

2026, №С. 05 (май)

Раздел 5.8. Педагогика

ART 261115

DOI 10.24412/2304-120X-2026-11115

УДК 37.014.5

Исследование влияния использования GraphQL API на педагогическую составляющую образовательного учреждения

Research on the impact of using GraphQL API on the pedagogical component of an educational institution

Авторы статьи

Усамов Ильяс Рухманович,
кандидат педагогических наук, доцент кафедры ин-
формационных технологий ФГБОУ ВО «Грозненский
государственный нефтяной технический университет
им. акад. М. Д. Миллионщикова», г. Грозный, Россий-
ская Федерация
usamov.ilyas@mail.ru
ORCID: 0009-0004-3867-0074

Тарамов Халид Насрудиевич,
студент ФГБОУ ВО «Грозненский государственный
нефтяной технический университет
им. акад. М. Д. Миллионщикова», г. Грозный, Россий-
ская Федерация
halid.taramov20004@gmail.com
ORCID: 0009-0006-2170-8173

Authors of the article

Ilyas R. Usamov,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of Information Technologies, Grozny State
Oil Technical University, Grozny, Russian Federation
usamov.ilyas@mail.ru
ORCID: 0009-0004-3867-0074

Khalid N. Taramov,
Student, Grozny State Oil Technical University, Grozny,
Russian Federation
halid.taramov20004@gmail.com
ORCID: 0009-0006-2170-8173

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Для цитирования

Усамов И. Р., Тарамов Х. Н. Исследование влияния ис-
пользования GraphQL API на педагогическую состав-
ляющую образовательного учреждения // Научно-ме-
тодический электронный журнал «Концепт». – 2026. –
№С. 05. – С. 188–212. – URL: [https://e-
koncept.ru/2026/261115.htm](https://e-koncept.ru/2026/261115.htm) – DOI: 10.24412/2304-
120X-2026-11115

For citation

I. R. Usamov, K. N. Taramov, Research on the impact of
using GraphQL API on the pedagogical component of an
educational institution // Scientific-methodological elec-
tronic journal "Koncept". – 2026. – No. 05. – P. 188–212.
– URL: <https://e-koncept.ru/2026/261115.htm> – DOI:
10.24412/2304-120X-2026-11115

Поступила в редакцию <i>Received</i>	14.02.26	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	23.04.26
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	23.04.26	Опубликована <i>Published</i>	31.05.26



Аннотация

Цифровая трансформация образования требует новых подходов к построению программной инфраструктуры. Традиционная REST-архитектура демонстрирует ограничения в условиях необходимости персонализации обучения, оперативного обновления контента и обеспечения единообразного пользовательского опыта (REST-архитектура – это архитектура взаимодействия компонентов распределенного приложения в сети). Технология GraphQL предлагает альтернативную парадигму, однако влияние ее использования на педагогическую составляющую образовательного процесса остается малоизученным. Цель статьи – выявление, систематизация и анализ направлений влияния GraphQL API на педагогическую деятельность образовательных учреждений на основе изучения практических кейсов и научных исследований. Методологическую основу составляет интеграция системного, деятельностного и компетентностного подходов. Используются теоретические методы (анализ, синтез, сравнение, классификация) и эмпирические (анализ документов, тематическое исследование, вторичный анализ данных). Проанализированы кейсы внедрения GraphQL: платформа 2U, «Студисаппури», Университет Северной Дакоты, сервис геймификации FGPE. Выявлены пять групп педагогических эффектов: дидактические (повышение актуальности контента), мотивационные (сокращение объема передаваемых данных на 90% при незначительном увеличении времени отклика), адаптационные (основа для персонализации обучения), аналитические (расширение возможностей сбора данных), организационные (высвобождение времени преподавателей). Установлено соответствие архитектурных характеристик GraphQL педагогическим требованиям. Определены проблемы внедрения: сложности освоения технологии, вопросы безопасности, трудности масштабирования. Выявлены различия между отечественными (техническая направленность) и зарубежными (междисциплинарный подход) исследованиями. Сформулированы практические рекомендации. Теоретическая значимость статьи заключается в развитии теории цифровой трансформации образования, углублении представлений о технологическом опосредовании учебной деятельности, разработке классификации педагогических эффектов GraphQL и междисциплинарного подхода к анализу технологических решений в образовании. Практическая значимость определяется возможностью использования результатов руководителями образовательных учреждений при выборе технологической стратегии, разработчиками образовательного ПО для проектирования педагогически эффективных интерфейсов, педагогами, участвующими в цифровой трансформации учебного процесса, а также в разработке учебных курсов по современным технологиям в образовании.

Ключевые слова

GraphQL, образовательные учреждения, педагогический процесс, API, цифровизация образования, персонализация обучения, единообразие учебного опыта, актуальность контента, аналитика обучения, педагогические эффекты

Благодарности

Авторы выражают благодарность кандидату педагогических наук, доценту, профессору кафедры «Информационные технологии» Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М. Д. Миллионщикова Наталье Анатольевне Моисеенко за помощь в подготовке статьи.

Abstract

The digital transformation of education requires new approaches to building software infrastructure. Traditional REST architecture demonstrates limitations in the face of the need to personalize learning, promptly update content, and ensure a consistent user experience. GraphQL technology offers an alternative paradigm, but its impact on the pedagogical component of the educational process remains poorly understood. The aim of this article is to identify, systematize, and analyze the impact of the GraphQL API on the pedagogical activities of educational institutions based on practical cases and scientific research. The methodological framework is based on the integration of systems, activity-based, and competency-based approaches. Theoretical methods (analysis, synthesis, comparison, classification) and empirical methods (document analysis, case study, secondary data analysis) are used. Case studies of GraphQL implementation are analyzed: the 2U platform, Studisappuri, the University of North Dakota, and the FGPE gamification service. Five groups of pedagogical effects were identified: didactic (increased content relevance), motivational (90% reduction in the volume of transferred data with a slight increase in response time), adaptive (the basis for personalized learning), analytical (expanded data collection capabilities), and organizational (freed up teacher time). The conformity of GraphQL's architectural characteristics with pedagogical requirements was found. Implementation challenges were identified: the complexity of technology development, security issues, and scalability difficulties. Differences between domestic (technical focus) and international (interdisciplinary approach) studies were revealed. Practical recommendations were formulated. The theoretical significance of the article lies in the development of a theory of digital transformation of education, a deeper understanding of the technological mediation of educational activities, the development of a classification of GraphQL's pedagogical effects, and an interdisciplinary approach to the analysis of technological solutions in education. The practical significance is determined by the possibility of using the results by the heads of educational institutions when choosing a technological strategy, by educational software developers for designing pedagogically effective interfaces, by teachers involved in the digital transformation of the educational process, and in the development of training courses on modern technologies in education.

Key words

GraphQL, educational institutions, teaching process, API, digitalization of education, personalization of learning, consistency of learning experience, content relevance, learning analytics, pedagogical effects

Acknowledgements

The authors express their gratitude to Natalia A. Moiseenko, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information Technologies at the Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, for her assistance in preparing this article.

Введение / Introduction

Современный этап развития образования характеризуется глубокой цифровой трансформацией всех аспектов педагогической деятельности. Интеграция информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс перестала быть факультативным дополнением и превратилась в необходимое условие эффективного функционирования образовательных учреждений. Цифровые платформы, системы управления обучением (LMS), мобильные приложения для студентов и интерактивные образовательные среды стали неотъемлемой частью повседневной учебной деятельности. В этих условиях качество программной инфраструктуры, обеспечивающей взаимодействие между различными компонентами образовательной экосистемы, приобретает критическое значение для реализации педагогических задач.

Традиционные подходы к построению API, основанные на REST-архитектуре, на протяжении многих лет служили основным инструментом интеграции образовательных систем. Однако по мере усложнения образовательных платформ, роста требований к персонализации обучения и необходимости оперативного обновления контента ограничения REST становятся все более очевидными. Избыточная загрузка данных, множественные сетевые запросы для получения связанных ресурсов и сложности с поддержкой быстро меняющихся требований клиентских приложений создают препятствия для реализации современных педагогических подходов.

В 2012 году компания Facebook разработала, а в 2015 году открыла для сообщества новую спецификацию API – GraphQL, которая предложила принципиально иную парадигму взаимодействия между клиентом и сервером. GraphQL представляет собой язык запросов для API и среду выполнения этих запросов с использованием системы типов, определенной для данных Е. В. Галигузовой и Ю. Е. Илларионовой [1]. Ключевые особенности технологии: возможность клиента точно специфицировать структуру требуемых данных, единая конечная точка вместо множества ресурс-специфичных конечных точек, строго типизированная схема и поддержка обновлений в реальном времени – открывают новые горизонты для построения образовательных платформ.

За прошедшее десятилетие GraphQL продемонстрировал значительный потенциал в различных отраслях – от электронной коммерции до финансовых технологий. По мнению Д. П. Смирнова и Т. Г. Дедовича, образовательный сектор также проявляет растущий интерес к данной технологии. Ведущие мировые университеты (Кембриджский университет, Массачусетский технологический институт) через своих технологических партнеров, крупные образовательные платформы и разработчики специализированного ПО для высшего образования активно внедряют GraphQL в свою инфраструктуру. При этом накопленный опыт демонстрирует не только технические преимущества, но и существенные педагогические эффекты, связанные с качеством образовательного процесса [2].

Как отмечают В. Н. Гридин, В. И. Анисимов и С. А. Васильев, несмотря на растущую популярность GraphQL в образовательной сфере, существующие исследования фокусируются преимущественно на технических аспектах применения данной технологии – производительности, масштабируемости, безопасности. Вопросы влияния архитектурных особенностей GraphQL API на педагогическую составляющую деятельности образовательных учреждений остаются малоизученными. Отсутствие систематизированного понимания того, каким образом технические характеристики API транслируются в педагогические результаты, сдерживает принятие обоснованных решений о внедрении технологии и ограничивает использование ее потенциала для улучшения образовательного процесса [3].

