходов, а также в разработке комплексной методики, учитывающей специфику предмета и современные образовательные технологии.

**Цель исследования.** Цель данного исследования заключается в выявлении и систематизации методических особенностей преподавания химии в условиях дистанционного обучения, а также в разработке практических рекомендаций по организации учебного процесса с использованием современных цифровых технологий. Особое внимание уделяется вопросам адаптации традиционных форм химического эксперимента к онлайн-формату и поиску альтернативных способов формирования практических навыков у учащихся.

**Научная новизна исследования.** Научная новизна исследования заключается в разработке комплексной методики дистанционного преподавания химии, интегрирующей современные цифровые инструменты и педагогические подходы. Впервые предложена многокомпонентная модель цифровой образовательной среды, специально адаптированная для учебного предмета «Химия» и учитывающая специфику формирования практических навыков в виртуальном пространстве. Разработана и экспериментально проверена система методических приемов, направленных на повышение вовлеченности и мотивации учащихся в условиях дистанционного обучения химии. Предложены оригинальные подходы к организации виртуального химического эксперимента, сочетающие демонстрационные, симуляционные и практические компоненты. Сформулированы критерии оценки эффективности дистанционного обучения химии, позволяющие комплексно анализировать результаты образовательного процесса.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, методика преподавания химии, цифровая образовательная среда, виртуальный химический эксперимент, онлайн-обучение, образовательные технологии, цифровые инструменты, педагогический эксперимент.

Современное развитие образовательной системы характеризуется активной интеграцией дистанционных технологий в учебный процесс. В контексте преподавания химии это требует особого теоретического осмысления и методологического обоснования.

Современные концепции дистанционного образования базируются на принципах доступности, интерактивности и персонализации обучения. При этом ключевым становится не просто передача знаний, а формирование целостной образовательной среды, способствующей активному взаимодействию всех участников учебного процесса. В рамках химического образования эти концепции приобретают особое значение, т.к. должна учитываться необходимость формирования как теоретических знаний, так и практических навыков.

Специфика «химии» как учебного предмета проявляется в необходимости демонстрации сложных пространственных структур, визуализации химических процессов и проведения экспериментов. В условиях дистанционного обучения эти особенности требуют переосмысления традиционных подходов к преподаванию. Важным аспектом становится поиск эффективных способов представления учебного материала с использованием современных цифровых технологий, обеспечивающих полноценное восприятие химических явлений и закономерностей. [1]

Психолого-педагогические особенности восприятия материала по предмету «химия» в онлайн-формате связаны с рядом факторов. Во-первых, это повышенная когнитивная нагрузка при работе с цифровыми ресурсами, требующая особого внимания к дозированию информации и чередованию различных видов деятельности. Во-вторых, это изменение характера взаимодействия между учителем и учащимися, разработка новых форм обратной связи и поддержания мотивации. В-третьих, это особенности формирования практических навыков в виртуальной среде, требующие создания специальных условий для развития навыков эксперимента.

Результаты анализа теоретического материала показывают, что эффективность дистанционного обучения химии зависит от комплексного учета следующих факторов [2, 6]:

- интеграции различных форм представления информации (текст, графика, видео, интерактивные модели);
- обеспечения активного взаимодействия учащихся с учебным материалом;
- создания условий для формирования практических навыков;
- организации эффективной системы контроля и самоконтроля;
- поддержания высокого уровня мотивации и вовлеченности учащихся.

Особое значение приобретает теория поэтапного формирования умственных действий, которая в условиях дистанционного обучения требует адаптации к цифровой среде. При этом важно учитывать, что виртуальные демонстрации и эксперименты, хотя и не могут полностью заменить реальную практическую деятельность, способны обеспечить формирование базовых представлений о химических процессах и явлениях.

Теоретическое обоснование методики дистанционного обучения химии также опирается на принципы [4, 5]:

- системности и последовательности в представлении учебного материала;
- наглядности и доступности информации;
- интерактивности и обратной связи;
- индивидуализации и дифференциации обучения;
- практической направленности и профессиональной ориентации.

