

**Оценка эффективности реализации STEM-проектов
в процессе формирования
ключевых компетенций учащихся
при различных формах обучения**
**Assessment of the effectiveness
of the STEM projects implementation
in the process of developing key competences among students
in various forms of education**

Автор статьи

Щеглов Андрей Алексеевич,
аспирант ФГАОУ ВО «Белгородский государственный
научно-исследовательский университет»; учитель
ОГБОУ «Лицей № 9 города Белгорода» Белгородской
области, г. Белгород, Российская Федерация
sheglovv1998@mail.ru
ORCID: 0009-0009-9238-7188

Author of the article

Andrey A. Shcheglov,
Postgraduate Student, Belgorod State National Research
University; Teacher, Lyceum No. 9, Belgorod, Russian
Federation
sheglovv1998@mail.ru
ORCID: 0009-0009-9238-7188

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Для цитирования

Щеглов А. А. Оценка эффективности реализации STEM-проектов в процессе формирования ключевых компетенций учащихся при различных формах обучения // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2026. – № 06. – С. 53–71. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261142.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11142

For citation

Andrey A. Shcheglov, Assessment of the effectiveness of the STEM projects implementation in the process of developing key competences among students in various forms of education // Scientific-methodological electronic journal "Koncept". – 2026. – No. 06. – P. 53–71. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261142.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11142

Поступила в редакцию <i>Received</i>	28.02.26	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	07.05.26
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	07.05.26	Опубликована <i>Published</i>	30.06.26



Аннотация

Цифровая трансформация образовательной системы актуализирует необходимость формирования у обучающихся компетенций XXI века посредством инновационных педагогических технологий, среди которых особое место занимает STEM-образование. В то же время сравнительная эффективность урочной и внеурочной форм реализации STEM-проектов в развитии ключевых компетенций школьников остается недостаточно обоснованной, что определяет актуальность настоящего исследования. Цель статьи заключается в сравнительном анализе эффективности урочной и внеурочной форм реализации STEM-проектов в процессе формирования ключевых компетенций обучающихся основной школы. Ведущим методом исследования выступает педагогический эксперимент, проведенный на выборке из 65 учащихся восьмых классов, разделенных на три группы: две экспериментальные и одну контрольную. Первая экспериментальная группа осваивала STEM-технологии в урочной форме на занятиях по географии. Вторая включалась во внеурочную проектно-исследовательскую деятельность. Контрольная группа обучалась по традиционной методике. Диагностика сформированности компетенций осуществлялась по методике А. В. Пашкевича, опирающейся на классификацию семи групп ключевых компетенций, выделенных А. В. Хуторским. Статистическая обработка данных выполнялась с использованием непараметрического U-критерия Манна – Уитни при уровне значимости $p < 0,05$. Полученные результаты продемонстрировали статистически значимое превосходство STEM-подхода над традиционными методами обучения: в первой экспериментальной группе интегральный показатель компетентности увеличился с 0,42 до 0,51, во второй – с 0,44 до 0,67, что отражает переход на продвинутый уровень, тогда как в контрольной группе зафиксированы минимальные значения. В экспериментальной группе (внеурочная деятельность) были реализованы инновационные STEM-проекты практической направленности (PharmaHops, Radiance, разработка мультимодального транспортного хаба и др.). Показано, что внеурочная форма реализации STEM-проектов обеспечивает более выраженную динамику развития ключевых компетенций по сравнению с урочной за счет большей свободы в выборе содержания и методов, отсутствия жестких временных рамок и возможностей полноценного междисциплинарного взаимодействия. Теоретическая значимость работы состоит в развитии компетентного подхода и уточнении научных представлений об эффективности различных форм STEM-образования. Практическая значимость определяется разработкой научно обоснованных рекомендаций по оптимизации образовательного процесса через приоритетное развитие внеурочной STEM-деятельности, создание соответствующей материально-технической базы и повышение квалификации педагогов в области междисциплинарного обучения.

Ключевые слова

STEM-образование, ключевые компетенции, компетентностный подход, педагогический эксперимент, проектно-исследовательская деятельность, урочная и внеурочная деятельность

Благодарности

Авторы выражают благодарность администрации и педагогическому коллективу ОГБОУ «Лицей № 9 г. Белгорода» за предоставление базы для проведения педагогического эксперимента и активное содействие в его организации. Автор также выражает признательность научному руководителю – доценту, доктору педагогических наук Елене Николаевне Кролевецкой за оказание методической помощи и консультации по организационным вопросам педагогического исследования.

Abstract

The digital transformation of the education system has led to the need for students to acquire 21st-century skills through innovative pedagogical approaches, among which STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education occupies a special place. However, the comparative effectiveness of traditional and extracurricular STEM projects in developing key skills among schoolchildren is still not well justified. This study aims to investigate the effectiveness of these two approaches in fostering core competences among secondary school students. This article aims to compare the impact of regular and extra-curricular STEM project-based learning on the development of essential skills among eighth-grade students. The experiment was conducted on a group of 65 students, divided into three groups: two experimental groups and one control group. The first experimental group learned STEM technologies in regular geography lessons, while the second group participated in extracurricular design and research activities. The control group was taught using traditional methods. The competence development was assessed using the method worked out by A.V. Pashkevich and based on the classification of key competences proposed by A.V. Khutorskoy. Statistical data processing was done using the Mann-Whitney U-test with a significance level of $p < 0.05$. The results showed that the STEM approach was significantly better than traditional teaching methods. In the first experimental group, the integrated competence index increased from 0.42 to 0.51. In the second group, it went from 0.44 to 0.67. This indicates a transition to an advanced level. The control group showed the lowest results. In the extracurricular experimental group, innovative practice-oriented STEM projects were implemented («PharmaHops», «Radiance», a multimodal transport hub design, and others), several of which received recognition at regional and federal competitions. It has been shown that the extracurricular implementation of STEM projects leads to a more pronounced development of key skills compared to regular classes due to the greater freedom in selecting content and methods, as well as the absence of strict time limits and opportunities for interdisciplinary interaction. The theoretical importance of this study lies in the development of a competence-based approach and the clarification of scientific ideas regarding the effectiveness of different forms of STEM education. The practical significance of the study lies in the development of evidence-based recommendations for optimizing the educational process. These recommendations focus on the prioritization of extracurricular STEM activities, the establishment of a suitable material and technical framework, and the professional development of teachers in the field of interdisciplinary instruction.

Key words

STEM education, key competences, competence-based approach, pedagogical experiment, project-based and research activities, classroom and extracurricular activities

Acknowledgements

The authors express their gratitude to the administration and teaching staff of Lyceum No. 9 in Belgorod for providing a base for conducting the pedagogical experiment and actively assisting in its organization. The author also expresses his gratitude to the scientific supervisor, Associate Professor and Doctor of Pedagogical Sciences Elena N. Krolevetskaya, for providing methodological assistance and consulting on the organizational aspects of the pedagogical research.

Введение / Introduction

Цифровая трансформация общества, по мнению А. А. Щеглова и Е. Н. Кролевецкой, требует от системы образования подготовки специалистов с развитыми компетенциями XXI века [1]. А. А. Щеглов считает, что STEM-образование («S» – наука, «T» – технологии, «E» – инженерия, «M» – математика) представляет собой перспективный подход к решению данной задачи, однако эффективность различных форм его реализации остается недостаточно изученной [2]. Цель данного исследования заключается в сравнительном анализе эффективности различных организационных форм STEM-образования (в урочной и внеурочной деятельности), которые, по мнению Е. Н. Кролевецкой, обладают разным потенциалом в формировании ключевых компетенций обучающихся [3].

М. Г. Успаева утверждает, что STEM-образование базируется на междисциплинарном подходе к обучению и ориентировано на решение практических задач с применением знаний из различных предметных областей [4]. Методологическая основа STEM-подхода предполагает использование проектно-исследовательской деятельности, способствующей формированию критического мышления, креативности и коммуникативных навыков. Данный подход, по мнению Т. М. Чурековой, характеризуется установлением тесной взаимосвязи между теоретическими знаниями и их практическим применением в реальных жизненных ситуациях [5].