Настоящее исследование направлено на восполнение этого пробела. Цель работы заключается в выявлении, систематизации и анализе направлений влияния использования GraphQL API на педагогическую деятельность образовательных учреждений на основе изучения практических кейсов и результатов научных исследований.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Проанализировать архитектурные особенности GraphQL в контексте требований, предъявляемых к информационным системам современного образовательного процесса.
2. Изучить практический опыт внедрения GraphQL в образовательных учреждениях и на образовательных платформах.
3. Выявить ключевые педагогические эффекты, возникающие при использовании GraphQL API.
4. Определить проблемы и ограничения внедрения технологии в образовательной сфере.
5. Сформулировать рекомендации по эффективному использованию GraphQL для достижения педагогических целей.

Теоретико-методологическую основу исследования составляют работы в области цифровой трансформации образования, теории педагогического дизайна, а также исследования, посвященные архитектуре программного обеспечения и веб-технологиям. Эмпирическую базу формируют кейсы внедрения GraphQL в образовательных учреждениях, материалы конференций и отраслевых публикаций, данные сравнительных исследований производительности API в образовательном контексте.

Научная новизна работы определяется тем, что в ней впервые предпринимается попытка комплексного анализа влияния технических характеристик GraphQL API на педагогические аспекты деятельности образовательных учреждений, выходящего за рамки сугубо технологической оценки.

Практическая значимость исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы руководителями образовательных учреждений, разработчиками образовательного программного обеспечения, педагогами, участвующими в цифровой трансформации учебного процесса, для принятия обоснованных решений о выборе технологической архитектуры образовательных платформ.

Обзор литературы / Literature review

Проблема влияния технологических решений на педагогические процессы приобретает особую актуальность в условиях цифровой трансформации образования. GraphQL как относительно новая технология организации клиент-серверного взаимодействия привлекает внимание исследователей с момента ее открытия в 2015 году. Однако, как справедливо отмечает С. Амарин, несмотря на широкое распространение GraphQL, «мало научно-исследовательских работ сфокусировано на эффективном внедрении GraphQL», а исследования, посвященные педагогическим аспектам применения данной технологии, практически отсутствуют. Настоящий обзор призван систематизировать существующие научные публикации по проблеме использования GraphQL в образовательном контексте, выделить основные направления исследований и определить лакуны, требующие дальнейшего изучения [4].

Отечественная научная мысль в области исследования технологии GraphQL находится на стадии активного освоения и осмысления данного инструмента. В отли-

чие от зарубежной традиции, где уже сформировались фундаментальные исследования, включая докторские диссертации, в отечественной науке представлены преимущественно работы, выполненные в ведущих технических университетах. Настоящий обзор ставит целью систематизировать существующие отечественные исследования, выявить их основные направления и определить вклад каждого автора в разработку проблемы использования GraphQL, в том числе в образовательном контексте.

Анализ публикационной активности показывает, что интерес к GraphQL в отечественном академическом пространстве неуклонно растет.

Значительный вклад в изучение практического применения GraphQL внесли исследователи Уральского федерального университета А. В. Стрелков и А. С. Истомин [5]. Авторы сосредоточились на изучении технологии GraphQL в контексте программирования на C# и ее применимости при построении современных информационных систем. Ключевые результаты исследования включают:

- Проектирование базы данных с использованием объектно ориентированной технологии Entity Framework и подхода Code First.
- Изучение open-source библиотеки Hot Chocolate и особенностей работы с ней.
- Описание основ работы с языком запросов GraphQL.
- Анализ структуры данных ответа и ее влияния на коммутационную сеть.

Особого внимания заслуживает вывод авторов о том, что GraphQL позволяет объединять несколько подзапросов в одну конечную точку, а также использовать все поля модели данных в качестве аргументов при фильтрации. Эти технические характеристики, как подчеркивают исследователи, напрямую влияют на сетевой трафик и оптимизацию передачи данных. Для педагогической практики этот вывод чрезвычайно важен:

- Оптимизация сетевого взаимодействия, означающая более быструю загрузку учебных материалов.
- Снижение требований к пропускной способности каналов связи.
- Улучшение пользовательского опыта обучающихся, особенно в регионах с ограниченным доступом к высокоскоростному Интернету.

А. Н. Колесников рассматривает проблему оптимизации передачи данных в микросервисных приложениях с принципиально новой точки зрения – не как выбор между REST и GraphQL, а как их интеграцию. Детальный анализ существующих решений позволил автору выявить ограничения традиционных моделей программных интерфейсов в контексте гибкости запросов и масштабируемости построенных систем. Научная новизна работы А. Н. Колесникова заключается в разработке нового архитектурного подхода, объединяющего сильные черты REST и GraphQL. Предложенная автором архитектура обеспечивает:

- динамическое управление структурой выборки данных в рамках rest-стандарта,
- отсутствие необходимости полного перехода на использование graphql,
- баланс между гибкостью клиентских запросов и устойчивостью серверной реализации.

Для образовательных учреждений, которые часто имеют сложную, исторически сложившуюся инфраструктуру с преобладанием REST-сервисов, предложенный А. Н. Колесниковым подход открывает возможности постепенной, эволюционной миграции к более гибким архитектурам без необходимости кардинальной перестройки всей системы [6].

В своих исследованиях Д. В. Шергалис обосновывает целесообразность разработки сервиса-адаптера, опираясь на анализ существующих проблем совместимости.

Его работа особенно ценна для образовательных учреждений, сталкивающихся с необходимостью интеграции разнородных информационных систем в единую образовательную среду. Предложенный подход позволяет сохранить инвестиции в существующую REST-инфраструктуру, постепенно добавляя возможности GraphQL там, где это педагогически целесообразно [7].

Б. А. Черныш и А. В. Мурыгин в своем исследовании поднимают важнейшую проблему – ограниченность статической схемы GraphQL, которая «не позволяет применять GraphQL в приложениях, где структура данных может динамически изменяться». На основе анализа опыта разработки системы управления документами (СУД) они предлагают оригинальное решение. Выявлены две важные особенности работы систем с динамической структурой данных:

- Динамическая природа является источником многих ошибок, однако частота изменения структуры достаточно мала, чтобы позволить генерацию схемы во время запуска приложения.

Анализ существующих подходов к построению динамического GraphQL, включая использование Redis, DynamoDB с индексированием в Elasticsearch, а также RDF-подход с SPARQL и UGQL. Разработка собственного формата описания и хранения метаданных через DSL на основе YAML/JSON. Создание платформы Scientific CMS (SciCMS) с динамической генерацией схемы GraphQL в runtime. Работа Б. А. Черныша и А. В. Мурыгина имеет принципиальное значение для педагогических приложений, поскольку образовательные системы часто требуют гибкого изменения структуры данных [8]:

- добавления новых типов учебных материалов,
- модификации схем оценивания,
- адаптации под меняющиеся образовательные стандарты.

Предложенный подход динамической генерации схемы позволяет сочетать выразительность GraphQL с необходимой гибкостью.

Проведенный анализ позволяет выделить следующие направления отечественных исследований GraphQL:

- Методологические исследования – формулирование общих принципов разработки масштабируемых систем с использованием GraphQL.
- Интеграционные исследования – поиск путей совмещения GraphQL с существующими REST-архитектурами, разработка гибридных подходов.
- Теоретические исследования архитектуры – углубленный анализ ограничений технологии и разработка методов их преодоления (динамическая схема).
- Прикладные технологические исследования – изучение конкретных реализаций GraphQL в различных технологических стеках.
- Образовательно-ориентированные прикладные исследования – непосредственное применение GraphQL для создания образовательных сервисов.

Наблюдается устойчивый интерес к технологии GraphQL со стороны ведущих технических университетов России (МГУ, СПбПУ, УрФУ, СибГУ), что свидетельствует о признании академической значимости темы. От первоначального знакомства с технологией и разработки методологий исследователи переходят к решению сложных теоретических проблем, таких как динамическая генерация схемы и интеграция REST и GraphQL.

Особый интерес представляет анализ «структуры данных ответа и ее влияния на коммутационную сеть», выполненный А. В. Стрелковой и А. С. Истоминой. Хотя исследование носит преимущественно технический характер, его выводы о влиянии

GraphQL на сетевой трафик имеют педагогическое значение, поскольку оптимизация передачи данных напрямую влияет на пользовательский опыт обучающихся, особенно при использовании мобильных устройств с ограниченными каналами связи [9].

Большинство работ фокусируются на архитектурных аспектах GraphQL, вопросах производительности, миграции, но не затрагивают педагогические эффекты применения технологии. Исключение составляет работа Н. В. Воронина, непосредственно связанная с образовательным ресурсом [10]. Ни одна из рассмотренных работ не ставит целью выявление того, как использование GraphQL влияет на качество образовательного процесса, вовлеченность студентов или педагогические практики. Это создает значительный исследовательский потенциал. Накопленные технические исследования создают прочную основу для перехода к междисциплинарным работам, связывающим технологические характеристики GraphQL с педагогическими эффектами.

Отечественная научная литература по проблеме использования GraphQL представлена работами, выполненными на высоком техническом уровне в ведущих университетах России. Исследования охватывают широкий спектр вопросов – от общих методологий разработки масштабируемых систем до конкретных инженерных решений для интеграции технологии в существующую инфраструктуру.

Анализ отечественных исследований по проблеме использования GraphQL в образовании показывает, что данная тематика находится на начальном этапе разработки. Преобладают работы, посвященные техническим аспектам применения технологии, тогда как педагогическая составляющая затрагивается лишь косвенно.

Обзор отечественной литературы позволяет сделать следующие выводы:

- Преобладание технической направленности (А. Д. Король и Ю. И. Вороничкий) – большинство работ фокусируются на архитектурных аспектах GraphQL, вопросах производительности, миграции с REST, но не затрагивают педагогические эффекты применения технологии [11].

- Отсутствие фундаментальных исследований (Б. Чарыярова, А. Мухаммедова, Н. Шамедова, А. Одаева) – в отличие от зарубежной науки, где появились докторские диссертации по проблемам внедрения GraphQL, отечественные исследования представлены преимущественно материалами конференций и квалификационными работами студентов [12].

- Потенциал для педагогических исследований – имеющиеся технические работы создают основу для дальнейших исследований педагогических аспектов, но сам переход от технического анализа к педагогическому еще не осуществлен.