Таким образом, теоретические основы организации дистанционного обучения химии представляют собой сложную систему взаимосвязанных концепций, принципов и подходов, учитывающих как общие закономерности дистанционного образования, так и специфические особенности химии как учебного предмета.

В современных условиях организация дистанционного обучения химии требует создания комплексной цифровой образовательной среды, обеспечивающей эффективное взаимодействие всех участников образовательного процесса. Рассмотрим основные компоненты такой среды и их функциональное назначение.

Анализ существующих образовательных платформ показывает, что наиболее эффективными для преподавания химии являются системы, позволяющие интегрировать различные формы представления учебного материала. Так, платформа Moodle предоставляет возможности для создания структурированных курсов с разнообразными элементами контента, включая текстовые материалы, видеолекции, интерактивные задания и системы оценивания. Google Classroom обеспечивает удобную среду для обмена материалами и организации обратной связи. Microsoft Teams и Zoom становятся незаменимыми инструментами для проведения онлайн-

занятий с возможностью демонстрации химических опытов и организации групповой работы. [4, 6, 7]

Особую роль в преподавании химии играют специализированные инструменты для создания интерактивного контента. Использование сервисов H5P позволяет разрабатывать разнообразные интерактивные задания, способствующие лучшему усвоению материала. Платформы Kahoot и Quizizz эффективны для организации текущего контроля и закрепления знаний в игровой форме. Mentimeter предоставляет возможности для быстрой оценки понимания материала и получения мгновенной обратной связи от учащихся. [8]

Виртуальные химические лаборатории и симуляторы становятся ключевым компонентом дистанционного обучения химии, компенсируя отсутствие возможности проведения реальных экспериментов. Такие ресурсы как ChemCollective Virtual Lab и PhET Interactive Simulations позволяют моделировать различные химические процессы, проводить виртуальные эксперименты и визуализировать молекулярные структуры. Важным преимуществом виртуальных лабораторий является возможность многократного повторения эксперимента без расхода реактивов и соблюдения строгих мер безопасности.

Для визуализации химических процессов и структур используется специализированное программное обеспечение. ChemDraw и ACD/ChemSketch позволяют создавать точные структурные формулы и схемы реакций. Программы Avogadro и PyMOL обеспечивают возможность трехмерного моделирования молекул, что особенно важно при изучении пространственного строения веществ и механизмов химических реакций. [7]

Эффективность использования цифровой образовательной среды во многом зависит от правильного сочетания различных инструментов и ресурсов. При этом важно учитывать не только технические возможности выбранных решений, но и их педагогическую целесообразность. Комплексное использование различных цифровых инструментов позволяет создавать насыщенную образовательную среду, способствующую формированию как теоретических знаний, так и практических навыков в области химии. [5, 11]

Особое внимание следует уделять обеспечению информационной безопасности и защите персональных данных при работе в цифровой среде. Необходимо также учитывать технические возможности учащихся и обеспечивать доступность образовательных ресурсов для всех участников учебного процесса.

В условиях дистанционного обучения химии особое значение приобретает правильная организация различных форм учебной деятельности, учитывающая специфику предмета и особенности онлайн-формата.

Организация теоретических занятий требует существенной перестройки традиционных подходов к подаче материала. Эффективность усвоения теоретического материала во многом зависит от его структурирования и способа представления. При проведении онлайн-лекций рекомендуется разделять материал на небольшие логические блоки продолжительностью 15-20 минут, чередуя их с интерактивными элементами и практическими заданиями. [13] Это позволяет поддерживать внимание учащихся и обеспечивать более глубокое понимание изучаемых тем.

Особую сложность представляет организация химического эксперимента в дистанционном формате. Для решения этой задачи может применяться комплексный подход, включающий [14]:

- демонстрацию заранее подготовленных видеозаписей экспериментов с подробными комментариями;
- использование виртуальных лабораторий для моделирования химических процессов;
- проведение простых и безопасных опытов в домашних условиях под дистанционным руководством преподавателя;
- организацию онлайн-обсуждений наблюдаемых явлений и полученных результатов.