Научная новизна исследования состоит в разработке методики сравнительной оценки эффективности урочной и внеурочной организации STEM-обучения с использованием проектно-исследовательской деятельности (метода проектов), ориентированной на формирование ключевых компетенций обучающихся, которые в исследованиях А. А. Щеглова зарекомендовали себя как эффективный инструмент в достижении метапредметных результатов обучения [6]. Практическая значимость определяется возможностью использования образовательными организациями полученных результатов для выбора оптимальных организационных форм STEM-образования с учетом специфики образовательной среды, целевых групп обучающихся, текущего уровня материально-технического оснащения, уровня квалификации и уровня компетентностей кадрового состава в сфере проектного управления.

Обзор литературы / Literature review

Проблема формирования ключевых компетенций обучающихся средствами STEM-образования находится в фокусе внимания отечественных и зарубежных исследователей на протяжении последнего десятилетия. В российской педагогической науке теоретико-методологические основы данной проблематики разработаны в рамках компетентностного подхода и междисциплинарной интеграции.

Э. Ф. Зеер в своей работе, посвященной компетентностному подходу в образовании, обосновывает необходимость перехода от знаниевой парадигмы к формированию у обучающихся целостных компетенций, включающих когнитивный, деятельностный и ценностно-мотивационный компоненты. Исследователь подчеркивает, что компетентностный подход обеспечивает интеграцию теоретического знания с практическим опытом решения реальных задач, что принципиально важно для понимания механизмов STEM-обучения [7]. Данная позиция созвучна ранее сформулированной А. В. Хуторским классификации семи групп ключевых компетенций (ценностно-смысловых, общекультурных, учебно-познавательных, информационных, коммуникативных, социально-трудовых и компетенций личностного самосовершенствования), которая используется в

настоящем исследовании в качестве диагностической рамки. А. В. Хуторской рассматривает ключевые компетенции как метапредметные образовательные результаты, формируемые в условиях деятельностного обучения [8]. Б. М. Лахова обращает внимание на то, что компетентностный подход в современном образовании выступает необходимым условием модернизации образовательного процесса и требует системного пересмотра целей и содержания обучения [9].

Диагностический аппарат исследования опирается на методику А. В. Пашкевича, разработавшего систему мониторинга уровня сформированности ключевых компетенций школьников. Пашкевич предложил алгоритм расчета интегрального показателя компетентности на основе экспертной оценки семи групп компетенций, что позволяет получить количественную характеристику динамики развития учащихся в ходе педагогического эксперимента [10]. М. Г. Успаева, анализируя STEM-образование как междисциплинарный подход к подготовке кадров будущего, показывает, что интеграция естественно-научных, технологических, инженерных и математических дисциплин создает условия для развития проектного и исследовательского мышления учащихся, однако отмечает дефицит эмпирических данных о сравнительной эффективности различных организационных форм реализации STEM-проектов [11]. И. Н. Попова, исследуя взаимосвязь учебной и внеурочной деятельности, обращает внимание на то, что внеурочные формы организации образовательного процесса обладают значительным потенциалом для реализации метапредметного содержания, поскольку обеспечивают большую свободу в выборе тематики, методов и темпа деятельности по сравнению с урочной системой [12]. Р. А. Ивченко, развивая идеи формирования универсальных учебных действий, подчеркивает, что метапредметные результаты обучения наиболее эффективно достигаются при использовании интегративных педагогических технологий, к которым относится и STEM-подход [13].

Отдельного внимания заслуживает развитие отечественных исследований оценки эффективности STEM-программ. А. В. Филькина и Д. С. Клевцов в обзоре исследовательских стратегий проанализировали подходы к оценке эффективности мероприятий по вовлечению школьников в науку (STEM) в контексте концепции вовлеченности и мотивационных теорий, выделив ключевые методологические ограничения существующих исследований [14]. П. И. Никитин предложил модель реализации технологии STEM-обучения, апробированную в системе профессиональной подготовки, демонстрируя универсальность STEM-подхода для различных уровней образования [15]. Н. В. Жукова исследовала STEM-обучение во внеурочной деятельности как средство развития исследовательских компетенций и повышения уровня вовлеченности обучающихся в процесс изучения естественных наук, подтвердив положительное влияние внеурочных STEM-программ на мотивацию и учебные достижения школьников [16].

В зарубежной науке вопросы влияния STEM-образования на формирование компетенций учащихся разрабатываются преимущественно в контексте проектного обучения и развития навыков XXI века. Вэйпин Ху и Сипей Го в статье, опубликованной в журнале *Frontiers in Education*, предложили концептуальную рамку проектирования STEM-куррикулума, ориентированного на развитие ключевых компетенций. Авторы выделяют STEM-компетенции (критическое мышление, креативность, коммуникацию и коллаборацию) в качестве целевого ориентира проектирования учебных программ и обосновывают трехуровневую модель обучения: «учись мыслить – учись исследовать – учись создавать» [17]. Синь Цао, Хунлэй Лу, Цянь Ву и Йен Сю

выполнили масштабный метаанализ 66 экспериментальных и квазиэкспериментальных исследований эффективности STEM-образования. Результаты показали умеренный положительный эффект STEM-обучения на результаты учащихся ($d = 0,46$; $p < 0,0001$), причем наибольший эффект зафиксирован на уровне средней школы в когнитивной области ($d = 0,58$), что подтверждает целесообразность внедрения STEM-подхода именно в основном общем образовании [18].

С. Сухерман и Т. Видакович в квазиэкспериментальном исследовании с участием 77 учащихся средней школы установили, что STEM-интервенции на протяжении пяти недель значительно повышают показатели креативного мышления и формируют позитивное отношение к вычислительному мышлению. С помощью структурированного моделирования (SEM) авторы продемонстрировали, что STEM-установки прямо влияют на вычислительное мышление, а креативное мышление выступает медиатором этого влияния [19]. Н. Ф. Рашед, исследуя роль внеурочной STEM-деятельности в японских технологических колледжах, на основе качественного анализа полуструктурированных интервью с двенадцатью студентами показала, что внеурочные исследовательские проекты формируют уверенность, любопытство и интерес к STEM-карьере. Студенты отмечали, что автономия в выборе исследовательской тематики делает индивидуальные проекты более вовлекающими, чем групповая работа или традиционное обучение [20]. Ч. Хан, Т. Келли и Дж. Д. Ноулз исследовали устойчивость интегрированного STEM-обучения после завершения финансируемой программы TRAILS. Авторы установили, что дети, обучавшиеся в парах «учитель естественных наук – учитель инженерных технологий», продемонстрировали значимо более высокий прирост STEM-знаний по сравнению с теми, кого обучал один педагог. При этом учащиеся показали рост уверенности в навыках критического мышления, что измерялось специально разработанными опросниками [21].

Значительный вклад в понимание механизмов проектного обучения в контексте STEM вносят исследования последних лет. Ф. Аль-Камзари и Н. Алиас провели систематический обзор литературы по проектному обучению в курсе физики средней школы, установив, что 85% рассмотренных исследований не затрагивали теоретических основ проектного обучения, а лишь 48% включали все семь ключевых элементов данного подхода, что указывает на необходимость более строго методологического обоснования STEM-практик [22]. Ненкен Квон и Юджин Ли в метаанализе влияния STEM-проектного обучения на креативность выявили значительный общий размер эффекта ($d = 3,888$; 95% CI [3,609; 4,166]), подтверждающий положительное влияние данного подхода на развитие творческих способностей учащихся [23]. Квазиэкспериментальное исследование с участием 300 учащихся 12-х классов, проведенное в трех школах Калифорнии, продемонстрировало значительную вариативность результатов STEM-интервенций в зависимости от школьного контекста, при этом наибольший эффект был зафиксирован в области академической успеваемости и вовлеченности обучающихся [24]. Группа ученых под руководством А. Листияны исследовала реализацию STEM-ориентированной стратегии обучения для формирования естественно-научной грамотности учащихся начальной школы, показав позитивное влияние интегративного подхода на базовые научные навыки [25]. Х. Пратама, Й. Д. Пуспитасари и Т. В. Мадуретно, изучая формирование естественно-научной грамотности через модель STEM-проектного обучения, подтвердили, что проектная деятельность способствует развитию научного мышления и повышению качества образовательных результатов [26].