Зарубежные исследования проблемы использования GraphQL в образовании могут быть классифицированы по нескольким направлениям: технико-педагогические исследования, работы по проектированию образовательных сервисов на базе GraphQL, исследования процесса обучения работе с графовыми языками запросов, а также диссертационные исследования, посвященные внедрению технологии. Зарубежная научная традиция исследования технологии GraphQL в образовательном контексте демонстрирует более высокий уровень зрелости по сравнению с отечественной. В отличие от российских работ Д. С. Салтанова и Н. В. Арсентьева [13], которые преимущественно сосредоточены на технических аспектах, зарубежные исследователи активно разрабатывают междисциплинарную проблематику на стыке информационных технологий и педагогики. Настоящий обзор ставит целью систематизировать ключевые зарубежные исследования, выделить основные научные школы и направления, а также определить вклад каждого автора в разработку проблемы использования GraphQL в образовательных целях. Анализ публикационной активности

показывает, что интерес к педагогическим аспектам GraphQL в зарубежной науке неуклонно растет: от первых учебных изданий 2018 года до фундаментальных исследований 2025 года, публикуемых в ведущих рецензируемых изданиях.

В своих исследованиях, А. Пачер, С. Думбрав, А. Бонифати, А. Маури справедливо отмечают существующий исследовательский пробел: «Широкое внедрение графовых баз данных контрастирует с ограниченными исследованиями того, как они преподаются». В отличие от реляционных баз данных, графовые базы данных, как подчеркивают исследователи, «позволяют выполнять навигационные запросы с более высокой выразительностью и не имеют априорной схемы», что создает особые педагогические вызовы. Исследователи разработали многоступенчатое экспериментальное исследование, направленное на изучение особенностей графовых языков запросов и их влияния на процесс обучения студентов. Фокусируясь на широко используемом языке графовых запросов Cypher, авторы создали оригинальную таксономию для классификации ошибок, связанных с графовыми запросами, и провели углубленный анализ выявленных затруднений [14].

Исследователи выявили несколько ключевых барьеров в обучении:

- Непонимание семантики языковых конструкций – студенты испытывают трудности в осмыслении того, как именно работают отдельные элементы языка запросов.
- Путаница между данными и схемой – обучающиеся не всегда корректно разграничивают структуру данных и сами данные.
- Сложности с механизмом сопоставления с образцом – понимание того, как происходит поиск соответствий в графовой структуре, вызывает наибольшие затруднения.
- Авторы выражают уверенность, что «извлеченные уроки и выведенные лучшие педагогические практики окажут влияние на образование в области баз данных и повлияют на будущие поколения студентов, исследователей и практиков, работающих с технологиями графовых баз данных». Хотя исследование непосредственно сосредоточено на языке Cypher, его выводы релевантны для GraphQL, поскольку оба языка оперируют с графоподобными структурами данных и разделяют общие концептуальные сложности.

О. Хартанги, М. Н. Фаузан, С. Агус и З. Ариффин в своем исследовании отмечают, что «разработка приложений для изучения арабского языка продвинулась с включением геймификации, сочетающей игровые элементы с навыками изучения языка, такими как аудирование, говорение, чтение и письмо». Однако использование REST-архитектуры создавало проблемы, «приводя к медленному времени ответа данных и препятствуя доступу к образовательным функциям». Исследователи предложили использовать архитектуру GraphQL для преодоления ограничений REST. В работе подчеркивается, что «популярность GraphQL среди разработчиков делает его подходящей альтернативой для решения задач распределения данных от сервера к базе данных». Работа О. Хартанги и коллег демонстрирует, что технические характеристики GraphQL напрямую влияют на качество образовательного опыта. Более быстрое время ответа и эффективное использование ресурсов делают образовательные приложения более доступными и удобными для студентов, что особенно важно для мобильных устройств и регионов с ограниченной пропускной способностью каналов связи [15].

Международный коллектив исследователей под руководством Ж. К. Пайва обосновывает актуальность своей работы тем, что «поддержание вовлеченности студентов при изучении программирования становится все более важным» [16]. Среди множества предложенных техник «геймификация, предположительно, является наиболее

широко изученной и уже доказала свою эффективность как средство вовлечения студентов». Однако, как справедливо отмечают исследователи, существует «полное отсутствие публичных и настраиваемых решений для геймифицированного обучения программированию, которые можно было бы повторно использовать с персонализированными правилами и учебными материалами». Исследование Ж. К. Пайвы и его коллег демонстрирует технические характеристики GraphQL:

- Строго типизированная схема.
- Возможность точной спецификации запрашиваемых данных.
- Транслируются в педагогические возможности.
- Персонализация правил геймификации.
- Адаптация учебных материалов под индивидуальные потребности обучающихся.

Индонезийские исследователи И. Дармаван, А. Рахматулла, Р. Гунаван в работе по моделированию веб-сервисов для доступа к данным колледжей исследуют проблему интеграции университетских информационных систем с национальной базой данных высшего образования Индонезии (НБДВОИ). НБДВОИ представляет собой «коллекцию данных о реализации высшего образования, интегрированную на национальном уровне» [17]. Данные, содержащиеся в академической информационной системе университета, должны вноситься в НБДВОИ. Приложение НБДВОИ является одним из сервисов, которые могут использоваться каждым университетом для облегчения ввода данных. Авторы выявляют существенную проблему: «Большие и разнообразные данные о реализации высшего образования являются препятствием в процессе ввода данных в приложение-фидер НБДВОИ». Приложение НБДВОИ разработано на основе веб-сервисов с REST-архитектурой. При использовании REST API, «когда выполняется запрос к конечной точке, будет получена дополнительная информация, которая на самом деле не нужна». Это происходит потому, что при обращении к конечной точке загружаются все данные, определенные при разработке конечной точки. Требуется дополнительный этап фильтрации для отделения ненужных данных. Исследователи предложили применить GraphQL для решения выявленных проблем. Сценарии тестирования включали настройку синтаксиса для доступа к приложению НБДВОИ до использования GraphQL (только REST) и после внедрения GraphQL. Результаты экспериментов показали, что «время отклика GraphQL на 20% больше, чем у REST. Однако размер файла ответа GraphQL составляет только 10% по сравнению с REST». Хотя исследование И. Дармавана и его коллег фокусируется на административных аспектах интеграции данных, его выводы имеют прямое отношение к педагогической деятельности. Эффективная передача данных между университетскими системами и национальными образовательными базами данных влияет на доступность актуальной информации об образовательных программах, успеваемости студентов и других педагогически значимых показателях. Сокращение объема передаваемых данных на 90% при незначительном увеличении времени отклика делает GraphQL привлекательным решением для образовательных учреждений с ограниченными ресурсами.

Наиболее фундаментальным исследованием проблем внедрения GraphQL в программную инженерию является докторская диссертация С. Амарин, которая посвящена изучению проблем внедрению GraphQL среди разработчиков программного обеспечения. С. Амарин справедливо отмечает существующий исследовательский пробел: предшествующие исследования «в основном фокусировались на сравнительных оценках и осуществимости миграции с REST на GraphQL, а также на автоматизации тестирования и федеративных решениях», тогда как вопросы эффективного

внедрения GraphQL оставались неизученными [18]. В своем исследовании автор решает три взаимосвязанные задачи. Анализ тем – выявление 14 тематических областей GraphQL, которые разработчики обсуждают на онлайн-платформах. Среди ключевых находок:

- Темы «GraphQL Java» и «инструменты разработки» оказались в числе наиболее сложных.
- Инструменты автоматической генерации GraphQL из существующих систем (например, Prisma) характеризуются как сложные и непопулярные.
- Темы, представляющие базовые концепции GraphQL (запросы, мутации, резолверы), являются наименее сложными.

Проведенный обзор отечественной и зарубежной литературы позволяет заключить, что проблема влияния использования GraphQL API на педагогическую составляющую образовательных учреждений находится на начальном этапе научного осмысления. Зарубежная наука демонстрирует более продвинутый уровень исследований:

- Появились фундаментальные работы по внедрению GraphQL.
- Исследования педагогических аспектов обучения графовым языкам запросов.
- Примеры проектирования образовательных сервисов на базе GraphQL.

Эти исследования создают теоретическую и методологическую базу для дальнейшего изучения проблемы.

Отечественные исследования представлены преимущественно работами технической направленности, выполненными в ведущих технических университетах. Они демонстрируют освоение технологии GraphQL академическим сообществом, но пока не выходят на уровень анализа педагогических эффектов. Это создает значительный потенциал для дальнейших исследований.

Ключевая исследовательская лакуна, на преодоление которой направлено настоящее исследование, заключается в отсутствии систематического анализа того, как технические характеристики GraphQL API транслируются в педагогические результаты – единообразие учебного опыта, актуальность контента, вовлеченность студентов, возможности персонализации и аналитики обучения. Заполнение этой лакуны требует интеграции технического анализа с педагогической теорией и практикой, что и составляет научную новизну данной работы.

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

Любое научное исследование, претендующее на достоверность и обоснованность полученных результатов, требует четкого определения методологических оснований. Методологическая база представляет собой систему принципов, подходов и методов, обеспечивающих логику исследования, адекватность используемого инструментария поставленным задачам и верифицируемость полученных выводов. Особую значимость методологическая рефлексия приобретает в междисциплинарных исследованиях К. С. Макарова, А. В. Овчинникова, Е. Е. Меркеевой, каковым является настоящая работа, находящаяся на пересечении информационных технологий и педагогической науки [19].

Выбор методологической стратегии данного исследования обусловлен спецификой его объекта и предмета. Образовательное учреждение, использующее современные информационные технологии, представляет собой сложную социально-техническую систему, в которой технические решения не существуют изолированно, но оказывают опосредованное влияние на педагогические процессы, деятельность субъектов образования и в конечном счете на образовательные результаты. Исследование

такого сложного объекта требует интеграции нескольких методологических подходов, позволяющих охватить различные аспекты изучаемого явления.

Объектом исследования выступает процесс использования GraphQL API в деятельности образовательных учреждений. Предмет исследования – влияние использования GraphQL API на педагогическую составляющую образовательного процесса, понимаемую как совокупность характеристик, определяющих качество обучения: вовлеченность студентов, актуальность учебного контента, возможности персонализации, аналитическое обеспечение педагогических решений, единообразие образовательного опыта.