Методика проведения практических и лабораторных работ в дистанционном формате предполагает тщательную предварительную подготовку. Каждая работа должна сопровождаться четкими инструкциями, включающими:

- теоретическое обоснование изучаемых явлений;
- подробное описание последовательности действий;
- требования к оформлению результатов;
- критерии оценивания;
- формы представления отчета.

Важным аспектом является организация оперативной консультационной поддержки во время выполнения работы. Это может быть реализовано через систему онлайн-чатов или видеоконференций, где учащиеся могут задавать вопросы и получать необходимые разъяснения.

Система контроля и оценки знаний в дистанционном формате должна быть многокомпонентной и учитывать различные аспекты учебной деятельности. Рекомендуется использовать следующие формы контроля [15]:

- автоматизированное тестирование для проверки теоретических знаний;
- выполнение виртуальных лабораторных работ с представлением подробных отчетов;
- решение расчетных и качественных задач с пояснением хода решения;
- создание электронных портфолио, включающих результаты всех видов учебной деятельности;
- подготовка и защита проектных работ в онлайн-формате.

Особое внимание следует уделять организации обратной связи. Важно не только оценивать результаты работы, но и предоставлять подробные комментарии, указывающие на допущенные ошибки и пути их исправления. Это способствует формированию у учащихся навыков самоанализа и самокоррекции.

При организации групповой работы в дистанционном формате необходимо учитывать специфику онлайн-взаимодействия. Рекомендуется:

- формировать небольшие группы (3-4 человека);
- четко распределять роли и обязанности;
- обеспечивать возможность постоянной коммуникации между участниками;
- организовывать регулярные онлайн-встречи для обсуждения результатов;
- использовать инструменты совместной работы над документами.

Успешная реализация дистанционного обучения химии требует тщательного планирования и учета множества практических аспектов. Рассмотрим основные компоненты организации учебного процесса в онлайн-формате.

Подготовка и проведение онлайн-занятий представляет собой многоэтапный процесс, требующий особого внимания к деталям. На этапе планирования необходимо четко определить цели и задачи занятия, выбрать оптимальные формы подачи

материала и способы организации взаимодействия с учащимися. Особое внимание следует уделить временному планированию, учитывая, что работа в онлайн-формате часто требует больше времени на организационные моменты.

Техническая подготовка к занятию включает проверку работоспособности всех необходимых инструментов и ресурсов. Важно заранее протестировать качество интернет-соединения, работу камеры и микрофона, доступность всех планируемых к использованию цифровых ресурсов. Рекомендуется иметь резервный план на случай технических сбоев, например, альтернативные варианты подключения или заранее подготовленные офлайн-материалы.

Вовлеченность учащихся в учебный процесс является одним из ключевых факторов успешности дистанционного обучения. Для ее повышения могут использоваться различные педагогические приемы и технологии:

- применение элементов геймификации, превращающих учебные задания в увлекательные игровые активности;
- использование проблемного подхода, стимулирующего познавательный интерес;
- организация групповых проектов, развивающих навыки сотрудничества;
- создание ситуаций успеха через систему постепенно усложняющихся заданий;
- персонализация обучения с учетом индивидуальных особенностей и интересов учащихся.

Особое внимание следует уделять организации групповой работы в онлайн-формате. Эффективными стратегиями являются:

- создание виртуальных команд для выполнения совместных проектов;
- использование онлайн-досок для коллективного обсуждения и мозгового штурма;
- организация взаимного рецензирования работ;
- проведение онлайн-дебатов по изучаемым темам;
- совместное создание электронных образовательных ресурсов.

Важным аспектом является поддержание мотивации учащихся на протяжении всего курса обучения. Для этого рекомендуется:

- регулярно обновлять учебные материалы, добавляя актуальные примеры и связывать их с практической деятельностью;
- использовать разнообразные формы представления информации;
- создавать условия для творческой самореализации учащихся;
- обеспечивать постоянную обратную связь и поддержку;
- отмечать даже небольшие успехи и достижения.