Таким образом, анализ отечественной и зарубежной литературы позволяет констатировать, что STEM-образование признается эффективным инструментом развития ключевых компетенций учащихся как в когнитивной, так и в некогнитивной сферах. Вместе с тем обнаруживается существенный исследовательский пробел: подавляющее большинство работ рассматривают STEM-подход как единое целое, не дифференцируя организационные формы его реализации. Вопрос сравнительной эффективности урочной и внеурочной форм реализации STEM-проектов в отечественной педагогике до настоящего времени не получил достаточного эмпирического обоснования, что определяет научную новизну и актуальность настоящего исследования.

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

Методологической базой исследования выступили компетентностный подход и STEM-подход в образовании.

Компетентностный подход представляет собой образовательную парадигму, в основе которой лежит концепция формирования у обучающихся определенного набора компетенций как интегративных характеристик личности, включающих знания, умения, навыки, способности и личностные качества [27]. Данный подход обеспечивает переход от традиционной модели «знания – умения – навыки» к деятельностной модели образования, ориентированной на подготовку специалистов, готовых к профессиональной деятельности в современных изменяющихся реалиях [28].

Теоретико-методологические основы компетентностного подхода в отечественной педагогике получили развитие в работах А. В. Хуторского, который предложил классификацию ключевых компетенций, включающую семь групп: ценностно-смысловые, общекультурные, учебно-познавательные, информационные, коммуникативные, социально-трудовые, компетенции личностного самосовершенствования [29]. Данная классификация получила широкое признание в научно-педагогическом сообществе и используется нами в качестве основы для разработки диагностических инструментов оценки сформированности компетенций.

Современные исследования в области компетентностного подхода подчеркивают необходимость комплексного учета всех составляющих компетенции при ее диагностике, включая операционный (знания и умения), мотивационно-ценностный и поведенческий (опыт деятельности) компоненты [30]. Такой многокомпонентный подход обеспечивает объективную оценку уровня сформированности компетенций и позволяет выявить направления для дальнейшего развития образовательного процесса. И. Д. Нежнова, развивая проблематику диагностики компетенций, предложила концепцию тестирования ключевых компетенций выпускников, которая дополняет используемый в настоящем исследовании инструментарий [31].

В исследованиях О. А. Ульяниной еще раз подтверждается тезис о том, что STEM-подход в образовании представляет собой интегративный подход к обучению, основанный на применении междисциплинарных и практико-ориентированных методов для решения комплексных задач. Исследования автора об историческом генезисе STEM-образования отмечают тот факт, что концептуальные основы STEM-образования были заложены в середине XX века в США и получили активное развитие в начале XXI века в связи с необходимостью подготовки высококвалифицированных специалистов в области высоких технологий [32].

А. А. Щеглов в своих исследованиях о педагогическом потенциале STEM-образования отмечает его способность обеспечивать формирование у обучаю-

щихся не только предметных знаний, но и универсальных учебных действий, включая критическое мышление, креативность, коммуникабельность и способность к кооперации [33]. Данные компетенции соответствуют требованиям современных федеральных государственных образовательных стандартов и являются ключевыми для успешной адаптации в цифровом обществе [34].

Методологические особенности STEM-образования предполагают использование проектно-исследовательской деятельности как основной формы организации образовательного процесса. В рамках данного подхода обучающиеся выступают активными субъектами образовательной деятельности, самостоятельно формулируют проблемы, выдвигают гипотезы, планируют и реализуют исследования, анализируют полученные результаты и формулируют выводы. Подобная организация учебного процесса согласуется с позицией И. А. Зимней, которая рассматривает компетентность как результат образования, формируемый исключительно в условиях активной, самостоятельной и осознанной деятельности самого обучающегося [35].

Реализация STEM-технологий в образовательном процессе может осуществляться в различных формах организации учебной деятельности, каждая из которых обладает специфическими возможностями и ограничениями. Урочная форма характеризуется определенными временными рамками, жесткой структурой и необходимостью соответствия требованиям учебных программ, что может ограничивать возможности полной реализации STEM-технологий. Роль STEM-лаборатории в преодолении данных ограничений рассмотрена в контексте образовательной коммуникации в работе А. А. Щеглова, Е. Н. Кролевецкой и Я. О. Томащук [36].

Внеурочная деятельность, напротив, предоставляет большую свободу в выборе содержания, методов и форм работы, что создает благоприятные условия для реализации междисциплинарного подхода и развития творческого потенциала обучающихся [37]. Отсутствие жестких программных ограничений позволяет обучающимся самостоятельно определять направления исследовательской деятельности и реализовывать собственные образовательные интересы.

Эффективность различных форм организации STEM-образования, по мнению Т. Л. Шапошниковой, является предметом активных научных дискуссий [38] и требует эмпирической верификации на основе проведения специально организованных педагогических экспериментов с применением методов статистической обработки данных.

Для решения поставленных исследовательских задач был организован педагогический эксперимент, основанный на сравнительном анализе эффективности различных подходов к формированию ключевых компетенций обучающихся. Структура и этапы педагогического эксперимента определялись в соответствии с методологическими рекомендациями, изложенными в трудах А. В. Гришина [39]. Экспериментальной базой исследования выступил ОГБОУ «Лицей № 9 города Белгорода» Белгородской области, что обеспечило контроль внешних факторов и повысило внутреннюю валидность эксперимента.

Временные рамки педагогического эксперимента охватывали 2024/2025 учебный год, что позволило осуществить комплексное исследование и всесторонний анализ рассматриваемого явления. Выбор указанного временного интервала был обусловлен стремлением обеспечить репрезентативность полученных результатов и достоверность сделанных выводов.

В рамках исследования были сформированы три группы из числа учащихся 8-х классов: две экспериментальные группы и одна контрольная группа. Первая экспериментальная группа (8 «А» класс, $n = 26$) участвовала в реализации STEM-

технологий в урочной форме на уроках географии. Вторая экспериментальная группа (8 «Б» класс, n = 14) была задействована в реализации STEM-подхода во внеурочной деятельности. Контрольная группа (8 «В» класс, n = 25) обучалась по традиционной методике без применения STEM-технологий. Прочие характеристики экспериментальных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики экспериментальных групп

Показатель	1-я группа (урочная)	2-я группа (внеурочная)	Контрольная группа
Количество	26 человек	14 человек	25 человек
Средний возраст	14,2 года	14,1 года	14,2 года
Гендерный состав	Юноши – 14 чел. Девушки – 12 чел.	Юноши – 9 чел. Девушки – 5 чел.	Юноши – 12 чел. Девушки – 13 чел.
Средний балл по профильным предметам (STEM-дисциплины)	Математика – 3,9 Физика – 3,9 Информатика – 4,2 Химия – 4,0 Биология – 4,4 География – 4,5	Математика – 4,1 Физика – 4,0 Информатика – 4,1 Химия – 4,1 Биология – 4,4 География – 4,6	Математика – 4,1 Физика – 4,2 Информатика – 4,5 Химия – 4,2 Биология – 4,6 География – 4,5

Для оценки исходного уровня развития ключевых компетенций и мониторинга их динамики в процессе эксперимента были применены диагностические инструменты, разработанные А. В. Пашкевичем в рамках методики «Мониторинг сформированности ключевых компетенций». Данная методика базируется на концепции семи групп ключевых компетенций, предложенной А. В. Хуторским, и обеспечивает комплексную оценку различных аспектов компетентности обучающихся.

Для обеспечения сопоставимости результатов и возможности проведения статистического анализа полученные данные подвергались процедуре нормализации с использованием унифицированного подхода к оценке компетентности, разработанного авторским коллективом Кубанского государственного технологического университета. Данный подход предполагает выделение шести уровней компетентности личности: выживания (А1), предпорогового (А2), порогового (В1), продвинутого (В2), профессионального владения (С1), мастерства (С2).