Теоретико-методологическую основу настоящего исследования составляет интеграция трех взаимодополняющих подходов – системного, деятельностного и компетентностного. Каждый из этих подходов, по мнению Д. А. Кирьянова, имеет собственную теоретическую традицию, понятийный аппарат и исследовательский инструментарий, а их совместное применение позволяет обеспечить многоаспектный анализ изучаемой проблемы [20]. Интеграция трех названных подходов обеспечивает методологическую полноту исследования:

- Системный подход позволяет увидеть целостную картину взаимосвязей в образовательном учреждении.
- Деятельностный подход дает инструментарий для анализа изменений в активности субъектов образования.
- Компетентностный подход предоставляет критерии для оценки педагогических результатов этих изменений.

Реализация избранной методологической стратегии требует использования комплекса методов, адекватных природе изучаемого объекта и поставленным исследовательским задачам. В работе применяются как теоретические, так и эмпирические методы, что обеспечивает всесторонность анализа и обоснованность выводов.

Среди теоретических методов ведущую роль, по мнению Т. Н. Чумаковой и А. И. Алексеевой, играет анализ, предполагающий мысленное или практическое расчленение целостного объекта на составляющие элементы для изучения каждого из них. Анализ применяется на различных этапах исследования: для выделения ключевых характеристик архитектуры GraphQL, для выявления компонентов педагогической деятельности, подверженных влиянию технологических изменений, для структурирования эмпирических данных из различных источников [21].

Синтез как метод, противоположный анализу, но неразрывно с ним связанный, используется для объединения выделенных элементов в целостную систему знаний. На основе синтеза, согласно И. В. Евченко, строится концептуальная модель взаимосвязи технических характеристик GraphQL и педагогических эффектов их применения, формулируются обобщающие выводы по результатам исследования [22].

В научной работе Е. С. Сафроновой и А. А. Терсаковой сравнительный анализ выступает важным инструментом познания, позволяющим выявлять сходства и различия изучаемых объектов. В исследовании сравнительный анализ применяется в двух основных направлениях: во-первых, для сопоставления архитектур REST и GraphQL с целью выявления специфических характеристик последней, значимых для образовательного контекста; во-вторых, для сравнения отечественных и зарубежных исследований по проблеме с целью определения уровня разработанности темы и выявления исследовательских лакун [23].

По мнению П. П. Белоножки, А. П. Карпенко и Д. А. Храмова, классификация как метод научного познания предполагает распределение объектов по группам на основе

общих признаков. В настоящем исследовании классификация используется для систематизации выявленных педагогических эффектов использования GraphQL по направлениям влияния: эффекты, связанные с единообразием учебного опыта; эффекты, обусловленные повышением актуальности контента; эффекты в сфере пользовательского опыта и вовлеченности; эффекты, открывающие возможности для персонализации; эффекты, расширяющие аналитический потенциал образовательных учреждений [24].

Обобщение как логическая операция перехода от частного к общему позволяет формулировать выводы, имеющие значение за пределами конкретных анализируемых случаев М. Э. Джалалова. На основе обобщения результатов анализа отдельных кейсов внедрения GraphQL формулируются общие закономерности влияния технологии на педагогический процесс [25].

Интерпретация занимает особое место в системе методов данного исследования, поскольку именно через интерпретацию осуществляется перевод технических характеристик GraphQL на язык педагогических категорий. «Интерпретация позволяет осмыслить, что означает для педагогического процесса возможность точной спецификации запрашиваемых данных, наличие единой конечной точки API или поддержка обновлений в реальном времени», – говорит Д. С. Салтанов [26].

Эмпирические методы исследования представлены анализом документов, методом анализа кейсов, вторичным анализом данных и контент-анализом.

Анализ документов как метод сбора первичной информации предполагает изучение различных документальных источников: научных публикаций, технической документации по GraphQL, отчетов о внедрении технологии в образовательных учреждениях, публикаций в отраслевых блогах и на профессиональных платформах. Особое внимание уделяется документам, содержащим эмпирические данные о результатах внедрения GraphQL.

Метод анализа кейсов представляет собой углубленное исследование ограниченного числа случаев с целью выявления их уникальных характеристик и общих закономерностей. В работе анализируются кейсы внедрения GraphQL в образовательных учреждениях различного масштаба и типа:

- Глобальная образовательная платформа 2U (партнер Кембриджского университета и Массачусетского технологического института).
- Японская образовательная платформа «Студисаппури», разработка приложения Graduate Waiver Wire в Университете Северной Дакоты.

Выбор именно этих кейсов обусловлен их репрезентативностью (разные типы образовательных учреждений, разные географические регионы) и доступностью информации (Э. Порчелло, А. Бэнкс) [27].

Вторичный анализ данных предполагает использование результатов эмпирических исследований, выполненных другими авторами, для решения собственных исследовательских задач. В работе используются данные сравнительных исследований производительности REST и GraphQL, выполненных индонезийскими учеными, а также результаты диссертационного исследования С. Амарин, посвященного проблемам внедрения GraphQL.

Контент-анализ как метод количественно-качественного анализа содержания текстов применяется для изучения массива научных публикаций по проблеме с целью выявления ключевых тем, основных тенденций и исследовательских лакун. Единицами анализа выступают тематические блоки публикаций, ключевые понятия, ссылки на другие исследования (Н. Бисвас) [28].

Исследование строится в соответствии с логикой движения от теоретического анализа к эмпирическому изучению и далее к обобщению и формулированию выводов. Данная логика реализуется в пяти последовательных этапах.

Первый этап – подготовительный. На данном этапе осуществляется определение исследовательской проблемы, постановка цели и задач, формулирование гипотез, выбор методологической стратегии. Проводится предварительный анализ литературы для оценки степени разработанности темы и выявления исследовательских лакун. Результатом этапа является программа исследования.

Второй этап – теоретический. На этом этапе проводится углубленное изучение архитектуры GraphQL, выделяются его ключевые характеристики, значимые для образовательного контекста. Параллельно анализируются педагогические требования к информационным системам образовательных учреждений, выявляются те аспекты педагогического процесса, которые могут быть чувствительны к технологическим изменениям. На основе сопоставления технических характеристик и педагогических требований строится теоретическая модель взаимосвязи технологии и педагогики.

Третий этап – аналитический. На данном этапе осуществляется сбор и анализ данных о внедрении GraphQL в образовательных учреждениях. Изучаются доступные кейсы, анализируются результаты сравнительных исследований производительности, проводится контент-анализ публикаций. Собранные данные систематизируются и подготавливаются для последующего обобщения.

Четвертый этап – обобщающий. На этом этапе выявленные в ходе анализа педагогические эффекты подвергаются систематизации и классификации. Строится классификация эффектов по направлениям влияния, выявляются взаимосвязи между различными группами эффектов. Проводится сопоставление полученных результатов с выводами других исследований.

Пятый этап – заключительный. На данном этапе формулируются итоговые выводы исследования, разрабатываются практические рекомендации для образовательных учреждений, планирующих внедрение GraphQL, определяются перспективы дальнейшей разработки темы.

Для обеспечения объективности и воспроизводимости результатов исследования разработана система критериев, позволяющих оценивать влияние GraphQL на педагогическую составляющую образовательного процесса.

Критерий единообразия учебного опыта оценивается через показатели согласованности пользовательских интерфейсов на различных платформах (веб, мобильные приложения iOS и Android), отсутствия функциональных различий между платформами, унифицированности представления учебного материала. Информация для оценки по данному критерию извлекается из анализа технической документации и описаний кейсов внедрения (О. Хартиг, Х. Перес) [29].

Критерий актуальности контента оценивается через показатели времени обновления учебных материалов в пользовательских интерфейсах после их изменения в источнике, скорости доставки обновлений различным категориям пользователей. Оценка осуществляется на основе анализа технических характеристик GraphQL и данных из кейсов внедрения.

Критерий пользовательского опыта включает показатели времени загрузки интерфейсов, объема передаваемых данных, субъективной удовлетворенности пользователей работой с системой. Используются данные сравнительных исследований производительности REST и GraphQL, а также косвенные показатели (коэффициент конверсии, показатель отказов), приводимые в кейсах (М. Сибра, Г. Пинто, М. Назарио) [30].

Критерий персонализации оценивается через показатели возможности адаптации учебного контента под индивидуальные потребности и уровень подготовки обучающихся, гибкости настройки образовательных траекторий. Анализируются архитектурные возможности GraphQL, позволяющие реализовать персонализацию (К. Родригес, М. Баэз, Ф. Дэниел, Ф. Казати) [31].

Критерий аналитики обучения включает показатели полноты сбора данных об учебной активности, возможности интеграции данных из различных источников, доступности данных для аналитических моделей. Оценка осуществляется на основе анализа технической документации и описаний реализованных решений (Ф. Иносенсио) [32].

Научная новизна исследования определяется тем, что в нем впервые предпринимается попытка комплексного анализа влияния технических характеристик GraphQL API на педагогические аспекты деятельности образовательных учреждений. Предложена оригинальная классификация педагогических эффектов использования GraphQL, включающая пять основных направлений (Э. Уиттерн, А. Ча, Дж. Ларедо) [33]. Выявлены и систематизированы исследовательские лакуны в отечественной и зарубежной литературе по проблеме. Разработан междисциплинарный подход к анализу технологических решений в образовании, интегрирующий системный, деятельностный и компетентностный подходы.

Избранная методологическая база обеспечивает всесторонность и системность анализа проблемы, обоснованность полученных выводов и их практическую применимость в деятельности образовательных учреждений, планирующих внедрение или уже использующих GraphQL API в своей инфраструктуре.

Результаты исследования / Research results

В результате проведенного теоретико-эмпирического исследования, основанного на анализе архитектурных особенностей GraphQL, изучении практических кейсов внедрения технологии в образовательных учреждениях, сравнительном анализе отечественных и зарубежных научных источников, были получены результаты, позволяющие системно представить влияние использования GraphQL API на педагогическую составляющую деятельности образовательных учреждений.

