

Цифровые технологии и искусственный интеллект как ресурс развития исследовательских навыков школьников при обучении химии

Е. В. Воробьёва, доцент кафедры химии УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», кандидат химических наук, доцент

Аннотация. Статья посвящена анализу возможностей цифровых технологий и инструментов искусственного интеллекта (ИИ) в развитии исследовательских навыков школьников при обучении химии. Сделан небольшой обзор цифровых инструментов, применяемых в исследовательской деятельности школьников-химиков. Показано, что виртуальные лаборатории, симуляторы, онлайн-платформы и ИИ создают условия, приближённые к реальной научной практике, позволяя учащимся моделировать химические процессы, анализировать экспериментальные данные, формулировать гипотезы и проводить их проверку. Предложены методические рекомендации по использованию цифровых технологий и ИИ в обучении и при выполнении исследовательских проектов. Представлены два авторских практических мини-кейса по использованию цифровых технологий и ИИ в исследовательском эксперименте.

На основе анализа литературы и практического опыта делается вывод о том, что цифровые технологии и ИИ являются значимым ресурсом современного химического образования, однако их эффективное применение требует методического сопровождения и развития у учащихся цифровой грамотности.

Ключевые слова: цифровые технологии, искусственный интеллект, компьютерное моделирование, химическое образование, исследовательская деятельность, виртуальные лаборатории, симуляторы, цифровая грамотность, методические рекомендации, развитие исследовательских навыков.

Abstract. The article examines the potential of digital technologies and artificial intelligence tools for developing research skills in school students learning chemistry. A brief overview of digital instruments used in students' research activities in chemistry is provided. It is demonstrated that virtual laboratories, simulators, online platforms, and AI create learning environments that closely resemble real scientific practice, enabling students to model chemical processes, analyze experimental data, formulate hypotheses, and test them. Methodological recommendations for integrating digital technologies and AI into chemistry education and student research projects are proposed. Two original practical mini-cases illustrating the use of digital tools and AI in research-oriented chemical experiments are presented.

Based on the analysis of literature and practical experience, the study concludes that digital technologies and AI represent an important resource for contemporary chemistry education; however, their effective implementation requires methodological support and the development of students' digital literacy.

Keywords: digital technologies, artificial intelligence, computer modeling, chemistry education, research activities, virtual laboratories, simulators, digital literacy, methodological guidelines, development of research skills.

Введение. Современное химическое образование развивается в условиях стремительной цифровизации, которая радикально меняет способы получения, обработки и интерпретации информации. Для школьников-химиков, вовлечённых в исследовательскую и проектную деятельность, использование цифровых технологий и инструментов искусственного интеллекта становится не просто

желательным, а фактически необходимым условием успешного освоения исследовательских навыков. ИИ позволяет учащимся работать с большими массивами данных, моделировать химические процессы, анализировать результаты экспериментов, формулировать гипотезы и проверять их на основе доступных цифровых ресурсов. Эти возможности значительно расширяют образовательное пространство и

делают исследовательскую деятельность более доступной, гибкой и персонализированной.

Однако активное внедрение ИИ в обучение химии сопровождается рядом трудностей. Во-первых, учащиеся нередко сталкиваются с недостатком методической поддержки: они не всегда понимают, как корректно использовать ИИ для решения исследовательских задач, где проходит граница между помощью и подменой собственных мыслительных операций. Во-вторых, возникает проблема критического восприятия информации. ИИ может генерировать неточные или неполные данные, что требует от школьников развитых навыков проверки, сопоставления и анализа. В-третьих, педагоги не всегда обладают достаточной подготовкой для интеграции цифровых инструментов в исследовательскую деятельность, что приводит к фрагментарному или формальному использованию технологий.

Таким образом, несмотря на очевидный потенциал цифровых технологий и ИИ, их эффективное применение в развитии исследовательских навыков школьников-химиков требует продуманной методической поддержки, формирования критического мышления и осознанного подхода.

Обзор цифровых инструментов, применяемых в исследовательской деятельности школьников-химиков. Современная цифровая образовательная среда предоставляет широкий спектр инструментов, которые могут существенно расширить возможности школьников в исследовательской деятельности по химии. Эти ресурсы позволяют моделировать химические процессы, проводить виртуальные эксперименты, анализировать данные, формировать навыки, близкие к реальной научной практике.