Нормализация данных осуществлялась по следующей формуле:

$$K_n = \frac{(x - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))}$$

где K_n – нормализованное значение ключевой компетенции; x – количество баллов, набранных респондентом; $\min(x)$ – минимальное количество баллов, соответствующее выбранной методике; $\max(x)$ – максимальное количество баллов, соответствующее выбранной методике.

Интегральный показатель общей компетентности рассчитывался по формуле:

$$\Sigma = \frac{(K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7)}{7}$$

где Σ – интегральное значение общей компетентности личности, $K_1 \dots K_7$ – нормализованные значения ключевых компетенций.

Для обеспечения научной достоверности полученных результатов и проверки выдвинутых гипотез был применен непараметрический критерий Манна – Уитни, который является оптимальным для сравнения двух независимых выборок по уровню выраженности признака [40]. Данный метод не требует нормального распределения данных и позволяет получить объективные результаты при работе с малыми выборками.

Критерий Манна – Уитни вычислялся по формуле:

$$U = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1,$$

где n_1 и n_2 – объему сравниваемых выборок, R_1 – сумма рангов в первой выборке.

Статистическая значимость различий оценивалась на уровне $p < 0,05$, что соответствует принятым в педагогических исследованиях стандартам надежности результатов.

Исследование проводилось с соблюдением этических принципов работы с несовершеннолетними. Получено информированное согласие с родителей или законных представителей на участие обучающихся в педагогическом эксперименте. Обеспечена конфиденциальность персональных данных участников исследования.

Результаты исследования / Research results

Первичная диагностика сформированности ключевых компетенций участников эксперимента, проведенная в начале 2024/2025 учебного года, позволила установить базовый уровень развития исследуемых показателей. Анализ полученных данных свидетельствует об относительно равномерном распределении уровней компетентности среди участников различных групп, что подтверждает корректность формирования экспериментальных выборок.

В первой экспериментальной группе (урочная форма STEM-обучения) интегральный показатель общей компетентности составил в среднем 0,42, что соответствует предпороговому уровню (A2) согласно принятой классификации. Во второй экспериментальной группе (внеурочная форма STEM-обучения) данный показатель составил 0,44, также соответствуя предпороговому уровню. В контрольной группе средний интегральный показатель составил 0,41, что указывает на сопоставимость исходных данных эксперимента.

Детальный анализ сформированности отдельных групп компетенций выявил наиболее проблемные области развития обучающихся. Наименьшие показатели были зафиксированы в области информационных компетенций и компетенций личностного самосовершенствования, что актуализирует необходимость целенаправленной работы по их развитию в рамках образовательного процесса. Данный результат согласуется с выводами Л. Р. Халиуллиной о недостаточной сформированности компонентов естественно-научной грамотности у обучающихся [41].

Реализация STEM-обучения в урочной форме осуществлялась через модификацию традиционной структуры урока географии:

- Этап актуализации (5 минут) – постановка междисциплинарной проблемы.
- Исследовательский этап (25 минут) – работа с данными из различных источников (географических, химических, физических и т. д.), установление межпредметных связей через призму изучаемого материала (темы урока).
- Этап синтеза (10 минут) – формулирование выводов и презентация результатов.

Примеры реализации STEM-проектов в урочной форме обучения на уроках географии:

- «Влияние химического состава почв на сельскохозяйственную специализацию региона» (интеграция предметных областей химии и географии при изучении темы «Почва. Основные типы почв. Почвообразующие факторы», УМК «Роза ветров» [42]).
- «Математическое моделирование климатических изменений» (интеграция предметных областей географии и математики при изучении темы «Климат России. Основные климатические зоны на территории Российской Федерации», УМК «Роза ветров» [43]).
- «Технологические решения для экологических проблем городской среды» (интеграция предметных областей информатики, математики и географии при изучении темы «Города России», УМК «Роза ветров» [44]).

Однако ограничения, связанные с требованиями учебной программы, временными рамками урока, количеством часов, отводимых на изучение разделов, не позволили в полной мере реализовать потенциал междисциплинарного подхода.

Внеурочная форма реализации STEM-технологий характеризовалась значительно большей свободой в выборе тематики и методов исследования. Обучающиеся второй экспериментальной группы имели возможность самостоятельно определять направления проектной деятельности, что способствовало повышению их мотивации и вовлеченности в образовательный процесс. Отсутствие жестких программных ограничений позволило реализовать подлинно междисциплинарные проекты, объединяющие знания из различных областей науки и техники.

Среди наиболее значимых проектов, реализованных во второй экспериментальной группе, следует отметить:

- Проект PharmaHops – создание умной фермы для выращивания хмеля для фармацевтической промышленности в Белгородской области.
- Разработка динамических медианосителей и использование адаптивного динамического брэндинга (айдентики) для коммерческого предприятия.
- Создание 3D-шоурума с интеграцией системы виртуальной примерки одежды.
- Разработка мультимодального транспортного хаба для Белгорода.
- Создание приложения навигации по спортивной инфраструктуре Белгорода.
- Инвест-проект Radiance – разработка многофункционального домашнего генератора электроэнергии для труднодоступных и удаленных населенных пунктов и т. д.

Другие раскрывающие организационные и предметные особенности характеристики STEM-проектов, реализованных со второй экспериментальной группой (внеурочная деятельность), представлены в табл. 2.

Данные проекты демонстрируют высокий уровень креативности и практической направленности исследовательской деятельности обучающихся. Многие работы были высоко оценены на различных областных и федеральных конкурсах проектно-исследовательских работ обучающихся, а инвест-проект Radiance был отмечен экспертами государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» с приглашением обучающегося на летнюю стажировку в Нововоронежскую атомную электростанцию.

Повторная диагностика, проведенная по завершении формирующего этапа эксперимента, выявила статистически значимые изменения в уровне сформированности ключевых компетенций участников экспериментальных групп. В первой экспериментальной группе (урочная форма) интегральный показатель увеличился с 0,42 до 0,51, что свидетельствует о переходе на пороговый уровень (B1). Прирост составил 21,4%, что является статистически значимым улучшением.

Таблица 2

Характеристики STEM-проектов внеурочной группы

Название проекта	Интегрируемые дисциплины	Продолжительность, месяцы	Результат
PharmaHops	Биология, химия, экономика, IT	6	Бизнес-план «умной» фермы
AI-брендинг	Информатика, математика, дизайн	5	AI-блокчейн для адаптации рекламы к текущим погодным условиям
3D-шоурум	Информатика, дизайн, математика	4	Программное приложение (чат-бот Telegram) для коммуникации с клиентом
Мультимодальный транспортный хаб	Информатика, математика, география	6	Проект интеграции различных видов транспорта в единую систему пассажирских перевозок в Белгороде
Город Спорта31	Информатика, география	7	Навигационное приложение по спортивной инфраструктуре Белгорода
Radiance	Физика, математика, инженерия	8	Прототип мобильного генератора

Во второй экспериментальной группе (внеурочная форма) наблюдалась еще более выраженная положительная динамика: интегральный показатель увеличился с 0,44 до 0,67, что соответствует продвинутому уровню (B2). Прирост составил 52,3%, что существенно превышает показатели первой экспериментальной группы и свидетельствует о высокой эффективности внеурочной формы реализации STEM-технологий.

В контрольной группе, обучавшейся по традиционной методике, изменения были минимальными: интегральный показатель увеличился с 0,41 до 0,43, что составляет прирост всего 4,9% и не является статистически значимым изменением (табл. 3).

Таблица 3

Динамика интегрального показателя компетентности

Группа	Исходный уровень	Итоговый уровень	Прирост (%)	Уровень значимости
1-я (урочная)	0,42±0,05	0,51±0,06	21,4	p < 0,05
2-я (внеурочная)	0,44±0,04	0,67±0,07	52,3	p < 0,01
Контрольная	0,41±0,05	0,43±0,05	4,9	p > 0,05

Для подтверждения достоверности полученных результатов и проверки выдвинутых гипотез был применен U-критерий Манна – Уитни. Сравнение результатов первой и второй экспериментальных групп позволило проверить гипотезу о превосходстве внеурочной формы реализации STEM-технологий над урочной формой.