В данном разделе представлены основные результаты исследования, структурированные в соответствии с поставленными задачами. Результаты включают: анализ соответствия архитектурных характеристик GraphQL педагогическим требованиям; выявление и классификацию педагогических эффектов; систематизацию проблем и ограничений внедрения; практические рекомендации для образовательных учреждений.

Первый блок результатов связан с анализом того, насколько архитектурные особенности GraphQL соответствуют специфическим требованиям, предъявляемым к информационным системам в образовательной сфере. В табл. 1 представлено соответствие между ключевыми характеристиками GraphQL и педагогическими требованиями, выявленными в ходе теоретического анализа.

Архитектурные характеристики GraphQL не просто технически превосходят REST в отдельных аспектах, но принципиально соответствуют современным педагогическим требованиям, создавая технологическую основу для реализации персонализированного, адаптивного и аналитически обеспеченного обучения.

В результате анализа практических кейсов и обобщения данных сравнительных исследований были выявлены пять групп педагогических эффектов использования GraphQL API.

Соответствие архитектурных характеристик GraphQL педагогическим требованиям

<i>Архитектурная характеристика GraphQL</i>	<i>Педагогическое требование</i>	<i>Характер влияния</i>
Гибкая система запросов (клиент специфицирует структуру данных)	Персонализация обучения; адаптивность контента	Позволяет создавать интерфейсы, адаптированные под индивидуальные образовательные траектории
Единая конечная точка вместо множества конечных точек	Мультиплатформенность; единообразие опыта	Обеспечивает согласованность данных на всех клиентских платформах
Строго типизированная схема	Надежность образовательной среды; снижение ошибок	Гарантирует валидность запросов; предотвращает некорректное отображение учебных материалов
Поддержка реального времени	Оперативность обновления контента; синхронное обучение	Обеспечивает мгновенную доставку обновлений учебных материалов
Агрегация данных из множества источников	Аналитика обучения; целостное представление об успеваемости	Позволяет собирать данные из различных образовательных сервисов в едином запросе

Наиболее значимый педагогический эффект, выявленный в ходе анализа кейса японской образовательной платформы «Студисаппури», заключается в обеспечении единообразия учебного опыта для всех обучающихся независимо от используемых клиентских устройств.

Единообразие достигается за счет переноса доменной логики на серверную сторону и ее включения непосредственно в GraphQL-схему. Как отмечают разработчики «Студисаппури», «в образовательной сфере различия в поведении клиентских приложений могут стать серьезной проблемой. Поэтому мы проектируем GraphQL-схему таким образом, чтобы она возвращала не просто данные из источника, а готовые доменные модели, что минимизирует расхождения в работе разных клиентов».

С педагогической точки зрения это означает, что все студенты независимо от того, пользуются они веб-версией, мобильным приложением на Android или iOS, получают идентичный функционал и одинаковое представление учебного материала. Исключается ситуация, когда какая-либо функция доступна только пользователям определенной платформы, что создает равные образовательные возможности.

В кейсе «Студисаппури» подчеркивается, что двухлетний опыт использования GraphQL подтвердил эффективность данного подхода для обеспечения единообразия образовательного опыта.

Педагогическая эффективность напрямую зависит от актуальности учебных материалов, особенно в быстроразвивающихся дисциплинах. Внедрение GraphQL позволяет образовательным учреждениям значительно сократить время между обновлением контента и его доставкой обучающимся.

Использование GraphQL API позволяет организовать централизованный контент-хаб, где учебные материалы обновляются и мгновенно становятся доступными во всех пользовательских интерфейсах. Это становится возможным благодаря единой конечной точке и механизмам реального времени.

Кейс компании 2U – глобального образовательного технологического партнера ведущих университетов мира (Кембриджский университет, Массачусетский технологический институт) – демонстрирует возможности GraphQL в этой области. Платформа обслуживает более 300 000 студентов и свыше 500 образовательных программ.

Студенты всегда работают с актуальными версиями учебных материалов, что особенно критично для дисциплин, где знания быстро устаревают: информационные технологии, медицина, право, инженерные специальности.

Исследования показывают, что производительность интерфейсов напрямую влияет на вовлеченность пользователей в образовательный процесс. Внедрение GraphQL позволяет оптимизировать загрузку данных, что отражается на пользовательском опыте.

Исследование индонезийских ученых сравнивало производительность REST и GraphQL при доступе к данным национальной базы высшего образования НБДВОИ. Результаты показали, что при незначительном увеличении времени отклика (на 20%) GraphQL обеспечивает десятикратное сокращение объема передаваемых данных (10% от объема REST-ответов). Это означает, что при использовании мобильного интернета или ограниченных каналов связи студенты получают доступ к учебным материалам существенно быстрее.

Кейс 2U демонстрирует, что технические улучшения транслируются в педагогически значимые показатели: «Увеличение производительности API Hygraph привело к повышению коэффициента конверсии и снижению показателя отказов». В образовательном контексте «конверсия» означает успешное завершение учебных модулей, а снижение отказов – уменьшение количества студентов, прерывающих обучение из-за технических проблем.

Возможность точной спецификации запрашиваемых данных делает GraphQL эффективным инструментом для построения персонализированных образовательных интерфейсов и адаптивных образовательных траекторий.

GraphQL позволяет клиентским приложениям запрашивать именно те данные, которые необходимы для конкретного пользователя в конкретной ситуации. В сочетании с системами анализа данных и машинного обучения это создает возможности для динамической адаптации контента.

Педагогические возможности:

1. Построение индивидуальных образовательных траекторий, где каждому студенту предъявляются только релевантные для его уровня подготовки материалы.
2. Адаптивное тестирование, где сложность и содержание заданий динамически подстраиваются под ответы обучающегося.
3. Персонализированные рекомендации по дополнительным учебным материалам на основе анализа образовательной активности.

Кейс разработки приложения Graduate Waiver Wire в Университете Северной Дакоты демонстрирует применение GraphQL для автоматизации обновления информации о студентах, что высвобождает время сотрудников для непосредственной педагогической деятельности.

Способность GraphQL эффективно агрегировать данные из множества источников открывает новые возможности для аналитики обучения и, как следствие, для совершенствования педагогических практик на основе данных.

GraphQL позволяет собирать данные об учебной активности из различных источников (системы управления обучением, интерактивные учебники, форумы, результаты тестирований) в рамках одного запроса, предоставляя их в формате, удобном для аналитических моделей.

Аналитические возможности:

1. Выявление студентов группы риска на ранних стадиях.
2. Оценка эффективности различных педагогических методик.
3. Анализ корреляций между особенностями учебной активности и образовательными результатами.
4. Своевременная корректировка учебного процесса на основе данных.

Аналитика обучения, обеспеченная эффективным сбором и агрегацией данных, позволяет перейти от интуитивных педагогических решений к научно обоснованным, персонализированным интервенциям.

На основе проведенного анализа разработана классификация педагогических эффектов использования GraphQL API, представленная в табл. 2.

Таблица 2

Классификация педагогических эффектов GraphQL API

<i>Группа эффектов</i>	<i>Конкретные проявления</i>	<i>Источник эффекта</i>	<i>Эмпирическое подтверждение</i>
Дидактические	Актуальность контента; доступ к разнообразным учебным материалам	Централизованный контент-хаб; единая точка доступа	Кейс 2U (сокращение времени миграции вдвое)
Мотивационные	Снижение отказов; повышение вовлеченности; удовлетворенность пользователей	Оптимизация производительности; сокращение времени загрузки	Кейс 2U (повышение конверсии)
Адаптационные	Персонализация контента; индивидуальные траектории	Гибкая система запросов; точная спецификация данных	Анализ архитектуры; теоретическое обоснование
Аналитические	Сбор данных; предиктивная аналитика; оценка эффективности	Агрегация из множества источников	Meegle (предиктивная аналитика)
Организационные	Высвобождение времени преподавателей; автоматизация рутины	Эффективная передача данных; интеграция систем	Университет Северной Дакоты

Наряду с позитивными эффектами исследование выявило ряд проблем и ограничений, которые необходимо учитывать при принятии решения о внедрении GraphQL в образовательную инфраструктуру.

Диссертационное исследование С. Амарина выявило, что GraphQL представляет определенные сложности для изучения разработчиками. Среди 14 тематических областей GraphQL наиболее сложными признаны GraphQL Java и «инструменты разработки». Инструменты автоматической генерации GraphQL из существующих систем характеризуются как сложные и непопулярные.

Для образовательных учреждений это означает необходимость дополнительных инвестиций в повышение квалификации технических специалистов или привлечение внешних экспертов, что может быть затруднительно при ограниченных бюджетах.

Платформа Meegle указывает на потенциальные риски безопасности при использовании GraphQL: возможность клиентов специфицировать структуру запроса потенциально может привести к раскрытию чувствительных данных при недостаточной защите. Особую актуальность это приобретает в образовательных учреждениях, обрабатывающих персональные данные студентов, включая информацию об успеваемости, состоянии здоровья и другие конфиденциальные сведения.

Требуется внедрение механизмов аутентификации, авторизации, ограничения сложности запросов и глубины вложенности, что усложняет разработку и требует дополнительной квалификации.

По мере роста числа пользователей и объема данных масштабирование GraphQL API может становиться проблемой. Требуются специальные техники: пакетирование запросов, кэширование, оптимизация производительности сервера, что не всегда тривиально реализуемо в условиях образовательных учреждений с ограниченными техническими ресурсами.

Исследование С. Амарина выявило проблему null-безопасности как несовместимость между спецификацией GraphQL и языком Java: GraphQL-схема различает nullable и non-null типы, тогда как в Java все типы являются nullable. Это требует разработки дополнительных инструментов и подходов для обеспечения типобезопасности, что создает дополнительные сложности при интеграции с существующими Java-системами, часто используемыми в образовательных учреждениях.