1. *Виртуальные химические лаборатории* становятся важным элементом формирования экспериментальных навыков, особенно в условиях ограниченного доступа к оборудованию. Наиболее распространённые платформы: *PhET Interactive Simulations* (интерактивные модели химических процессов, позволяющие изучать кинетику, равновесие, растворимость, кислотно-основные взаимодействия); *ChemCollective Virtual Lab* — полноценная виртуальная лаборатория, где учащиеся могут проводить титрования, анализировать смеси, моделировать реакции; *MEL Science VR/AR-лаборатории* (визуализация

молекулярных процессов, позволяющая увидеть механизмы реакций на уровне частиц).

Виртуальные лаборатории развивают умения планировать эксперимент, выбирать параметры, анализировать результаты и делать выводы — это ключевые элементы исследовательской компетентности [1–3].

2. *Цифровые симуляторы и программные среды моделирования* позволяют школьникам работать с абстрактными химическими моделями и проводить вычислительные эксперименты. Например: *Avogadro*, *ChemSketch* — построение молекулярных моделей, анализ геометрии, визуализация электронных плотностей; *Molecular Workbench* — моделирование термодинамических и кинетических процессов; *GeoGebra* и *Desmos* — для обработки экспериментальных данных, построения графиков, анализа зависимостей. Учащиеся осваивают навыки математической обработки данных, моделирования и интерпретации результатов — то, что традиционно вызывает трудности в школьных исследованиях [4–6].

3. Особенно хочется отметить *онлайн-платформы для решения задач и подготовки к олимпиадам: национальный образовательный портал (www.adu.by)*, ассоциация победителей олимпиад (apo.pф), *Foxford*, *Coursera*. Открытые банки олимпиадных задач позволяют школьникам самостоятельно анализировать решения, сравнивать подходы, формировать исследовательский стиль мышления. У пользователей этих ресурсов формируется способность к самостоятельному поиску решений, анализу ошибок, построению логических цепочек — это важнейшие элементы исследовательской деятельности.

4. Для школьников, выполняющих научно-исследовательские проекты, особенно важно уметь искать, анализировать и структурировать научные данные. Здесь не обойтись без баз данных научных статей, структур, свойств веществ: *Google Scholar*, *eLIBRARY*, *PubChem*, *ChemSpider* [1; 6; 7].

5. Для управления библиографией и оформления списка литературы помогут системы *Zotero*, *Mendeley*. Учащиеся учатся работать с научными источниками, критически оценивать информацию, оформлять ссылки, что напрямую связано с академической культурой.

6. Инструменты искусственного интеллекта (ИИ) — *ChatGPT*, *Claude*, *Gemini*, *Copilot*, *Midjourney*, *Perplexity.ai*, *Scikit-learn*,

Wolfram Alpha, IBM Watson, QuillBot, Wordtune, Elicit, Consensus, Gamma — становятся новым уровнем цифровой поддержки исследовательской деятельности. Возможности ИИ огромны: формулирование гипотез и объяснений; анализ экспериментальных данных; генерация идей для проектов; помощь в обработке текстов, подборе литературы; моделирование химических процессов на концептуальном уровне. ИИ позволяет школьникам выйти на уровень исследовательских задач, которые ранее были доступны только студентам и молодым учёным, при этом требуя от них развитого критического мышления и умения проверять полученную информацию [8; 9].

Методические рекомендации по использованию цифровых технологий и ИИ

Эффективная интеграция цифровых инструментов и технологий искусственного интеллекта в исследовательскую деятельность школьников требует продуманной методической организации. Важно не просто предоставить учащимся доступ к современным ресурсам, но и выстроить образовательный процесс таким образом, чтобы цифровая среда способствовала формированию самостоятельности, критического мышления и научного подхода. Основываясь на анализе практического опыта (в том числе личного и коллег) и данных литературы [1–3; 6–10], предложены следующие рекомендации.

1. Постепенное введение цифровых инструментов в учебный процесс. Использование цифровых ресурсов должно быть поэтапным. На начальном уровне учащимся предлагаются простые симуляции и интерактивные модели, позволяющие освоить базовые исследовательские действия: постановку цели, выбор параметров, наблюдение за результатами. На следующем этапе можно переходить к виртуальным лабораториям и моделированию, где школьники учатся планировать эксперимент и анализировать данные.

2. Формирование навыков критической оценки цифровых данных. Одним из ключевых методических принципов является развитие у учащихся умения критически относиться к результатам, полученным с помощью цифровых инструментов и ИИ. Педагогу важно акцентировать внимание на том, что ИИ может допускать ошибки; симуляции не

всегда отражают все нюансы реального эксперимента; цифровые данные требуют проверки и сопоставления с теорией. Регулярное обсуждение возможных источников ошибок способствует формированию научного стиля мышления.