В процессе статистической обработки данных была произведена процедура ранжирования показателей учащихся по коэффициенту сформированности компетентности. Общая сумма рангов составила 820, что соответствует расчетной сумме.

Ранговая сумма для первой экспериментальной группы составила 358, для второй экспериментальной группы – 462. Более высокая ранговая сумма во второй группе указывает на превосходство данной выборки по уровню сформированности ключевых компетенций.

Эмпирическое значение критерия U составило 7, что меньше критического значения 15 для выборок объемом 26 и 14 при уровне значимости $p < 0,05$. Поскольку $U_{эм.} \leq U_{кр.}$, нулевая гипотеза отклоняется в пользу альтернативной гипотезы о статистически значимом превосходстве второй экспериментальной группы над первой.

Для полноты статистического обоснования были проведены аналогичные попарные сравнения экспериментальных групп с контрольной группой.

Сравнение первой экспериментальной группы с контрольной группой. Процедура ранжирования итоговых показателей сформированности ключевых компетенций учащихся первой экспериментальной группы ($n_1 = 26$) и контрольной группы ($n_2 = 25$) дала общую сумму рангов равную 1326. Ранговая сумма для первой экспериментальной группы составила $R_1 = 903$, для контрольной группы – $R_2 = 423$. Эмпирическое значение критерия ($U_{эм.}$) составило 98. Критическое значение для данных объемов выборок при уровне значимости $p < 0,05$ составляет $U_{кр.} = 221$ (нормальная аппроксимация). Поскольку $U_{эм.} = 98 \leq U_{кр.} = 221$, нулевая гипотеза отклоняется: первая экспериментальная группа статистически значимо превосходит контрольную группу по уровню сформированности ключевых компетенций ($p < 0,01$).

Сравнение второй экспериментальной группы с контрольной группой. Аналогичная процедура ранжирования итоговых показателей второй экспериментальной группы ($n_1 = 14$) и контрольной группы ($n_2 = 25$) дала общую сумму рангов равную 780. Ранговая сумма для второй экспериментальной группы составила $R_1 = 455$, для контрольной группы – $R_2 = 325$. Эмпирическое значение критерия ($U_{эм.}$) составило 0. Критическое значение для данных объемов выборок при уровне значимости $p < 0,05$ составляет $U_{кр.} = 108$ (нормальная аппроксимация). Поскольку $U_{эм.} = 0 \leq U_{кр.} = 108$, нулевая гипотеза отклоняется: вторая экспериментальная группа статистически значимо превосходит контрольную группу ($p < 0,01$). Значение $U_{эм.} = 0$ свидетельствует о полном отсутствии перекрытия ранговых распределений между группами, что отражает существенный разрыв в итоговых показателях компетентности ($0,67 \pm 0,07$ против $0,43 \pm 0,05$). Результаты всех попарных сравнений систематизированы в табл. 4.

Таблица 4

Результаты попарного сравнения групп по U-критерию Манна - Уитни

Сравниваемые группы	n_1	n_2	R_1	R_2	$U_{эм.}$	$U_{кр.}$ ($p < 0,05$)	Уровень значимости
1-я (урочная) vs 2-я (внеурочная)	26	14	358	462	7	107	$p < 0,01$
1-я (урочная) vs контрольная	26	25	903	423	98	221	$p < 0,01$
2-я (внеурочная) vs контрольная	14	25	455	325	0	108	$p < 0,01$

Таким образом, все три попарных сравнения демонстрируют статистические значимые различия на уровне $p < 0,01$. Полученные данные позволяют констатировать, что обе экспериментальные группы статистически значимо превосходят контрольную группу по итоговому уровню сформированности ключевых компетенций,

что подтверждает эффективность STEM-подхода по сравнению с традиционными методами обучения. При этом наиболее выраженный эффект зафиксирован при сравнении второй экспериментальной группы (внеурочная форма) как с контрольной группой ($U_{эм.} = 0, p < 0,01$), так и с первой экспериментальной группой ($U_{эм.} = 7, p < 0,01$), что статистически обосновывает превосходство внеурочной формы реализации STEM-проектов.

Полученные результаты исследования подтверждают эффективность STEM-подхода в формировании ключевых компетенций обучающихся и позволяют сделать важные выводы о влиянии различных форм организации образовательного процесса на достижение образовательных результатов. Статистически значимое улучшение показателей в обеих экспериментальных группах по сравнению с контрольной группой свидетельствует о педагогическом потенциале STEM-технологий над урочной формой. Данное обстоятельство может быть объяснено рядом факторов, включая большую свободу в выборе содержания и методов обучения, отсутствие жестких временных ограничений, возможность реализации подлинно междисциплинарного подхода и повышенную мотивацию обучающихся к участию в проектной деятельности. Кроме того, респонденты второй экспериментальной группы продемонстрировали значительный рост уровня сформированности рассматриваемых ключевых компетенций. Статистические изменения представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты по отдельным группам компетенций (внеурочная группа), %

Компетенция	Исходный уровень	Итоговый уровень	Прирост
Ценностно-смысловые	61,2	77,8	+16,6
Общекультурные	73,1	91,9	+18,8
Учебно-познавательные	64,1	89,6	+25,5
Информационные	64,1	87,2	+23,1
Коммуникативные	68,4	87,2	+18,8
Социально-трудовые	68,4	89,5	+21,1
Личностного самосовершенствования	66,0	82,5	+16,5

Анализ тематики проектов, реализованных во второй экспериментальной группе, демонстрирует высокий уровень практической направленности и социальной значимости исследовательской деятельности обучающихся. Проекты характеризуются инновационностью, междисциплинарностью и ориентацией на решение актуальных проблем современного общества, что способствует формированию у обучающихся целостного представления о взаимосвязи различных областей знания и их практическом применении.

Полученные результаты согласуются с современными тенденциями развития STEM-образования в мировой практике, рассмотренными А. А. Марголисом, и подтверждают актуальность данного подхода для российской системы образования. Вместе с тем результаты исследования указывают на необходимость пересмотра традиционных форм организации образовательного процесса и создания более гибких условий для реализации потенциала STEM-технологий [45].

Ограничения данного исследования связаны со следующими условиями:

1. Локальный характер эксперимента (одно образовательное учреждение).
2. Относительно небольшой объем выборки ($n = 65$).
3. Краткосрочный период наблюдения (один учебный год).

4. Возможное влияние субъективного фактора при оценке результатов и продуктов STEM-проектов.

5. Ограниченность контроля внешних факторов, влияющих на развитие компетенций.

6. Неоднородность гендерного состава групп, однако данная особенность не является критичной для проведенного педагогического эксперимента.

Для повышения внешней валидности результатов необходимо проведение масштабных исследований с участием большого количества образовательных организаций и более продолжительными рамками наблюдения.

На основе полученных результатов исследования могут быть сформированы следующие практические рекомендации для образовательных организаций и педагогов:

1. Приоритетное развитие внеурочной деятельности как основной формы реализации STEM-технологий. Образовательным организациям рекомендуется расширить спектр внеурочных программ, ориентированных на проектно-исследовательскую деятельность с применением междисциплинарного подхода (выделение не менее четырех часов в неделю на внеурочную STEM-деятельность, создание междисциплинарных команд педагогов).

2. Создание материально-технических условий для реализации STEM-проектов, включая оснащение специализированных лабораторий, приобретение современного оборудования и программного обеспечения, обеспечение доступа к цифровым образовательным ресурсам (оборудование STEM-лабораторий с бюджетом не менее двух миллионов рублей, обеспечение доступа к профессиональному программному обеспечению, создание презентационных пространств для демонстрации проектов).

3. Повышение квалификации педагогических кадров в области STEM-технологий и проектно-исследовательской деятельности. Необходима разработка специальных программ профессионального развития, ориентированных на формирование у педагогов компетенций в области междисциплинарного обучения.