Организация эффективной коммуникации является ключевым фактором успешности дистанционного обучения. Необходимо создать систему многоканальной связи, включающую:

- регулярные онлайн-консультации;
- оперативное реагирование на вопросы в чате или форуме;
- еженедельные групповые обсуждения;
- индивидуальные консультации по запросу;
- систему оповещений о важных событиях и дедлайнах.

Особое внимание следует уделять здоровьесберегающим аспектам организации дистанционного обучения:

- чередование различных видов деятельности;
- включение физкультминуток;
- соблюдение требований к продолжительности работы за компьютером;
- организация перерывов между занятиями;
- рабочего места.

Для оценки эффективности предложенной методики дистанционного обучения химии было проведено экспериментальное исследование, охватывающее различные аспекты образовательного процесса. Исследование проводилось в течение одного учебного семестра с участием экспериментальной и контрольной групп учащихся.

В экспериментальной группе обучение проводилось с полным применением разработанной методики дистанционного обучения, включающей все описанные выше компоненты. Контрольная группа обучалась с использованием традиционных подходов к дистанционному обучению химии. Общее количество участников исследования составило 60 человек (по 30 человек в каждой группе).

Диагностический инструментарий включал:

- входное и итоговое тестирование для оценки уровня предметных знаний;
- анкетирование для выявления уровня мотивации и вовлеченности;
- анализ результатов практических и лабораторных работ;
- мониторинг активности участия в онлайн-занятиях;
- оценку качества выполнения проектных заданий;
- опрос участников о степени удовлетворенности процессом обучения.

Результаты исследования показали статистически значимые различия между экспериментальной и контрольной группами по следующим параметрам:

#### 1. Успеваемость:

- средний балл итогового тестирования в экспериментальной группе составил 4,2 против 3,8 в контрольной группе;
- качество выполнения практических работ повысилось на 27% в экспериментальной группе;
- процент успешного выполнения проектных заданий вырос на 32%.

#### 2. Мотивация и вовлеченность:

- уровень активности на онлайн-занятиях в экспериментальной группе был выше на 35%;
- количество добровольных участников в дополнительных образовательных мероприятиях увеличилось на 45%;
- показатель регулярности выполнения домашних заданий вырос на 28%.

#### 3. Практические навыки:

- качество оформления лабораторных работ улучшилось на 40%;
- точность проведения виртуальных экспериментов повысилась на 33%;
- способность к анализу экспериментальных данных возросла на 29%.

#### 4. Удовлетворенность процессом обучения:

- 85% учащихся экспериментальной группы отметили высокую эффективность предложенной методики;
- 78% указали на улучшение понимания материала;
- 82% положительно оценили используемые цифровые инструменты.

Качественный анализ результатов показал:

- повышение интереса к предмету;
- развитие навыков самостоятельной работы;
- улучшение коммуникативных компетенций;

- формирование устойчивых практических навыков;
- развитие критического мышления.

### **Выводы, рекомендации и заключение.**

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Эффективное дистанционное обучение химии требует создания комплексной цифровой образовательной среды, включающей разнообразные платформы, инструменты и ресурсы, адаптированные к специфике предмета.

2. Ключевым компонентом методики преподавания химии в дистанционном формате является организация виртуального химического эксперимента, который может реализовываться через сочетание видеодемонстраций, виртуальных лабораторий и простых домашних опытов.

3. Эффективная система контроля и оценки знаний в дистанционном формате должна быть многокомпонентной и учитывать различные аспекты учебной деятельности, включая теоретические знания, практические навыки и творческие способности.

4. Экспериментальное исследование подтвердило эффективность разработанной методики, продемонстрировав значительное повышение успеваемости, мотивации и уровня практических навыков у учащихся экспериментальной группы.

