

Осина Дарья Ильинична

Студентка магистратуры

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Аннотация. Статья посвящена исследованию методик организации учебного процесса по неорганической химии в основной школе и разработке образовательного программного комплекса виртуальной лаборатории, ориентированного на формирование практических умений, развитие предметных компетенций и повышение качества подготовки обучающихся. В работе рассмотрены дидактические подходы к сочетанию объяснительно-иллюстративного, практико-ориентированного, тренажёрного и исследовательского форматов обучения в цифровой среде. На основе анализа предметных затруднений школьников при изучении реакций ионного обмена и замещения обоснованы требования к структуре программного комплекса. Предложена модель виртуальной лаборатории, включающая теоретический модуль, интерактивный тренажёр составления уравнений реакций, модуль визуализации лабораторного опыта, систему автоматической проверки ответов, а также средства накопления учебной статистики и отслеживания индивидуального прогресса обучающегося. Показано, что интеграция виртуальной лаборатории в учебный процесс позволяет повысить наглядность изучения химических процессов, обеспечить многократное повторение экспериментов, организовать безопасную практику и создать условия для персонализации обучения.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, неорганическая химия, цифровое обучение, методика преподавания химии, образовательное программное обеспечение, школьное образование, мониторинг прогресса.

RESEARCH OF METHODS FOR ORGANIZING THE EDUCATIONAL PROCESS AND DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL SOFTWARE COMPLEX FOR A VIRTUAL LABORATORY OF INORGANIC CHEMISTRY

Abstract. The article examines methods for organizing the educational process in inorganic chemistry at the lower secondary school level and describes the development of an educational software complex for a virtual laboratory aimed at improving practical skills and subject competencies. The study systematizes explanatory, practice-oriented, training-based and inquiry-based instructional approaches for digital learning. Based on the analysis of students' difficulties in studying ionic exchange and substitution reactions, the functional requirements for the software complex are formulated. The proposed model includes a theory module, an interactive trainer for composing chemical equations, a virtual experiment visualization module, automated answer checking, and tools for accumulating learning data and tracking individual student progress. The study argues that integration of the virtual laboratory into the educational process increases visibility of chemical phenomena, supports safe repeated practice and creates conditions for personalized learning.

Keywords: virtual laboratory, inorganic chemistry, digital learning, chemistry teaching methodology, educational software, school education, progress tracking.

Введение

Цифровая трансформация общего образования усилила интерес к таким форматам обучения, которые позволяют сочетать доступность теоретического материала, интерактивность и контролируемую практику. Для школьного курса химии эта задача особенно актуальна, поскольку значительная часть тем требует не только запоминания теоретических сведений, но и понимания механизмов

реакций, условий их протекания, признаков химических превращений и правил безопасной работы. На практике именно переход от теории к выполнению лабораторных действий становится для обучающихся наиболее трудным этапом.

Проблема усугубляется тем, что реальный школьный химический эксперимент ограничен материально-техническими условиями, требованиями безопасности, дефицитом времени на уроке и неоднородностью уровня подготовки обучающихся. В результате часть практических действий либо демонстрируется фронтально, либо заменяется описанием, что снижает степень вовлечённости школьников и затрудняет формирование устойчивых практических представлений. При подготовке к основному государственному экзамену по химии эти ограничения проявляются особенно заметно, поскольку экзаменационные задания требуют от обучающихся умения распознавать вещества, составлять уравнения реакций, прогнозировать продукты взаимодействия и соотносить запись реакции с наблюдаемыми признаками.

В этих условиях перспективным направлением становится организация учебного процесса с использованием виртуальных лабораторий. Они позволяют моделировать химические опыты в безопасной цифровой среде, многократно повторять действия, фиксировать ошибки, предоставлять оперативную обратную связь и встраивать практику в индивидуальную образовательную траекторию. Вместе с тем эффективность виртуальной лаборатории определяется не только технологической реализацией, но и тем, насколько обоснованно выбраны методики включения такого инструмента в учебный процесс.