В ходе исследования проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных научных работ по проблеме использования GraphQL в образовании. Результаты сравнения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительный анализ отечественных и зарубежных исследований

Параметр сравнения	Зарубежные исследования	Отечественные исследования
Уровень междисциплинарности	Высокий (интеграция технического и педагогического анализа)	Низкий (преобладание технического анализа)
Тип публикаций	Журнальные статьи, монографии	Конференционные материалы, квалификационные работы
Исследовательский фокус	Педагогические эффекты, когнитивные процессы, таксономии ошибок	Архитектура, производительность, миграция с REST
Эмпирическая база	Многоступенчатые эксперименты с участием студентов	Разработка прототипов, тестирование производительности
Признание	Международное (индексация в Scopus/WoS)	Локальное

Зарубежная наука демонстрирует более высокий уровень зрелости в исследовании педагогических аспектов использования GraphQL, создав как теоретическую базу (таксономии ошибок, лучшие педагогические практики), так и практические реализации образовательных сервисов. Отечественные исследования находятся на этапе технического освоения технологии, что создает значительный потенциал для дальнейших междисциплинарных исследований.

На основе анализа успешных практик и выявленных проблем сформулированы практические рекомендации для образовательных учреждений, планирующих внедрение GraphQL. Рекомендуется ограничивать первые внедрения функционально ограниченными, но педагогически значимыми модулями (например, система тестирования, модуль управления курсами), что позволяет получить опыт и выявить проблемы до масштабирования. Как рекомендует практика «Студисаппури», педагогически значимая логика должна выноситься на уровень GraphQL-схемы, что обеспечивает согласованность образовательного опыта на всех клиентских платформах. Необ-

ходимо с самого начала проектирования внедрять механизмы аутентификации, авторизации и ограничения сложности запросов, учитывая чувствительность образовательных данных.

Принимая во внимание выявленные сложности освоения GraphQL, необходимо предусмотреть бюджет и время на повышение квалификации разработчиков или привлечение внешних консультантов, проектировать схему с учетом педагогических потребностей. GraphQL-схема должна включать поля, необходимые не только для текущих интерфейсов, но и для будущей аналитики обучения и персонализации.

Рекомендуется применять библиотеки и фреймворки, упрощающие разработку и обеспечивающие лучшие практики безопасности. Необходимо отслеживать время выполнения запросов, объем передаваемых данных и другие метрики, влияющие на пользовательский опыт студентов. Для учреждений с существующей REST-инфраструктурой рекомендуется использовать гибридные подходы или сервисы-адаптеры для постепенного перехода.

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы:

- Выявлены пять групп педагогических эффектов: дидактические (актуальность контента), мотивационные (вовлеченность), адаптационные (персонализация), аналитические (data-driven педагогика), организационные (высвобождение времени преподавателей).

- Установлены количественные параметры влияния – сокращение объема передаваемых данных на 90% при незначительном увеличении времени отклика (20%), что особенно значимо для мобильного обучения и регионов с ограниченной пропускной способностью каналов связи.

- Выявлены барьеры внедрения – сложность освоения технологии разработчиками, вопросы безопасности, проблемы масштабирования, техническая совместимость с существующими системами.

- Зафиксирован разрыв между отечественной и зарубежной наукой – зарубежные исследования активно развивают междисциплинарную проблематику, тогда как отечественные сосредоточены на технических аспектах, что создает потенциал для дальнейших исследований.

- Результаты проведенного исследования открывают перспективы для дальнейшей разработки проблемы в следующих направлениях:

- Количественная оценка влияния GraphQL на образовательные результаты. Необходимы лонгитюдные исследования, измеряющие корреляцию между внедрением GraphQL и показателями успеваемости, удержания студентов, удовлетворенности обучением.

- Разработка педагогических паттернов проектирования GraphQL-схем. Требуется создание методических рекомендаций для архитекторов образовательных систем о том, как проектировать схемы с учетом педагогических задач.

- Исследование восприятия GraphQL преподавателями-предметниками. Необходимо изучить, как технология влияет на деятельность преподавателей, не обладающих глубокими техническими знаниями.

- Интеграция с искусственным интеллектом. Перспективным направлением является исследование возможностей сочетания GraphQL с AI-агентами для создания интеллектуальных образовательных сред.

Заключение / Conclusion

Проведенное исследование влияния использования GraphQL API на педагогическую составляющую образовательного учреждения позволяет сформулировать ряд обобщающих выводов, имеющих теоретическое и практическое значение. Результаты исследования подтверждают значительное и многоаспектное влияние использования GraphQL API на педагогическую составляющую образовательных учреждений. Технология создает условия для повышения качества образования через обеспечение единообразия учебного опыта, актуальности контента, оптимизации пользовательского опыта, персонализации обучения и расширения аналитических возможностей. При этом успешное внедрение требует учета выявленных проблем и ограничений, а также следования разработанным практическим рекомендациям. Полученные результаты вносят вклад в теорию цифровой трансформации образования и могут быть использованы для принятия обоснованных решений о выборе технологической архитектуры образовательных платформ.

Основные результаты исследования:

1. В работе подтверждена гипотеза о принципиальном соответствии архитектурных характеристик GraphQL современным педагогическим требованиям. Анализ показал, что ключевые особенности технологии: гибкая система запросов, единая конечная точка, строго типизированная схема, поддержка реального времени и способность агрегировать данные из множества источников – создают технологическую основу для реализации таких педагогических приоритетов, как персонализация обучения, обеспечение единообразия учебного опыта, оперативное обновление контента и аналитическое сопровождение образовательного процесса.

2. В результате анализа практических кейсов внедрения GraphQL в образовательных учреждениях различного масштаба и типа (глобальная платформа 2U, японская образовательная система «Студисаппури», разработки Университета Северной Дакоты, сервис геймификации FGPE) выявлены и систематизированы пять групп педагогических эффектов использования технологии:

Дидактические эффекты – повышение актуальности учебного контента за счет централизованного управления материалами и мгновенной доставки обновлений пользователям. Кейс 2U демонстрирует сокращение времени миграции контента вдвое по сравнению с запланированными сроками.

Мотивационные эффекты – оптимизация пользовательского опыта, выражающаяся в снижении времени загрузки и объема передаваемых данных, что непосредственно влияет на вовлеченность студентов и снижение показателей отсева. Исследование индонезийских ученых показало, что при незначительном увеличении времени отклика (на 20%) GraphQL обеспечивает десятикратное сокращение объема передаваемых данных (10% от объема REST-ответов).

Адаптационные эффекты – создание технологической основы для персонализации обучения и построения индивидуальных образовательных траекторий благодаря возможности точной спецификации запрашиваемых данных.

Аналитические эффекты – расширение возможностей сбора и агрегации данных об учебной активности из различных источников, что создает предпосылки для перехода к педагогике и предиктивной аналитике.

Организационные эффекты – высвобождение времени преподавателей и администраторов за счет автоматизации рутинных операций по обновлению и синхронизации данных, как показано в кейсе Университета Северной Дакоты.

3. Исследование выявило существенные различия в состоянии отечественной и зарубежной научной традиции изучения проблемы. Зарубежные исследования демонстрируют высокий уровень междисциплинарности, интегрирующий технический анализ с педагогической теорией и практикой, создавая таксономии ошибок студентов, разрабатывая образовательные сервисы и формулируя лучшие педагогические практики. Отечественные исследования, напротив, сосредоточены преимущественно на технических аспектах – архитектуре, производительности, миграции с REST. Это создает значительный потенциал для дальнейших междисциплинарных исследований в российской науке.

4. Наряду с позитивными эффектами идентифицированы проблемы и ограничения внедрения GraphQL в образовательных учреждениях: сложности освоения технологии разработчиками (особенно в части инструментов разработки и GraphQL Java), вопросы безопасности при работе с персональными данными студентов, проблемы масштабирования при росте числа пользователей, техническая несовместимость с существующими системами (например, проблема null-безопасности при интеграции с Java).

5. На основе анализа успешных практик сформулированы рекомендации для образовательных учреждений, включающие стратегические (начало с пилотных проектов, обеспечение единообразия доменной модели, приоритет безопасности), организационные (планирование обучения специалистов, проектирование схемы с учетом педагогических потребностей) и технические (использование современных инструментов, мониторинг производительности, разработка стратегии миграции) аспекты.

Подводя итог, следует подчеркнуть, что цифровая трансформация образования – это не просто внедрение новых технологий, но глубокое преобразование педагогических практик, образовательных сред и способов взаимодействия участников учебного процесса. GraphQL API, будучи прежде всего технологическим решением, демонстрирует способность влиять на педагогическую составляющую образовательных учреждений, создавая условия для реализации современных образовательных подходов.

Однако, как показывает исследование, технология сама по себе не гарантирует педагогических улучшений. Позитивные эффекты достигаются только при условии целенаправленного педагогического проектирования, учета специфики образовательного контекста, готовности учреждения к организационным изменениям и инвестициям в развитие компетенций сотрудников.

Полученные результаты вносят вклад в понимание сложных взаимосвязей между технологическими решениями и педагогическими результатами, а также предоставляют образовательным учреждениям научно обоснованные ориентиры для принятия решений о внедрении GraphQL API в свою инфраструктуру. Дальнейшее развитие исследований в этой области будет способствовать более эффективному использованию потенциала современных технологий для повышения качества образования.

Ссылки на источники / References

1. Галигузова Е. В., Илларионова Ю. Е. Язык запросов GRAPHQL как замена REST API. Сравнение GRAPHQL и REST API // Символ науки. – 2023. – № 1–2. – С. 9–11. – URL: <https://os-russia.com/SBORNIKI/SN-2023-01-2.pdf>
2. Смирнов Д. П., Дедович Т. Г. Анализ и выбор современных инструментов и технологий для разработки системы управления обучением // Системный анализ в науке и образовании. – 2022. – № 1. – С. 105–115. – URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/526>
3. Гридин В. Н., Анисимов В. И., Васильев С. А. Методы повышения производительности современных веб-приложений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2020. – № 2 (212). – С. 193–199. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-2-193-200.