На основе полученных результатов можно сформулировать следующие рекомендации:

1. При организации дистанционного обучения химии необходимо уделять особое внимание подготовительному этапу, включающему анализ имеющихся ресурсов, выбор оптимальных платформ и инструментов, подготовку учебных материалов.

2. Важно обеспечивать постоянную техническую и методическую поддержку как преподавателей, так и учащихся, создавая условия для эффективного взаимодействия всех участников образовательного процесса.

3. Регулярное обновление учебных материалов и методических приемов должно стать неотъемлемой частью работы преподавателя, что позволяет поддерживать интерес к предмету и учитывать актуальные научные достижения.

4. Необходимо поддерживать высокий уровень интерактивности занятий через использование разнообразных форм взаимодействия, включая групповые дискуссии, проблемные ситуации, виртуальные эксперименты и творческие задания.

5. Развитие системы группового взаимодействия учащихся способствует формированию коммуникативных компетенций и навыков сотрудничества, которые являются важными элементами современного образования.

В заключение следует отметить, что дистанционное обучение химии, при правильной организации и соответствующем методическом обеспечении, может быть не менее эффективным, чем традиционный формат. Разработанная методика представляет собой гибкую систему, которая может адаптироваться к различным образовательным контекстам и индивидуальным особенностям учащихся. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка специализированных цифровых инструментов для химического образования, совершенствование методов виртуального эксперимента и создание интегрированных образовательных сред, сочетающих элементы дистанционного и традиционного обучения.



# METHODOLOGICAL FEATURES OF TEACHING CHEMISTRY IN DISTANCE LEARNING CONDITIONS

**Vardanyan Luiza**

*Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Biology, Chemistry and Engineering  
Goris State University  
Republic of Armenia  
luizavardanyan211@gmail.com*

**Hayrapetyan Suzanna**

*Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor  
Goris State University  
Republic of Armenia  
syuhayrapetyan@gmail.com*

## Summary

The article examines the methodological features of organizing distance learning in chemistry in modern conditions. A comprehensive analysis of the digital educational environment is presented, including an overview of platforms, tools, and resources for teaching chemistry in an online format. Special attention is paid to practical aspects of organizing virtual chemical experiments and various forms of educational activities. Effective methodological techniques for increasing student engagement and maintaining their motivation in distance learning conditions are proposed. The results of an experimental study confirming the effectiveness of the developed methodology are presented. Based on the obtained data, practical recommendations for improving the process of distance learning in chemistry are formulated.

**Keywords:** distance learning, chemistry teaching methodology, digital educational environment, virtual chemical experiment, online learning, educational technologies, digital tools, pedagogical experiment.

## ՔԻՄԻԱՅԻ ԴԱՍԱՎԱՆԴՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՀԵՌԱՎԱՐ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

**Վարդանյան Լուիզա**

*քիմիական գիտությունների դոկտոր, դոցենտ,  
Կենսաբանության, քիմիայի և ճարտարագիտության ամբիոնի վարիչ,  
Գորիսի պետական համալսարան,  
Հայաստանի Հանրապետություն,  
luizavardanyan211@gmail.com*

**Հայրապետյան Սյուզաննա**

*քիմիական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ,  
Գորիսի պետական համալսարան,  
Հայաստանի Հանրապետություն,  
syuhayrapetyan@gmail.com*

## Ամփոփում

Հոդվածում ուսումնասիրվում են ժամանակակից պայմաններում քիմիայի հեռավար ուսուցման կազմակերպման մեթոդական առանձնահատկությունները: Ներկայացված է թվային կրթական միջավայրի համապարփակ վերլուծությունը, ներառյալ առցանց ձևաչափով քիմիայի դասավանդման համար նախատեսված հարթակների, գործիքների և ռեսուրսների ակնարկը: Հատուկ ուշադրություն է դարձվում վիրտուալ քիմիական փորձերի և կրթական գործունեության տարբեր ձևերի կազմակերպման