4. Разработка системы оценки эффективности STEM-образования, основанной на компетентностном подходе и включающей как количественные, так и качественные показатели образовательных достижений обучающихся (использование проектного цикла продолжительностью 4–8 месяцев, интеграция не менее трех предметных областей в каждом проекте, применение системы наставничества «педагог – ученик – эксперт»).

5. Установление партнерских отношений с предприятиями и организациями реального сектора экономики для обеспечения практической направленности STEM-проектов и создания условий для их внедрения в практику.

Заключение / Conclusion

Проведенное исследование подтверждает эффективность STEM-подхода в формировании ключевых компетенций обучающихся и демонстрирует значительный потенциал данной технологии для модернизации российского образования. Статистически значимые результаты эксперимента свидетельствуют о том, что применение STEM-технологий способствует более эффективному развитию универсальных учебных действий и практических навыков обучающихся по сравнению с традиционными методами обучения.

Особое значение имеет установленное превосходство внеурочной формы реализации STEM-технологий над урочной формой, что указывает на необходимость создания более гибких и вариативных условий для образовательной деятельности. Данный вывод

актуализирует вопросы реформирования традиционной классно-урочной системы и развития альтернативных форм организации образовательного процесса.

Результаты исследования вносят существенный вклад в развитие теории и практики компетентного подхода в образовании и могут служить основой для разработки образовательных программ нового поколения, ориентированных на подготовку специалистов для цифровой экономики. Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением долгосрочных эффектов STEM-образования, анализом его влияния на профессиональное самоопределение обучающихся и разработкой адаптивных моделей реализации STEM-технологий в различных образовательных контекстах.

Современные вызовы цифровой трансформации общества требуют кардинального пересмотра подходов к организации образовательного процесса и формированию компетенций будущих специалистов. STEM-образование представляет собой перспективный ответ на эти вызовы, обеспечивая формирование у обучающихся не только предметных знаний, но и универсальных навыков XXI века, включая критическое мышление, креативность, коммуникацию и кооперацию. Дальнейшее развитие данного направления требует консолидированных усилий научно-педагогического сообщества, образовательных организаций и органов управления образованием для создания системных условий внедрения STEM-технологий в российскую образовательную практику.

Ссылки на источники / References

1. Щеглов А. А., Кролевецкая Е. Н. Особенности становления STEM-образования в России и постсоветском пространстве: анализ развития, проблем и перспектив // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2025. – № 4(76). – С. 203.
2. Щеглов А. А. Эффективность применения междисциплинарного STEM-подхода в развитии ключевых компетенций обучающихся // Проблемы и тенденции научных преобразований в условиях трансформации общества: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (01.07.2024). – Уфа: Аэтерна, 2024. – С. 149.
3. Кролевецкая Е. Н., Щеглов А. А. STEM-подход в образовании: трансформация педагога // Педагогическое образование: вызовы XXI века: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти выдающегося ученого-педагога, академика В. А. Слостенина. – М., 2024. – С. 197.
4. Успаева М. Г. STEM-образование: междисциплинарный подход для подготовки кадров будущего // Образовательные технологии. – 2025. – № 3. – С. 47.
5. Чурекова Т. М. Компетентный подход в современном образовании как необходимость // Педагогика. – 2024. – № 8. – С. 45.
6. Щеглов А. А. STEM-подход в проектно-исследовательской деятельности обучающихся // Прогрессивные научные исследования – основа современной инновационной доктрины: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (07.02.2024). – Уфа: OMEGA SCIENCE, 2024. – С. 164.
7. Зеер Э. Ф. Компетентный подход в образовании: что он собой представляет // Образование и наука. – 2023. – № 6. – С. 115–118.
8. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования // Народное образование. – 2013. – № 2. – С. 65–66.
9. Лахова Б. М. Компетентный подход в современном образовании // Педагогическое образование и наука. – 2024. – № 2. – С. 17.
10. Пашкевич А. В. Создание мониторинга уровня сформированности ключевых компетенций учащихся школы // Эксперимент и инновации в школе. – 2011. – № 2. – С. 48–50.
11. Успаева М. Г. STEM-образование: междисциплинарный подход для подготовки кадров будущего // Образовательные технологии. – 2025. – № 3. – С. 47–52.
12. Попова И. Н. Взаимосвязь учебной и внеурочной деятельности в рамках реализации ФГОС ООО // Образование Карелии. – 2012. – № 1. – С. 57–59.
13. Ивченко Р. А. Формирование универсальных учебных действий (УУД) // Педагогический журнал. – 2024. – № 4. – С. 25.

14. Филькина А. В., Клевцов Д. С. Оценка эффективности мероприятий по вовлечению школьников в науку (STEM) в контексте концепции вовлеченности и мотивационных теорий: обзор исследовательских стратегий // Социологический журнал. – 2024. – Т. 30, № 3. – С. 78–80. DOI: 10.19181/socjour.2024.30.3.4.
15. Никитин П. И. Модель реализации технологии STEM-обучения в профессиональной подготовке курсантов ФСИН России // Научный результат. Педагогика и психология образования. – 2025. – Т. 11, № 1. – С. 42–45. DOI: 10.18413/2313-8971-2025-11-1-0-4.
16. Жукова Н. В. STEM-обучение во внеурочной деятельности как средство развития исследовательских компетенций и повышения уровня вовлеченности в процесс изучения естественных наук // Наука в мегаполисе (Science in a Megapolis). – 2025. – № 74. – URL: <https://mgpu-media.ru/issues/issue-74/psikhologopedagogicheskie-nauki/stem-obuchenie-vo-vneurochnoj-deyatelnosti-kak-sredstvo-razvitiya-issledovatel'skikh-kompetentsij-i-povysheniya-urovnya-vovlechenosti-v-protsess-izucheniya-estestvennykh-nauk.html>
17. Hu W., Guo X. Toward the development of key competencies: a conceptual framework for the STEM curriculum design and a case study // Frontiers in Education. – 2021. – Vol. 6. – Art. 684265. – P. 3–7. DOI: 10.3389/educ.2021.684265.
18. Cao X., Lu H., Wu Q., Hsu Y. Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students learning outcomes // Frontiers in Psychology. – 2025. – Vol. 16. – Art. 1579474. DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1579474.
19. Suherman S., Vidakovich T., Mujib M. et al. The role of STEM teaching in education: an empirical study to enhance creativity and computational thinking // Journal of Intelligence. – 2025. – Vol. 13, No. 7. – Art. 88. – P. 88. DOI: 10.3390/jintelligence13070088.
20. Rashed N. F. Enhancing STEM learning through extracurricular activities: insights from Japanese students // American Journal of STEM Education: Issues and Perspectives. – 2024. – Vol. 2. – P. 70–75. DOI: 10.32674/4k3bxj75.
21. Han J., Kelley T., Knowles J. G. Building a sustainable model of integrated STEM education: investigating secondary school STEM classes after an integrated STEM project // International Journal of Technology and Design Education. – 2022. – P. 5–7. DOI: 10.1007/s10798-022-09777-8.
22. Al-Kamzari F., Alias N. A systematic literature review of project-based learning in secondary school physics: theoretical foundations, design principles, and implementation strategies // Humanities and Social Sciences Communications. – 2025. – Vol. 12, No. 1. – Article 579. – P. 579. DOI: 10.1057/s41599-025-04579-4.
23. Kwon H., Lee Y. A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity // STEM Education. – 2025. – Vol. 5, No. 2. – P. 280–282. DOI: 10.3934/steme.2025014.
24. Differential Impact of STEM Education Interventions on Grade 12 Students' Academic Performance, Career Attitudes, and Engagement. – SSRN Electronic Journal. – 2024. – 87 p. – URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4907349
25. Listiyana A., Bima M. Z. A., Khusna N. et al. Implementation of STEM-oriented learning strategy toward science literacy skills in elementary school students // Journal of Environment and Sustainability Education. – 2023. – Vol. 1(1). – P. 22.
26. Pratama H., Puspitasari Y. D., Maduretno T. W. Science Literacy through STEM-Based Project Based Learning Model // Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. – 2025. – Vol. 11, No. 7. – P. 325. DOI: 10.29303/jppipa.v11i7.11306.
27. Зеер Э. Ф. Компетентностный подход в образовании: что он собой представляет. – С. 117.
28. Лахова Б. М. Компетентностный подход в современном образовании. – С. 16.
29. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования. – С. 66.
30. Ивченко Р. А. Формирование универсальных учебных действий (УУД). – С. 94.
31. Нежнова И. Д. Концепция тестирования ключевых компетенций выпускников // Вопросы образования. – 2019. – № 4. – С. 175.
32. Ульянина О. А. Компетентностный подход: идеи и принципы // Современное образование. – 2023. – № 12. – С. 93.
33. Щеглов А. А. Проектирование STEM-среды в организации общего образования // Профессионально-педагогическая культура учителя и преподавателя: теория и практика образовательной деятельности в современном обществе: сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф. (20–21.03.2025). – Белгород, 2025. – С. 304.
34. Постановление Правительства РФ от 17.02.2024 № 182 «Об утверждении Правил формирования и ведения государственной системы «Федеральная информационная система оценки качества образования». – URL: http://www.orcoko.ru/wp-content/uploads/2024/02/postanovlenie_182_17_02_2024.pdf
35. Зимняя И. А. Ключевые компетенции – новая парадигма результатов образования // Высшее образование сегодня. – 2003. – № 5. – С. 38.