3. Использование ИИ как инструмента поддержки, а не замены мышления. При работе с ИИ важно выстраивать задания так, чтобы он выступал помощником, а не исполнителем. Например: ИИ может предложить гипотезы, но учащийся должен выбрать и обосновать одну из них; ИИ может помочь обработать данные, но интерпретация остаётся за школьником; ИИ может подсказать литературу, но анализ и проверку библиографических источников выполняет ученик. Такой подход предотвращает подмену исследовательской деятельности автоматизированными ответами.

4. Организация мини-исследований с использованием цифровых ресурсов. Цифровые инструменты позволяют проводить небольшие исследовательские проекты даже в условиях ограниченной материальной базы. Педагог может предложить учащимся смоделировать влияние различных факторов на скорость реакции; провести виртуальное титрование и сравнить результаты с расчётами; построить графики зависимости свойств вещества от условий; использовать ИИ для анализа полученных данных и обсуждения возможных интерпретаций. Такие задания развивают умения планировать исследование, анализировать результаты и делать выводы.

5. Поддержка самостоятельной работы учащихся. Цифровые платформы и ИИ позволяют организовать индивидуальные траектории обучения. Педагог может предлагать задания разного уровня сложности; использовать ИИ для адаптивной обратной связи; направлять учащихся на самостоятельный поиск решений и информации. Это особенно важно при работе с мотивированными и одарёнными школьниками.

6. Развитие цифровой и академической грамотности. Работа с цифровыми инструментами должна сопровождаться обучением корректному поиску научной информации; оформлению ссылок; проверке достоверности источников; соблюдению академической честности при использовании ИИ. Эти навыки формируют основу для дальнейшей исследовательской деятельности.

Практическая часть: мини-кейсы по интеграции искусственного интеллекта в исследовательскую работу учащихся по химии.

В рамках подготовки учащихся 10–11 классов к исследовательским проектам по химии был проведён небольшой педагогический эксперимент со школьниками, направленный на оценку эффективности цифровых инструментов и технологий искусственного интеллекта в развитии исследовательских навыков. Учащимся было предложено выполнить небольшое исследовательское задание:

«Изучение влияния температуры на скорость реакции взаимодействия тиосульфата натрия с кислотой» (мини-кейс 1).

Уравнение реакции:



Визуально вначале раствор прозрачный. Через некоторое время после смешивания реагентов он резко мутнеет (становится молочно-жёлтым) из-за выделения мелкодисперсной серы (S). Момент помутнения чётко фиксируется. Задание включало три этапа: моделирование процесса в виртуальной лаборатории; проведение реального эксперимента в школьной лаборатории; обработка данных и обсуждение результатов с использованием цифровых инструментов и ИИ.

Этап 1. Моделирование. Учащиеся самостоятельно варьировали температуру в виртуальной лаборатории и фиксировали время помутнения раствора. Это позволило им понять, какие параметры влияют на скорость реакции; сформулировать гипотезу о характере зависимости; спланировать реальный эксперимент.

Этап 2. Реальный эксперимент. В школьной лаборатории учащиеся повторили эксперимент, сравнив результаты с виртуальной моделью. Они отметили различия в точности измерений; влияние человеческого фактора; необходимость повторных измерений.

Этап 3. Анализ данных с помощью цифровых инструментов и ИИ. Учащиеся построили графики в Excel (можно использовать другие ресурсы); рассчитали скорость реакции; использовали ИИ для обсуждения возможных причин расхождений между виртуальными и реальными данными; сформулировали выводы и проверили корректность интерпретации.

ИИ не подменял мышление учащихся, а выступал в роли «внешнего консультанта», помогая уточнить формулировки; предложить альтернативные объяснения; обратить внимание на возможные ошибки. Анализ работ учащихся показал, что использование цифровых инструментов и ИИ повысило точность обработки данных; улучшило качество интерпретации результатов; способствовало более глубокому пониманию механизма реакции; усилило мотивацию к исследовательской деятельности. Особенно важно то, что учащиеся стали осознанно относиться к проверке данных, сравнивая результаты виртуального моделирования, реального эксперимента и аналитических расчётов.

«Исследование кинетики реакции разложения пероксида водорода (с использованием видеосъёмки)» (мини-кейс 2).