4. Amareen S. Towards Improving The Adoption Of Graphql Among Software Practitioners: Ph.D. dissertation / advisor A. Bosu. – Detroit: Wayne State University, 2025. – 417 p. – URL: https://digitalcommons.wayne.edu/oa_dissertations/4175/
5. Стрелкова А. В., Истомина А. С. Исследование альтернативных способов построения API на примере создания информационной системы управления номенклатурой товаров с помощью GRAPHQL // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции (ТИМ'2022). – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2022. – С. 295–299. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/119252/1/978-5-6044322-7-3_059.pdf?ysclid=mm2f8snreg418876683
6. Колесникова А. Г., Ладнова Е. В., Колесников А. Н. Интерактивные методы обучения как методическая среда развития вербальных умений // Университетская клиника. – 2018. – № 4 (29). – С. 99–102. DOI: 10.26435/иС. У014(29).258.
7. Шергалис Д. В. Разработка сервиса-адаптера между REST-клиентом и GraphQL-сервером: выпускная квалификационная работа бакалавра: направление 09.03.03 «Прикладная информатика» / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт компьютерных наук и технологий; научный руководитель Г. В. Коваленко. – СПб., 2021. – 65 с. – URL: <http://elib.spbstu.ru/dl/3/2021/vr/vr21-3080.pdf>
8. Черныш Б. А., Мурыгин А. В. Динамическая схема GraphQL в реализации интегрированной информационной системы // Программные продукты и системы. – 2022. – № 4. – С. 644–652. DOI: 10.15827/0236-235X.140.644-653.
9. Стрелкова А. В., Истомина А. С. Исследование альтернативных способов построения API на примере создания информационной системы управления номенклатурой товаров с помощью GRAPHQL // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сб. докл. X Всерос. науч.-практ. конф. (ТИМ'2022). – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2022. – С. 295–299. – URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/119252/1/978-5-6044322-7-3_059.pdf?ysclid=mm2f8snreg418876683
10. Воронина Н. В. Методология разработки масштабируемых веб-приложений с использованием GraphQL: выпускная квалификационная работа магистра: 09.04.03 – Прикладная информатика / науч. рук. А. В. Иванисhev. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2018. 89 с. DOI: 10.18720/SPBPU/2/v18-3370.
11. Король А. Д., Воротницкий Ю. И. Цифровая трансформация образования и вызовы XXI века // Высшее образование в России. – 2022. – № 6. – С. 48–61. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-48-61.
12. Чарыярова Б., Мухаммедова А., Шамедова Н., Одаева А. Персонализированное обучение: подходы и педагогические технологии для индивидуализации образовательного процесса // Символ науки. – 2024. – № 9-2. – С. 193–196. – URL: <https://os-russia.com/SBORNIKI/SN-2024-09-2.pdf?ysclid=mm2ek3u3lm650362388>
13. Салтанов Д. С., Арсентьева Н. В. Сравнительный анализ архитектурных подходов к разработке REST API для высоконагруженных систем // Форум молодых ученых. – 2025. – № 6 (106). – С. 329–339. – URL: <https://rus.forum-nauka.ru/6-106-2025>
14. Pachera A., Dumbrava S., Bonifati A., Mauri A. Understanding Student Errors in Graph Query Formulation // ACM Transactions on Computing Education. – 2025. – № 3. – P. 1–35. DOI: 10.1145/3677328.
15. Hartanti O., Fauzan M. N., Agus S., Ariffin Z. Comparing GraphQL and ReST Architecture in Arabic Learning Games: A Quality of Service (QoS) Approach // 2023 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS). – IEEE, 2024. – P. 1–6. DOI: 10.1109/CITSM60085.2023.10455108.
16. Paiva J. C., Haraszczuk A., Queirós R. et al. FGPE Gamification Service: A GraphQL Service to Gamify Online Education // World Conference on Information Systems and Technologies. – 2021. – P. 480–489. DOI: 10.1007/978-3-030-72654-6_46.
17. Darmawan I., Rahmatulloh A., Gunawan R. Web Service Modeling for GraphQL Based College Data Service Access // 2022 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS). – IEEE, 2022. – P. 1–6. DOI: 10.1109/ICADEIS56544.2022.10037508.
18. Amareen S. Towards Improving The Adoption Of Graphql Among Software Practitioners: Ph.D. dissertation.
19. Макаров К. С., Овчинников А. В., Меркеева Е. Е. Архитектура рекомендательной системы для обучения языкам программирования // Auditorium. – 2023. – № 2 (38). – С. 1–7.
20. Кирьянов Д. А. Формирование требований к интерфейсу сайтов вузов исходя из стандартов доступности и удобства использования // Педагогика и просвещение. – 2023. – № 1. – С. 69–85. DOI: 10.7256/2454-0676.2023.1.37503.
21. Чумакова Т. Н., Алексеева А. И. Цифровая трансформация образования как актуальная проблема высших учебных заведений // Образование и право. – 2024. – № 12. – С. 317–321. – URL: <https://education.law-books.ru/образование-и-право-№-12-2024/>

22. Евченко И. В. Универсальность естественно языкового интерфейса для взаимодействия с различными типами программных интерфейсов приложений // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2025. – № 4. – С. 145–150. – URL: injoit.org/index.php/j1/article/download/2070/1882
 23. Сафронова Е. С., Терсакова А. А. Информационные технологии и их роль в повышении качества образовательного процесса и эффективности управления вузом // *Экономика и социум*. – 2023. – № 5-2 (108). – С. 1054–1061. – URL: <https://rus.iupr.ru/5-108-2023>
 24. Белоножко П. П., Карпенко А. П., Храмов Д. А. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения // *Вестник евразийской науки*. – 2017. – № 4 (41). – С. 1–21. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>
 25. Джалалов М. Э. Применение шаблонов проектирования для управления api в микросервисной архитектуре // *Экономика и качество систем связи*. – 2024. – № 1 (31). – С. 128–134. – URL: https://journal-ekss.ru/?page_id=4444
 26. Салтанов Д. С. Проблемы и методы разработки оптимизированного REST API для web-модуля системы с поддержкой удаленной интеграции // *Форум молодых ученых*. – 2025. – № 6 (106). – С. 341–345. – URL: https://rus.forum-nauka.ru/_files/ugd/b06fdc_6f7680b7f729480793c4e3cb63e63d88.pdf?index=true
 27. Porcello E., Banks A. *Learning GraphQL: Declarative Data Fetching for Modern Web Apps*. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2018. – 185 p. – URL: <https://blactec.biz/wp-content/uploads/2021/09/Learning-GraphQL-Declarative-Data-Fetching.pdf>
 28. Biswas N. *Practical GraphQL: Learning Full-Stack GraphQL Development with Projects*. – Berkeley: Apress, 2023. – 270 p. – URL: <https://www.oreilly.com/library/view/practical-graphql-learning/9781484296219/>
 29. Hartig O., Pérez J. Semantics and Complexity of GraphQL // *Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference*. – Geneva: International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2018. – P. 1155–1164. – DOI:10.1145/3178876.3186014.
 30. Seabra M., Pinto G., Nazário M. GraphQL vs. REST: A Performance Comparison for Mobile Educational Applications // *the XIII Brazilian Symposium*. – 2019. – P. 23–27. DOI: 10.1145/3357141.3357149.
 31. Rodriguez C., Baez M., Daniel F., Casati F. REST APIs: A Large-Scale Analysis of Compliance with Principles and Best Practices // *International Conference on Web Engineering*. – 2022. – P. 345–359. – DOI:10.1007/978-3-319-38791-8_2
 32. Inocencio F. Using Gamification in Education: A Systematic Literature Review // *International Conference on Information Systems (ICIS) 2018At*. – San Francisco, CA, USA, 2018. – P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.17471/2499-4324/1335>.
 33. Wittern E., Cha A., Laredo J. Generating GraphQL-Wrappers for REST(-like) APIs // *International Conference on Web Engineering*. – 2018. – P. 65–83. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1809.08319>
-
1. Galiguzova, E. V., & Illarionova, Yu. E. (2023). “Yazyk zaprosov GRAPHQL kak zamena REST API. Sravnenie GRAPHQL i REST API” [GRAPHQL Query Language as a REST API Replacement. Comparison of GRAPHQL and REST APIs], *Simvol nauki*, № 1–2, pp. 9–11. Available at: <https://os-russia.com/SBORNIKI/SN-2023-01-2.pdf> (in Russian).
 2. Smirnov, D. P., & Dedovich, T. G. (2022). “Analiz i vybor sovremennyh instrumentov i tekhnologij dlya razrabotki sistemy upravleniya obucheniem” [Analysis and selection of modern tools and technologies for the development of a learning management system], *Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii*, № 1, pp. 105–115. Available at: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/526> (in Russian).
 3. Gridin, V. N., Anisimov, V. I., & Vasil'ev, S. A. (2020). “Metody povysheniya proizvoditel'nosti sovremennyh veb-prilozhenij” [Methods for Improving the Performance of Modern Web Applications], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, № 2 (212), pp. 193–199. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-2-193-200 (in Russian).
 4. Amareen, S. (2025). *Towards Improving The Adoption Of GraphQL Among Software Practitioners: Ph.D. dissertation*, advisor A. Bosu, Wayne State University, Detroit, 417 p. Available at: https://digitalcommons.wayne.edu/oa_dissertations/4175/ (in English).
 5. Strelkova, A. V., & Istomina, A. S. (2022). “Issledovanie al'ternativnyh sposobov postroeniya API na primere sozdaniya informacionnoj sistemy upravleniya nomenklatury tovarov s pomoshch'yu GRAPHQL” [A study of alternative methods for building APIs using the example of creating a product inventory management information system using GRAPHQL], *Teplotekhnika i informatika v obrazovanii, nauke i proizvodstve: sbornik dokladov X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (TIM'2022)*, Ekaterinburg: Ural'skij federal'nyj universitet, pp. 295–299. Available at: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/119252/1/978-5-6044322-7-3_059.pdf?ysclid=mm2f8snreg418876683 (in Russian).
 6. Kolesnikova, A. G., Ladnova, E. V., & Kolesnikov, A. N. (2018). “Interaktivnye metody obucheniya kak metodicheskaya sreda razvitiya verbal'nyh umenij” [Interactive learning methods as a methodological environment for the development of verbal skills], *Universitetskaya klinika*, № 4 (29), pp. 99–102. DOI: 10.26435/IS. U014(29).258 (in Russian).