36. Щеглов А. А., Кролевецкая Е. Н., Томащук Я. Ю. Оппозиция смыслов в образовательной коммуникации: какова роль STEM-лаборатории // Глобальный научный потенциал. – 2024. – № 3 (156). – С. 82.
 37. Попова И. Н. Взаимосвязь учебной и внеурочной деятельности в рамках реализации ФГОС ООО // Образование Карелии. – 2012. – № 1. – С. 59.
 38. Шапошникова Т. Л. Диагностика сформированности компетенций // Высшее образование в России. – 2015. – № 3. – С. 35.
 39. Гришин А. В. Педагогический эксперимент, его виды и этапы // Материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 241.
 40. Вексклер В. А. Использование критерия Манна – Уитни для оценивания различий групп обучающихся // Вестник СГУ. – 2025. – № 1. – С. 26.
 41. Халиуллина Л. Р. Сущностные характеристики понятия «естественнонаучная грамотность обучающихся» // Международный научно-исследовательский журнал (International Research Journal). – 2023. – № 8(134). DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.74.
 42. Федеральная рабочая программа основного общего образования по предмету «География» (для 5–9 классов образовательных организаций). – М.: Институт содержания и методом обучения им. В. С. Леднева, 2025. – 181 с.
 43. Федеральная рабочая программа основного общего образования по предмету «География» (для 5–9 классов образовательных организаций).
 44. Федеральная рабочая программа основного общего образования по предмету «География» (для 5–9 классов образовательных организаций).
 45. Марголис А. А. Новая научная грамотность: проблемы и трудности формирования // Психологическая наука и образование. – 2021. – Т. 26, № 6. – С. 12. DOI: 10.17759/pse.202160601.
-
1. Shcheglov, A. A., & Kroleveckaya, E. N. (2025). "Osobennosti stanovleniya STEM-obrazovaniya v Rossii i postsovet'skom prostranstve: analiz razvitiya, problem i perspektiv" [Characteristics of the STEM education development in Russia and the post-Soviet space: analysis of development, problems and prospects], *Uchenye zapiski. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*, № 4(76), p. 203 (in Russian).
 2. Shcheglov, A. A. (2024). "Effektivnost' primeneniya mezhdisciplinarnogo STEM-podhoda v razvitii klyuchevykh kompetencij obuchayushchihsya" [The effectiveness of applying an interdisciplinary STEM approach in developing key competences of students], *Problemy i tendencii nauchnykh preobrazovanij v usloviyah transformacii obshchestva: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (01.07.2024)*, Aeterna, Ufa, p. 149 (in Russian).
 3. Kroleveckaya, E. N., & Shcheglov, A. A. (2024). "STEM-podhod v obrazovanii: transformaciya pedagoga" [STEM Education: Transforming the Teacher], *Pedagogicheskoe obrazovanie: vyzovy XXI veka: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati vydayushchegosya uchenogo-pedagoga, akademiya V. A. Slastenina*, Moscow, p. 197 (in Russian).
 4. Uspaeva, M. G. (2025). "STEM-obrazovanie: mezhdisciplinarnyj podhod dlya podgotovki kadrov budushchego" [STEM education: an interdisciplinary approach to preparing the personnel of the future], *Obrazovatel'nye tekhnologii*, № 3, p. 47 (in Russian).
 5. Churekova, T. M. (2024). "Kompetentnostnyj podhod v sovremennom obrazovanii kak neobhodimost'" [Competency-based approach in modern education as a necessity], *Pedagogika*, № 8, p. 45 (in Russian).
 6. Shcheglov, A. A. (2024). "STEM-podhod v proektno-issledovatel'skoj deyatel'nosti obuchayushchihsya" [STEM approach in students' project-based research activities], *Progressivnye nauchnye issledovaniya – osnova sovremennoj innovacionnoj doktriny: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (07.02.2024)*, OMEGA SCIENCE, Ufa, p. 164 (in Russian).
 7. Zeer, E. F. (2023). "Kompetentnostnyj podhod v obrazovanii: chto on soboj predstavlyaet" [Competency-based approach in education: what it is], *Obrazovanie i nauka*, № 6, pp. 115–118 (in Russian).
 8. Hutorskoj, A. V. (2013). "Klyucheveye kompetencii kak komponent lichnostno-orientirovannoj paradigmy obrazovaniya" [Key competences as a component of the student-centered paradigm of education], *Narodnoe obrazovanie*, № 2, pp. 65–66 (in Russian).
 9. Lahova, B. M. (2024). "Kompetentnostnyj podhod v sovremennom obrazovanii" [Competency-based approach in modern education], *Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka*, № 2, p. 17 (in Russian).
 10. Pashkevich, A. V. (2011). "Sozdanie monitoringa urovnya sformirovannosti klyuchevykh kompetencij uchashchihsya shkoly" [Building up a monitoring system for the level of key competences development in school students], *Eksp'eriment i innovacii v shkole*, № 2, pp. 48–50 (in Russian).
 11. Uspaeva, M. G. (2025). "STEM-obrazovanie: mezhdisciplinarnyj podhod dlya podgotovki kadrov budushchego" [STEM education: an interdisciplinary approach to preparing the personnel of the future], *Obrazovatel'nye tekhnologii*, № 3, pp. 47–52 (in Russian).