Цель статьи состоит в исследовании методик организации учебного процесса по неорганической химии и обосновании структуры образовательного программного комплекса виртуальной лаборатории, ориентированного на школьников. Для достижения цели решаются следующие задачи: определить дидактические подходы, целесообразные для обучения химии в цифровой среде; выявить предметные затруднения обучающихся при изучении неорганической

химии; сформулировать требования к программному комплексу; описать архитектуру виртуальной лаборатории и показать направления её педагогического применения.

Материалы и методы исследования

Исследование носит проектно-аналитический характер и опирается на сочетание теоретических и прикладных методов. Использовались анализ нормативных и методических материалов по ОГЭ по химии, сопоставление существующих цифровых образовательных решений, педагогическое моделирование, а также структурно-функциональный анализ разрабатываемого программного комплекса.

В качестве содержательной основы принимались темы школьного курса неорганической химии, связанные с реакциями ионного обмена и замещения, поскольку они обладают высоким учебным потенциалом: позволяют соединить формульную запись, классификацию веществ, признаки протекания реакции и лабораторные действия. Кроме того, эти темы регулярно представлены в открытых заданиях и методических материалах ФИПИ, что делает их значимыми для практико-ориентированной подготовки школьников к итоговой аттестации.

При разработке концепции программного комплекса учитывался контекст уже созданной учебной веб-разработки для школьников: интерактивная работа с веществами, проверка уравнивания реакции, грамматический и семантический анализ вводимых формул, визуализация признаков реакции и использование элементов интерфейса drag-and-drop для учебных действий. Однако в рамках данной статьи этот опыт рассматривается не как самостоятельный технический проект, а как эмпирическая база для более широкого методического осмысления организации учебного процесса.

Методики организации учебного процесса при изучении неорганической химии

Организация учебного процесса с использованием виртуальной лаборатории не может строиться по одной-единственной методике. Наиболее продуктивной является комбинированная модель, в которой разные методические подходы распределены по этапам усвоения материала. Анализ школьной практики показывает, что для тем неорганической химии целесообразно сочетать объяснительно-иллюстративный, практико-ориентированный, тренажёрный и исследовательский компоненты.

Объяснительно-иллюстративная методика необходима на начальном этапе изучения темы. Она обеспечивает введение понятий, демонстрацию закономерностей, работу с таблицей Менделеева, таблицей растворимости, рядом активности металлов и правилами техники безопасности. В цифровой среде этот подход реализуется через компактные теоретические модули, визуальные опоры, карточки веществ и интерактивные справочные материалы. Его преимущество состоит в быстром формировании ориентировочной основы действия, однако без последующего перехода к практике он не обеспечивает устойчивого усвоения.

Практико-ориентированная методика связана с выполнением действий, максимально приближенных к реальному лабораторному опыту. Для школьной химии это особенно важно, поскольку даже базовые операции — выбор реактивов, определение агрегатного состояния, прогнозирование результата смешения веществ, распознавание осадка или газа — формируют предметную уверенность. Виртуальная лаборатория компенсирует недостаток реального оборудования и позволяет безопасно воспроизводить ситуации, которые трудно или затратно организовать на обычном уроке.

Тренажёрная методика ориентирована на многократное повторение типовых действий с быстрой обратной связью. Для неорганической химии её ключевыми объектами становятся составление формул, подбор продуктов реакции, уравнивание коэффициентов, проверка правильности индексов, скобок, символов химических элементов и осмысление того, почему введённый ответ

является неверным. Данный формат особенно полезен для школьников со средним уровнем подготовки, которым требуется пошаговое закрепление материала и системная коррекция ошибок.

Исследовательская методика вводится на более высоком уровне самостоятельности и предполагает решение учебных задач с элементами поиска. Обучающийся не просто воспроизводит заранее известную реакцию, а сравнивает вещества, выдвигает гипотезу о возможности взаимодействия, проверяет условия протекания реакции, анализирует наблюдаемые признаки и делает вывод. Именно такая модель превращает виртуальную лабораторию из демонстрационного приложения в инструмент развития познавательной активности.