Основная цель мини-кейса заключалась в том, чтобы показать, как видеосъёмка и последующий анализ данных позволяют количественно исследовать химический процесс без сложного оборудования.

Задача для учащихся: экспериментально определить, как температура и концентрация катализатора (оксида марганца(IV)) влияют на скорость химической реакции: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (катализатор: MnO_2).

Учащиеся проводят разложение H_2O_2 в цилиндре, варьируя температуру раствора (20, 30, 40 °C); массу катализатора MnO_2 (0,1; 0,2; 0,3 г). При этом фиксируются время реакции; объём выделившегося кислорода или изменение уровня пены; температура раствора; масса катализатора. Видеосъёмка ведётся строго с одной точки, чтобы обеспечить стабильную шкалу.

Ученики записывают эксперимент на смартфон или цифровую камеру с высоким FPS (кадров в секунду) для фиксации объёма выделяющегося кислорода. Можно использовать компьютерное зрение (элемент ИИ): используется программа на Python, которая автоматически анализирует видео, отслеживая изменение уровня жидкости в мерной трубке или количество пузырьков; можно использовать и программу Tracker. Вы можете адаптировать этот пример под любое доступное оборудование и ПО (например, использовать Phyphox для датчиков смартфона, ImageJ для анализа изображений или более простые

инструменты, если написание кода невозможно).

Ученики загружают полученные данные (время — объём) в программы для обработки данных (Excel, Desmos, Google Colab), строят графики зависимости объёма газа от времени; аппроксимируют данные, определяют скорость реакции на разных участках.

Затем используется ИИ-ассистент для обсуждения кинетической модели, проверки расчётов и анализа возможных ошибок, объяснения отклонений (например, неравномерность катализатора); подбора литературы по каталитическому разложению H_2O_2 ; визуализации кинетических кривых. Исходя из опыта, особенно продуктивными оказались обсуждения следующих вопросов: почему повышение температуры приводит к ускорению реакции; каким образом масса MnO_2 влияет на количество доступных активных центров; по какой причине при увеличении количества катализатора наблюдается отклонение от линейной зависимости эффекта.

Такой кейс наглядно демонстрирует, что цифровые технологии и ИИ не просто вспомогательные «гаджеты», а мощный ресурс, который переводит исследовательскую деятельность с уровня простого наблюдения на уровень современной научной практики, развивая ключевые навыки XXI века.

Предложенный формат работы способствует развитию у школьников навыков экспериментатора, аналитика и исследователя, делая изучение химии современным, наглядным и мотивирующим. Использование цифровых технологий позволяет учащимся экономить время (автоматический анализ видеозаписей освобождает ресурс для обсуждения теории и формулирования выводов), повышать точность результатов (за счёт минимизации

субъективной ошибки), а также усиливает вовлечённость: школьники видят, как «реальный» эксперимент преобразуется в цифровые данные, графики и модели. Работа с инструментами, применяемыми в реальной научной практике (анализ данных, визуализация, элементарное программирование), повышает интерес к предмету и формирует у учащихся ощущение сопричастности к настоящему исследованию.

Полученные результаты подтверждают, что сочетание виртуальных лабораторий, инструментов обработки данных и ИИ создаёт образовательную среду, максимально приближённую к условиям реальной науки. Учащиеся не только проводят эксперимент, но и учатся анализировать данные, сопоставлять различные источники информации, формулировать гипотезы и аргументировать выводы — то есть осваивают фундаментальные исследовательские компетенции.

Заключение. Применение цифровых технологий и инструментов искусственного интеллекта открывает новые возможности для развития исследовательских навыков у школьников-химиков. Эти ресурсы позволяют моделировать процессы, анализировать данные, проводить виртуальные эксперименты и формировать навыки, близкие к реальной научной практике.

Однако эффективность цифровых инструментов напрямую зависит от методического сопровождения, развития критического мышления и осознанного подхода к работе с ИИ. Перспективы применения ИИ в химическом образовании связаны с поддержкой проектной деятельности, что делает цифровые технологии важным ресурсом современного химического образования.