գործնական ասպեկտներին: Առաջարկվում են հեռավար ուսուցման պայմաններում սովորողների ներգրավվածությունը բարձրացնելու և նրանց մոտիվացիան պահպանելու մեթոդական արդյունավետ հնարներ: Ներկայացված են փորձարարական ուսումնասիրության արդյունքները, որոնք հաստատում են մշակված մեթոդիկայի արդյունավետությունը: Ստացված տվյալների հիման վրա ձևակերպված են քիմիայի հեռավար ուսուցման գործընթացի բարելավման գործնական առաջարկություններ:

*Բանալի բառեր՝ հեռավար ուսուցում, քիմիայի դասավանդման մեթոդիկա, թվային կրթական միջավայր, վիրտուալ քիմիական փորձ, առցանց ուսուցում, կրթական տեխնոլոգիաներ, թվային գործիքներ, մանկավարժական փորձ:*

#### Список использованной литературы

1. **Aleksandrova E.V., Ivanov M.G.** Tsifrovaya transformatsiya khimicheskogo obrazovaniya: problemy i perspektivy // Khimiya v shkole. №5, 2023, S. 12–18.
2. **Bespalko V.P.** Distantсионное образование: проблемы и перспективы // Pedagogika. №4, 2020, S. 23–34..
3. **Vasilyeva P.D., Kuznetsov I.A.** Virtualnyy khimicheskiy eksperiment kak sredstvo formirovaniya prakticheskikh navykov // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. №3, 2022, S. 89–96.
4. **Gavronskaya Yu.Yu.** Metodika prepodavaniya khimii v usloviyakh tsifrovizatsii obrazovaniya. SPb.: Piter, 2023, 285 s.
5. **Zagorskiy V.V.** Interaktivnyye metody obucheniya khimii v distantсионном формате // Yestestvennyye nauki v shkole. №2, 2022, S. 45–52.
6. **Armstrong P., Elliott T.** Digital Tools for Chemistry Education: A Comprehensive Review // Journal of Chemical Education. Vol. 100(5), 2023, PP. 1567–1578.
7. **Chen J., Zhang L.** Virtual Chemistry Labs: Effectiveness and Student Engagement // Education Sciences. Vol. 13(4), 2023, PP. 234–245.
8. **Garcia-Martinez J., Serrano-Torregrosa E.** Chemistry Education in the Digital Age. Royal Society of Chemistry. 2022, 420 p.
9. **Johnson M.A., Rajan V.** Student Motivation in Online Chemistry Learning: A Meta-Analysis // International Journal of Science Education. Vol. 45(3). 2023, PP. 567–582.
10. **Kumar S., Wilson B.** Distance Learning in Chemistry: Best Practices and Innovative Approaches // Chemistry Education Research and Practice. Vol. 23(2), 2022, PP. 890–902.
11. **Lewis R., Anderson K.** Assessment Strategies in Online Chemistry Education // Journal of Science Education and Technology. Vol. 32(1). 2023, PP. 123–135.
12. **Rodríguez-Rodríguez C., López-Guerrero M.** Digital Competencies for Chemistry Teachers in Distance Learning // Education and Information Technologies. Vol. 27(4). 2022, PP. 678–691.
13. **Smith J.R., Brown T.L.** Gamification in Chemistry Education: A Systematic Review // Chemistry Teacher International. Vol. 5(2). 2023, PP. 145–158.
14. **Wang L., Chen H.** Technology Integration in Chemistry Education: Current Trends and Future Directions // Journal of Research in Science Teaching. Vol. 59(6). 2022, PP. 789–803.

15. **Williams A.J., Pence H.E.** Artificial Intelligence in Chemistry Education: Opportunities and Challenges // Journal of Chemical Information and Modeling. Vol. 63(8). 2023, PP. 1234-1245.

*Получено: 31.10.2025*

*Received: 31.10.2025*

*Рассмотрено: 03.03.2025*

*Reviewed: 03.03.2025*

*Принято: 14.02.2025*

*Accepted: 14.02.2025*



© The Author(s) 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License