Сопоставление основных методических подходов представлено в таблице 1.

Методика	Цель	Тип деятельности школьника	Цифровая реализация
Объяснительно-иллюстративная	Формирование базовых представлений	Изучение теории, работа со справочными материалами	Интерактивные карточки, таблицы, схемы, инструкции
Практико-ориентированная	Освоение последовательности лабораторных действий	Выбор реагентов, моделирование опыта, наблюдение признаков реакции	Виртуальная лабораторная сцена, инструменты, анимация результата
Тренажёрная	Закрепление и коррекция типовых умений	Ввод формул, подбор продуктов, уравнивание	Автоматическая проверка, подсказки, повторные попытки

		реакции, исправление ошибок	
Исследовательская	Развитие самостоятельности и химического мышления	Постановка гипотезы, сравнение вариантов, объяснение результата	Проблемные задания, сценарии с несколькими вариантами решения

Требования к образовательному программному комплексу виртуальной лаборатории

Исследование методик организации учебного процесса показывает, что виртуальная лаборатория должна представлять собой не отдельную визуализацию опыта, а целостный образовательный программный комплекс. Под комплексом понимается совокупность взаимосвязанных модулей, обеспечивающих изучение теории, тренировку, моделирование опыта, контроль результатов и накопление данных об учебной деятельности.

С методической точки зрения к такому комплексу предъявляются следующие требования. Во-первых, он должен быть ориентирован на школьный уровень содержания и учитывать типовые ошибки обучающихся: неправильную запись формул, неверный подбор продуктов реакции, нарушение закона сохранения массы, смешение классов веществ и неумение соотнести текст задания с химическим действием. Во-вторых, комплекс должен давать обучающемуся объяснимую обратную связь, то есть сообщать не только о наличии ошибки, но и о её характере. В-третьих, важна наглядная визуализация признаков реакции: выпадения осадка, выделения газа, изменения окраски раствора или образования металлического налёта.

С технологической точки зрения значимы кроссплатформенность, работа в браузере без сложной установки, понятный интерфейс и возможность поэтапного перехода от теоретического блока к тренажёру и далее к лабораторному сценарию.

Наконец, современный программный комплекс должен поддерживать элементы персонализации обучения: хранение результатов, историю попыток, фиксацию типовых затруднений и представление прогресса ученика и учителя в доступной форме.

Структура и функциональные возможности программного комплекса

Предлагаемый образовательный программный комплекс виртуальной лаборатории неорганической химии строится по модульному принципу. Такая архитектура обеспечивает управляемость разработки, возможность поэтапного расширения функционала и соответствие различным методическим сценариям.

Первый модуль — теоретический. Он содержит структурированные сведения, необходимые для выполнения заданий: таблицу Менделеева, таблицу растворимости, краткие сведения о классах неорганических веществ, признаках реакций, а также инструкции по технике безопасности. Назначение этого модуля состоит не в замене учебника, а в предоставлении учащемуся минимально достаточной справочной базы непосредственно в момент выполнения задания.

Второй модуль — тренажёр составления химических реакций. В нём обучающийся выбирает реагенты, вводит продукты реакции и уравнивает уравнение. Существенной особенностью является автоматическая проверка корректности ответа на нескольких уровнях: грамматическом, семантическом и стехиометрическом. Грамматическая проверка позволяет выявлять ошибки записи формул, индексов и символов элементов; семантическая — соотносить введённые вещества с реальными химическими объектами и контекстом реакции; стехиометрическая — оценивать баланс коэффициентов. Такой подход делает обратную связь предметно значимой и обучающей.