7. Shergalis, D. V. (2021). *Razrabotka servisa-adaptera mezhdu REST-klientom i GraphQL-serverom: vypusknaya kvalifikacionnaya rabota bakalavra: napravlenie 09.03.03 "Prikladnaya informatika"* [Developing a Service Adapter between a REST Client and a GraphQL Server: Bachelor's Thesis: Area of Training 09.03.03 "Applied Informatics"], Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo, Institut komp'yuternyh nauk i tekhnologij, nauchnyj rukovoditel' G. V. Kovalenko, St. Petersburg, 65 p. Available at: <http://elib.spbstu.ru/dl/3/2021/vr/vr21-3080.pdf> (in Russian).
8. Chernysh, B. A., & Murygin, A. V. (2022). "Dinamicheskaya skhema GraphQL v realizacii integrirovannoj informacionnoj sistemy" [Dynamic GraphQL Schema in the Implementation of an Integrated Information System], *Programmnye produkty i sistemy*, № 4, pp. 644–652. DOI: 10.15827/0236-235X.140.644-653 (in Russian).
9. Strelkova, A. V., & Istomina, A. S. (2022). "Issledovanie al'ternativnyh sposobov postroeniya API na primere sozdaniya informacionnoj sistemy upravleniya nomenklatury tovarov s pomoshch'yu GRAPHQL" [A study of alternative methods for building APIs using the example of creating a product inventory management information system using GRAPHQL], *Teplotekhnika i informatika v obrazovanii, nauke i proizvodstve: sb. dokl. X Vseros. nauch.-prakt. konf. (TIM'2022)*, Ural'skij federal'nyj universitet, Ekaterinburg, pp. 295–299. Available at: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/119252/1/978-5-6044322-7-3_059.pdf?ysclid=mm2f8snreg418876683 (in Russian).
10. Voronina, N. V. (2018). *Metodologiya razrabotki masshtabiruemyh veb-prilozhenij s ispol'zovaniem GraphQL: vypusknaya kvalifikacionnaya rabota magistra: 09.04.03 – Prikladnaya informatika* [Methodology for developing scalable web applications using GraphQL: Master's thesis: Area of Training 09.04.03 – Applied Computer Science], nauch. ruk. A. V. Ivanishchev, Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo, St. Petersburg, 89 p. DOI: 10.18720/SPBPU/2/v18-3370 (in Russian).
11. Korol', A. D., & Vorotnickij, Yu. I. (2022). "Cifrovaya transformaciya obrazovaniya i vyzovy XXI veka" [Digital Transformation of Education and the Challenges of the 21st Century], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, № 6, pp. 48–61. DOI: 10.31992/0869-3617-2022-31-6-48-61 (in Russian).
12. Charyyayeva, B., Muhammedova, A., Shamedova, N., & Odaeva, A. (2024). "Personalizirovannoe obuchenie: podhody i pedagogicheskie tekhnologii dlya individualizacii obrazovatel'nogo processa" [Personalized learning: approaches and pedagogical technologies for individualization of the educational process], *Simvol nauki*, № 9-2, pp. 193–196. Available at: <https://os-russia.com/SBORNIKI/SN-2024-09-2.pdf?ysclid=mm2ek3u3lm650362388> (in Russian).
13. Saltanov, D. S., & Arsent'eva, N. V. (2025). "Sravnitel'nyj analiz arhitekturnyh podhodov k razrabotke REST API dlya vysokonagruzhennyh sistem" [A Comparative Analysis of Architectural Approaches to Developing REST APIs for High-Load Systems], *Forum molodyh uchenyh*, № 6 (106), pp. 329–339. Available at: <https://rus.forum-nauka.ru/6-106-2025> (in Russian).
14. Pachera, A., Dumbrava, S., Bonifati, A., & Mauri, A. (2025). "Understanding Student Errors in Graph Query Formulation", *ACM Transactions on Computing Education*, № 3, pp. 1–35. DOI: 10.1145/3677328 (in English).
15. Hartanti, O., Fauzan, M. N., Agus, S., & Ariffin, Z. (). "Comparing GraphQL and ReST Architecture in Arabic Learning Games: A Quality of Service (QoS) Approach", *2023 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS)*, IEEE, 2024, pp. 1–6. DOI: 10.1109/CITSM60085.2023.10455108 (in English).
16. Paiva, J. C., Haraszczuk, A., Queirós, R. et al. (). "FGPE Gamification Service: A GraphQL Service to Gamify Online Education", *World Conference on Information Systems and Technologies*, 2021, pp. 480–489. DOI: 10.1007/978-3-030-72654-6_46 (in English).
17. Darmawan, I., Rahmatulloh, A., & Gunawan, R. (2022). "Web Service Modeling for GraphQL Based College Data Service Access", *2022 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS)*, IEEE, pp. 1–6. DOI: 10.1109/ICADEIS56544.2022.10037508 (in English).
18. Amareen, S. (2025). Op. cit.
19. Makarov, K. S., Ovchinnikov, A. V., & Merkeeva, E. E. (2023). "Arhitektura rekomendatel'noj sistemy dlya obucheniya yazykam programmirovaniya" [Architecture of a recommender system for learning programming languages], *Auditorium*, № 2 (38), pp. 1–7 (in Russian).
20. Kir'yanov, D. A. (2023). "Formirovanie trebovanij k interfejsu sajtov vuzov iskhodya iz standartov dostupnosti i udobstva ispol'zovaniya" [Formation of requirements for the interface of university websites based on accessibility and usability standards], *Pedagogika i prosveshchenie*, № 1, pp. 69–85. DOI: 10.7256/2454-0676.2023.1.37503 (in Russian).
21. Chumakova, T. N., & Alekseeva, A. I. (2024). "Cifrovaya transformaciya obrazovaniya kak aktual'naya problema vysshih uchebnyh zavedenij" [Digital transformation of education as a pressing issue for higher education institutions], *Obrazovanie i pravo*, № 12, pp. 317–321. Available at: <https://education.law-books.ru/obrazovanie-i-pravo-No-12-2024/> (in Russian).
22. Evchenko, I. V. (2025). "Universal'nost' estestvenno yazykovogo interfejsa dlya vzaimodejstviya s razlichnymi tipami programmnyh interfejsov prilozhenij" [Universality of the natural language interface for interaction with

- different types of application programming interfaces], *International Journal of Open Information Technologies*, № 4, pp. 145–150. Available at: injoit.org/index.php/j1/article/download/2070/1882 (in Russian).
23. Safronova, E. S., & Tersakova, A. A. (2023). "Informacionnye tekhnologii i ih rol' v povyshenii kachestva obrazovatel'nogo processa i effektivnosti upravleniya vuzom" [Information technologies and their role in improving the quality of the educational process and the efficiency of university management], *Ekonomika i socium*, № 5-2 (108), pp. 1054–1061. Available at: <https://rus.iupr.ru/5-108-2023> (in Russian).
 24. Belonozhko, P. P., Karpenko, A. P., & Hramov, D. A. (2017). "Analiz obrazovatel'nyh dannyh: napravleniya i perspektivy primeneniya" [Educational Data Analysis: Trends and Prospects], *Vestnik evrazijskoj nauki*, № 4 (41), pp. 1–21. Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf> (in Russian).
 25. Dzhahalov, M. E. (2024). "Primenenie shablonov proektirovaniya dlya upravleniya api v mikroservisnoj arhitekture" [Applying design patterns to manage APIs in a microservice architecture], *Ekonomika i kachestvo sistem svyazi*, № 1 (31), pp. 128–134. Available at: https://journal-ekss.ru/?page_id=4444 (in Russian).
 26. Saltanov, D. S. (2025). "Problemy i metody razrabotki optimizirovannogo REST API dlya web-modulya sistemy s podderzhkoj udalenoj integracii" [Problems and methods for developing an optimized REST API for a web module of a system with support for remote integration], *Forum molodyh uchenykh*, № 6 (106), pp. 341–345. Available at: https://rus.forum-nauka.ru/_files/ugd/b06fdc_6f7680b7f729480793c4e3cb63e63d88.pdf?index=true (in Russian).
 27. Porcello, E., & Banks, A. (2018). *Learning GraphQL: Declarative Data Fetching for Modern Web Apps*. O'Reilly Media, Sebastopol, 185 p. Available at: <https://blactec.biz/wp-content/uploads/2021/09/Learning-GraphQL-Declarative-Data-Fetching.pdf> (in English).
 28. Biswas, N. (2023). *Practical GraphQL: Learning Full-Stack GraphQL Development with Projects*, Apress, Berkeley, 270 p. Available at: <https://www.oreilly.com/library/view/practical-graphql-learning/9781484296219/> (in English).
 29. Hartig, O., & Pérez, J. (2018). "Semantics and Complexity of GraphQL", *Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference*, International World Wide Web Conferences Steering Committee, Geneva, pp. 1155–1164, DOI:10.1145/3178876.3186014 (in English).
 30. Seabra, M., Pinto, G., & Nazário, M. (2019). "GraphQL vs. REST: A Performance Comparison for Mobile Educational Applications", *the XIII Brazilian Symposium*, pp. 23–27. DOI: 10.1145/3357141.3357149 (in English).
 31. Rodriguez, C., Baez, M., Daniel, F., & Casati, F. (2022). "REST APIs: A Large-Scale Analysis of Compliance with Principles and Best Practices", *International Conference on Web Engineering*, pp. 345–359. DOI: 10.1007/978-3-319-38791-8_2 (in English).
 32. Inocencio, F. (2018). "Using Gamification in Education: A Systematic Literature Review", *International Conference on Information Systems (ICIS) 2018*, San Francisco, CA, USA, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.17471/2499-4324/1335> (in English).
 33. Wittern, E., Cha, A., & Laredo, J. (2018). "Generating GraphQL-Wrappers for REST(-like) APIs", *International Conference on Web Engineering*, pp. 65–83. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1809.08319> (in English).

Вклад авторов

И. Р. Усамов – обоснование актуальности темы использования GraphQL API при разработке клиент-серверных приложений для образовательных, анализ литературы по проблеме использования GraphQL API при разработке клиент-серверных приложений для образовательных.

Х. Н. Тарамов – обработка материала, собранного в рамках исследования зарубежной и отечественной литературы.

Contribution of the authors

I. R. Usamov – justification of the relevance of the topic of using GraphQL API in the development of client-server applications in education, analysis of literature on the problem of using GraphQL API in the development of client-server applications in education.

H. N. Taramov – processing of the material collected in the framework of the study of foreign and domestic literature.