Список использованных источников

1. Завальцева, О. А. Использование интерактивных и цифровых технологий в обучении химии / О. А. Завальцева, О. С. Мишина, О. В. Коротков // Проблемы современного педагогического образования. — 2023. — № 81–2. — С. 256–259. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-interaktivnyh-i-tsifrovyyh-tehnologiy-v-obuchenii-himii> (дата доступа: 30.01.2026).
2. Арюкова, Е. А. Роль цифровых образовательных ресурсов при обучении химии / Е. А. Арюкова, А. А. Наумова // Проблемы современного педагогического образования. — 2022. — № 75–2. — С. 19–23. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-tsifrovyyh-obrazovatelnyh-resursov-pri-obuchenii-himii> (дата доступа: 30.01.2026).
3. Wohlfart, O. Digital tools in secondary chemistry education – added value or modern gimmicks? / O. Wohlfart, A. L. Wagner, I. Wagner // Frontiers in Education. — 2023. — V.8 — P. 1197296. — URL: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1197296> (date of access: 30.01.2026).

Штучны інтэлект і адукацыя

4. 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://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tsifrovyyh-instrumentov-pri-obuchenii-himii> (дата доступа: 30.01.2026).

5. Chiu, W.-K. Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review / W.-K. Chiu // Education Sciences. — 2021. — V.11. — № 11. — P. 709–733. — URL: <https://doi.org/10.3390/educsci11110709> (date of access: 30.01.2026).

6. Aroch, I. Modes of technology integration in chemistry teaching: theory and practice / I. Aroch, D. Katchevich, R. Blonder // Chemistry Education Research and Practice. — 2024. — V. 3. — P. 843–861. — URL: <https://doi.org/10.1039/D3RP00307H> (date of access: 30.01.2026).

7. Song, Q. Learning effectiveness of virtual technologies in chemistry: a three-level meta-analysis / Q. Song, M. Li, Z. Zhang, Q. Zhou // Education and Information Technologies. — 2024. — V. 3 — P. 843–861. — URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12937-4> (date of access: 30.01.2026).

8. Huwer, J. AI in chemistry and chemical education / J. Huwer, N. Maurer, P. Mundt, N. Belova // International Journal of Physics and Chemistry Education. — 2025. — V. 30. — № 11. — P. 14737–14759. — URL: <https://doi.org/10.51724/ijpce.v17i1.403> (date of access: 30.01.2026).

9. Leite, B. S. Generative Artificial Intelligence in chemistry teaching: ChatGPT, Gemini, and Copilot's content responses / B. S. Leite // Journal of Applied Learning and Teaching. — 2024. — Vol. 7. — № 2. — P. 1–15. — URL: <https://doi.org/10.37074/jalt.2024.7.2.13> (date of access: 30.01.2026).

Материал поступил в редакцию 26.01.2026

Шутки про искусственный интеллект

- ИИ в образовании — это как калькулятор на уроке математики: сначала все кричали, что это конец арифметике. Теперь кричат, что это конец мышлению. А дети просто делят 1500 на 12 в уме, чтобы понять, хватит ли им на подпись.

- Самая честная сдача работы:

- Уважаемый преподаватель, эту работу я написал с помощью ИИ. Я дал ему точные инструкции (промты), проверил факты, переработал выводы и проанализировал аргументы. Потратил 4 часа. Раньше я просто копировал из Википедии за 15 минут. Я считаю, что прогресс налицо.

- — Почему студент с ИИ похож на альпиниста с фуникулёром?

- Достигает вершины (сдаёт работу), но понятия не имеет, как там оказался.

- Лектор будущего спрашивает у ИИ-ассистента: «Ну что, все 150 работ проверил? А теперь скажи честно: сколько из них написала твоя же старшая сестра?»

- Задача по математике 2024 года:

- «ИИ генерирует 3 страницы текста за 2 секунды. Детектор ИИ проверяет 1 страницу за 5 секунд. Через сколько времени система образования осознает бесполезность этой гонки?»

- Идеальный урок в эпоху ИИ:

- Учитель генерирует материалы в ИИ, ученики делают задание в ИИ, а ИИ-помощник учителя проверяет и ставит оценку. Человеческое участие: нажать три кнопки.

- Новая педагогическая дилемма:

- Если ИИ пишет работу лучше среднего ученика, это проблема ученика или проблема вашего задания?

- — Почему ИИ никогда не станет настоящим учителем?

- Потому что он не сможет сказать: «Так, эту тему я объяснял в прошлом году вашему старшему брату, и он тоже её не понял!»

- Оптимистичный итог:

- В будущем ботать будут не учебники, а промты. Отличником станет тот, кто сможет самое сложное объяснение перевести в самый точный и простой запрос.

Подготовил Д. И. Мычко

* Ботать – от английского «to bot», что переводится как «усердно работать» или «зубрить».