Третий модуль — виртуальная лаборатория. После успешного выполнения задания ученик может перейти к моделированию опыта: выбрать нужные вещества, воспользоваться виртуальными инструментами, смешать реагенты и наблюдать результат. Визуализация ориентирована на те признаки, которые

традиционно фиксируются в школьном эксперименте: образование белого, голубого или бурого осадка, выделение бесцветного газа, изменение окраски раствора, появление металлического налёта. Благодаря этому формируется связь между символической записью реакции и её наблюдаемым проявлением.

Четвёртый модуль — аналитический. Он предназначен для накопления учебной статистики: количества попыток, темпа выполнения заданий, частоты ошибок по типам, набора успешно освоенных реакций и динамики результатов. Для ученика этот модуль реализуется в формате личного кабинета с простыми индикаторами прогресса; для учителя — как средство диагностики наиболее проблемных тем и основание для дифференциации заданий. Именно данный модуль превращает программный продукт из отдельного тренажёра в инструмент сопровождения учебного процесса.

Ключевые модули программного комплекса и их педагогические функции представлены в таблице 2.

Модуль	Основные функции	Педагогический эффект
Теоретический	Справочные материалы, таблицы, инструкции, краткие пояснения	Формирование ориентировочной основы действия
Тренажёрный	Подбор реагентов, ввод продуктов, проверка формул и коэффициентов	Закрепление навыков, коррекция типовых ошибок
Лабораторный	Моделирование опыта, смешение веществ, визуализация признаков реакции	Связь теории с наблюдаемым экспериментом
Аналитический	История попыток, статистика ошибок, мониторинг прогресса	Персонализация обучения и педагогическая диагностика

Педагогические сценарии использования виртуальной лаборатории

Разработанный комплекс может использоваться в нескольких педагогических сценариях. Первый сценарий — включение фрагмента виртуальной лаборатории в обычный урок как средства первичного закрепления. В этом случае после объяснения новой темы школьники выполняют короткий тренажёр и наблюдают модель лабораторного результата. Такой формат позволяет сразу проверить понимание материала и поддержать внимание класса.

Второй сценарий — самостоятельная работа дома. Благодаря веб-ориентированной реализации ученик может повторять задания вне класса, возвращаться к справочным материалам и отрабатывать действия в удобном темпе. Это особенно важно для подготовки к контрольным работам и ОГЭ, где успех во многом определяется количеством осмысленных повторений и качеством обратной связи.

Третий сценарий — коррекционная работа с обучающимися, испытывающими затруднения. Если система фиксирует, что ученик систематически ошибается, например, при подборе продуктов реакций обмена или при расстановке коэффициентов, учитель получает основание для адресной помощи. Аналитический модуль даёт возможность выстраивать индивидуальные траектории: предлагать дополнительные задания, возвращать к теоретическому блоку, усиливать тренажёрную часть или, напротив, переводить обучающегося к более исследовательским заданиям.

Четвёртый сценарий — пропедевтика исследовательской деятельности. Виртуальная лаборатория может использоваться для постановки мини-исследований: сравнения реакционной способности веществ, прогнозирования признаков реакции, отбора реагентов по заданному результату. Такой формат формирует у школьников не только экзаменационные умения, но и элементы научного мышления.

Обсуждение результатов и перспектив развития

Проведённый анализ показывает, что результативность виртуальной лаборатории зависит от согласования трёх уровней: предметного содержания, методики организации учебного процесса и цифровой архитектуры программного комплекса. Если хотя бы один из этих уровней оказывается недостаточно проработанным, цифровой продукт превращается либо в электронный справочник, либо в изолированный тренажёр, не обеспечивающий целостного учебного эффекта.

Для школьного курса неорганической химии наиболее ценным является сочетание пошаговой проверки действий и наглядного моделирования химического опыта. Такая связка снимает часть когнитивной нагрузки: ученик видит не только правильную запись реакции, но и наблюдает её предметный результат. В свою очередь, накопление учебной статистики создаёт возможность для перехода от единичного выполнения заданий к управляемому процессу формирования компетенций.