12. Popova, I. N. (2012). "Vzaimosvyaz' uchebnoj i vneurochnoj deyatel'nosti v ramkah realizacii FGOS OOO" [The relationship between classroom and extracurricular activities within the framework of the implementation of the Federal State Educational Standard of Basic General Education], *Obrazovanie Karelij*, № 1, pp. 57–59 (in Russian).
13. Ivchenko, R. A. (2024). "Formirovanie universal'nyh uchebnyh dejstvij (UUD)" [Development of universal learning actions], *Pedagogicheskij zhurnal*, № 4, p. 25 (in Russian).
14. Fil'kina, A. V., & Klevcov, D. S. (2024). "Ocenka effektivnosti meropriyatij po вовлечениyu shkol'nikov v nauku (STEM) v kontekste koncepcii вовлеченности i motivacionnyh teorij: obzor issledovatel'skih strategij" [Evaluation of the effectiveness of activities aimed at involving schoolchildren in science (STEM) in the context of the concept of engagement and motivational theories: a review of research strategies], *Sociologicheskij zhurnal*, t. 30, № 3, pp. 78–80. DOI: 10.19181/socjour.2024.30.3.4 (in Russian).
15. Nikitin, P. I. (2025). "Model' realizacii tekhnologii STEM-obucheniya v professional'noj podgotovke kursantov FSIN Rossii" [A model for implementing STEM-learning technology in the professional training of cadets of the Russian Federal Penitentiary Service], *Nauchnyj rezul'tat. Pedagogika i psihologiya obrazovaniya*, t. 11, № 1, pp. 42–45. DOI: 10.18413/2313-8971-2025-11-1-0-4 (in Russian).
16. Zhukova, N. V. (2025). "STEM-obuchenie vo vneurochnoj deyatel'nosti kak sredstvo razvitiya issledovatel'skih kompetencij i povysheniya urovnya вовлеченности v process izucheniya estestvennyh nauk" [STEM learning in extracurricular activities as a means of developing research competences and increasing the level of engagement in the process of learning natural sciences], *Nauka v megapolise (Science in a Megapolis)*, № 74. Available at: <https://mgpu-media.ru/issues/issue-74/psikhologo-pedagogicheskie-nauki/stem-obuchenie-vo-vneurochnoj-deyatelnosti-kak-sredstvo-razvitiya-issledovatel'skih-kompetentsij-i-povysheniya-urovnya-вовлеченности-v-protsess-izucheniya-estestvennykh-nauk.html> (in Russian).
17. Hu, W., & Guo, X. (2021). "Toward the development of key competencies: a conceptual framework for the STEM curriculum design and a case study", *Frontiers in Education*, vol. 6, art. 684265, pp. 3–7. DOI: 10.3389/educ.2021.684265 (in English).
18. Cao, X., Lu, H., Wu, Q., & Hsu, Y. (2025). "Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students learning outcomes", *Frontiers in Psychology*, vol. 16, art. 1579474. DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1579474 (in English).
19. Suherman, S., Vidakovich, T., Mujib, M. et al. (2025). "The role of STEM teaching in education: an empirical study to enhance creativity and computational thinking", *Journal of Intelligence*, vol. 13, no. 7, art. 88, p. 88. DOI: 10.3390/jintelligence13070088 (in English).
20. Rashed, N. F. (2024). "Enhancing STEM learning through extracurricular activities: insights from Japanese students", *American Journal of STEM Education: Issues and Perspectives*, vol. 2, pp. 70–75. DOI: 10.32674/4k3bxj75 (in English).
21. Han, J., Kelley, T., Knowles, J. G. (2022). "Building a sustainable model of integrated STEM education: investigating secondary school STEM classes after an integrated STEM project", *International Journal of Technology and Design Education*, pp. 5–7. DOI: 10.1007/s10798-022-09777-8 (in English).
22. Al-Kamzari, F., & Alias, N. (2025). "A systematic literature review of project-based learning in secondary school physics: theoretical foundations, design principles, and implementation strategies", *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 12, no. 1, article 579, p. 579. DOI: 10.1057/s41599-025-04579-4 (in English).
23. Kwon, H., & Lee, Y. (2025). "A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity", *STEM Education*, vol. 5, no. 2, pp. 280–282. DOI: 10.3934/steme.2025014 (in English).
24. (2024). "Differential Impact of STEM Education Interventions on Grade 12 Students' Academic Performance, Career Attitudes, and Engagement", *SSRN Electronic Journal*, 87 p. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4907349 (in English).
25. Listiyana, A., Bima, M. Z. A., Khusna, N. et al. (2023). "Implementation of STEM-oriented learning strategy toward science literacy skills in elementary school students", *Journal of Environment and Sustainability Education*, vol. 1(1), p. 22 (in English).
26. Pratama, H., Puspitasari, Y. D., & Maduretno, T. W. (2025). "Science Literacy through STEM-Based Project Based Learning Model", *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 11, no. 7, p. 325. DOI: 10.29303/jppipa.v11i7.11306 (in English).
27. Zeer, E. F. (2023). Op. cit., p. 117.
28. Lahova, B. M. (2024). Op. cit., p. 16.
29. Hutorskoj, A. V. (2013). Op. cit., p. 66.
30. Ivchenko, R. A. (2024). Op. cit., p. 94.
31. Nezhnova, I. D. (2019). "Koncepciya testirovaniya klyuchevyh kompetencij vypusknikov" [The concept of testing key competences of graduates], *Voprosy obrazovaniya*, № 4, p. 175 (in Russian).
32. Ul'yanina, O. A. (2023). "Kompetentnostnyj podhod: idei i principy" [Competency-based approach: ideas and principles], *Sovremennoe obrazovanie*, № 12, p. 93 (in Russian).

33. Shcheglov, A. A. (2025). "Proektirovanie STEM-sredy v organizacii obshchego obrazovaniya" [Designing a STEM environment in a general education organization], *Professional'no-pedagogicheskaya kul'tura uchitelya i prepodavatelya: teoriya i praktika obrazovatel'noj deyatel'nosti v sovremennom obshchestve: sb. materialov X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (20–21.03.2025)*, Belgorod, p. 304 (in Russian).
34. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 17.02.2024 № 182 "Ob utverzhdenii Pravil formirovaniya i vedeniya gosudarstvennoj sistemy «Federal'naya informacionnaya sistema ocenki kachestva obrazovaniya»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of February 17, 2024 No. 182 "On Approval of the Rules for the Establishment and Maintenance of the State System 'Federal Information System for Education Quality Assessment'"]. Available at: http://www.orcoko.ru/wp-content/uploads/2024/02/postanovlenie_182_17_02_2024.pdf (in Russian).
35. Zimnyaya, I. A. (2003). "Klyuchevye kompetencii – novaya paradigma rezul'tatov obrazovaniya" [Key competences – a new paradigm of educational outcomes], *Vysshee obrazovanie segodnya*, № 5, p. 38 (in Russian).
36. Shcheglov, A. A., Kroleveckaya, E. N., Tomashchuk, Ya. Yu. (2024). "Oppozitsiya smyslov v obrazovatel'noj kommunikacii: kakova rol' STEM-laboratorii" [Opposition of meanings in educational communication: what is the role of the STEM laboratory?], *Global'nyj nauchnyj potencial*, № 3 (156), p. 82 (in Russian).
37. Popova, I. N. (2012). "Vzaimosvyaz' uchebnoj i vneurochnoj deyatel'nosti v ramkah realizacii FGOS OOO" [The relationship between classroom and extracurricular activities within the framework of the implementation of the Federal State Educational Standard of Basic General Education], *Obrazovanie Karelii*, № 1, p. 59 (in Russian).
38. Shaposhnikova, T. L. (2015). "Diagnostika sformirovannosti kompetencij" [Diagnostics of competence development], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, № 3, p. 35 (in Russian).
39. Grishin, A. V. (2018). "Pedagogicheskij eksperiment, ego vidy i etapy" [Pedagogical experiment, its types and stages], *Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf.*, p. 241 (in Russian).
40. Vekskler, V. A. (2025). "Ispol'zovanie kriteriya Manna – Uitni dlya ocenivaniya razlichij grupp obuchayushchihsya" [Using the Mann–Whitney test to assess differences between student groups], *Vestnik SGU*, № 1, p. 26 (in Russian).
41. Haliullina, L. R. (2023). "Sushchnostnye harakteristiki ponyatiya "estestvennonauchnaya gramotnost' obuchayushchihsya" [Essential characteristics of the concept of "natural science literacy of students"], *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal (International Research Journal)*, № 8(134). DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.74 (in Russian).
42. (2025). *Federal'naya rabochaya programma osnovnogo obshchego obrazovaniya po predmetu "Geografiya" (dlya 5–9 klassov obrazovatel'nyh organizacij)* [Federal syllabus of basic general education in the subject "Geography" (for grades 5–9 of educational organizations)], Moscow Institut sodержaniya i metodom obucheniya im. V. S. Ledneva, 181 p. (in Russian).
43. Ibid.
44. Ibid.
45. Margolis, A. A. (2021). "Novaya nauchnaya gramotnost': problemy i trudnosti formirovaniya" [New scientific literacy: problems and difficulties of development], *Psihologicheskaya nauka i obrazovanie*, t. 26, № 6, p. 12. DOI: 10.17759/pse.202160601 (in Russian).