Перспективным направлением дальнейшего развития комплекса является расширение аналитического модуля. Личный кабинет обучающегося может включать визуализацию динамики результатов, карту освоенных тем, рекомендации по повторению и подбору заданий следующего уровня сложности. Для учителя полезны агрегированные отчёты по классу, позволяющие видеть типовые ошибки, сравнивать группы заданий и оперативно корректировать учебный процесс. Однако при внедрении таких функций необходимо учитывать требования к защите персональных данных и этически выверенному использованию learning analytics в школьном образовании.

Заключение

Таким образом, исследование методик организации учебного процесса показывает, что эффективное обучение неорганической химии в цифровой среде требует не отдельного электронного ресурса, а целостного образовательного программного комплекса, в котором теория, тренировка, виртуальный

эксперимент и аналитика результатов объединены общей педагогической логикой.

Разработка виртуальной лаборатории, ориентированной на школьников, позволяет решить сразу несколько задач: повысить наглядность изучения химических реакций, компенсировать дефицит реального лабораторного времени, обеспечить безопасную практику, организовать многократное повторение действий и персонализировать обучение за счёт фиксации индивидуального прогресса. Методически наиболее оправданной является комбинированная модель, объединяющая объяснительно-иллюстративный, практико-ориентированный, тренажёрный и исследовательский подходы.

Предложенная структура программного комплекса может рассматриваться как основа для дальнейшего развития цифровых средств обучения химии в школе. Практическая значимость работы состоит в том, что описанная модель может быть использована как при проектировании новых виртуальных лабораторий, так и при модернизации уже существующих образовательных разработок, в том числе с включением личного кабинета обучающегося и инструментов отслеживания прогресса.

Список литературы

1. Демоверсии, спецификации, кодификаторы ОГЭ 2026 // ФИПИ : официальный сайт. URL: <https://fipi.ru/oge/demoversii-specifikacii-kodifikatory> (дата обращения: 21.04.2026).
2. Открытый банк заданий ОГЭ // ФИПИ : официальный сайт. URL: <https://fipi.ru/oge/otkrytyy-bank-zadaniy-oge> (дата обращения: 21.04.2026).
3. Методические материалы для предметных комиссий субъектов РФ. ОГЭ. Химия. 2026 // ФИПИ : официальный сайт. URL: https://doc.fipi.ru/oge/dlya-predmetnyh-komissiy-subektov-rf/2026/mr_oge_himiya_2026.pdf (дата обращения: 21.04.2026).

4. Bazie H., Nyaaba M., Aheto S. K. The Effect of Virtual Laboratories on the Academic Achievement of Undergraduate Chemistry Students // Social Sciences & Humanities Open. 2024. Vol. 10. Article 101106.
5. Shambare B., Simuja C. Exploring the Integration of Virtual Laboratories in Science Education: A Review of Contexts, Approaches, and Implications // International Journal of Information and Communication Technology Education. 2024. Vol. 20. No. 1.
6. Girmay S., Ifenthaler D. Enhancing 360° virtual laboratory safety training with linear learning pathways // Education and Information Technologies. 2024. Vol. 29.
7. Paolucci C., et al. A review of learning analytics opportunities and challenges in primary and secondary education // Heliyon. 2024. Vol. 10. No. 20. Article e39090.
8. Fuchs D., Fuchs A., Lemons C. J. Using learning progress monitoring to promote academic achievement: a meta-analysis // Educational Research Review. 2025. Vol. 45. Article 100639.
9. Alfredo R., Gašević D. Human-centred learning analytics and AI in education // Computers and Education: Artificial Intelligence. 2024. Vol. 5. Article 100188.
10. MDN Web Docs. JavaScript // MDN Web Docs. URL: <https://developer.mozilla.org/> (дата обращения: 21.04.2026).
11. React Documentation // React. URL: <https://react.dev/> (дата обращения: 21.04.2026).
12. Vite Documentation // Vite. URL: <https://vite.dev/guide/> (дата обращения: 21.04.2026).