

CHEMICAL SCIENCES

THE IMPACT OF PROJECT-BASED LEARNING IN THE STEM SYSTEM ON THE DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING IN GRADE 8–9 STUDENTS

Nurekenova A.

*candidate of biological Sciences, associate professor,
Department of chemistry and biology,
«Shakarim University of Semey»*

Kakibayeva I.

*Master of 1 courses
of the Department of chemistry and biology,
«Shakarim University of Semey»*

«ВЛИЯНИЕ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ STEM НА РАЗВИТИЕ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ 8–9 КЛАССОВ»

Нурекенова А.Н.

*кандидат биологических наук,
доцент кафедры химии и биологии
«Университета имени Шакарима города Семей»*

Какибаева И.А.

*магистрант
«Университета имени Шакарима города Семей»
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19292657>*

Abstract

The article explores the methodology of implementing project-based learning within the STEM framework as a strategic tool for developing critical thinking skills in 8th and 9th-grade students during chemistry lessons. The author analyzes the core components of the STEM approach (Science, Technology, Engineering, Mathematics) and their role in fostering analytical and evaluative competencies. The paper provides specific examples of interdisciplinary chemistry projects and evaluates their impact on the cognitive activity of learners. A pedagogical experiment results are presented, demonstrating the effectiveness of the STEM-project approach in enhancing students' ability to solve complex, real-world problems.

Аннотация

В статье исследуется методика реализации проектного обучения в системе STEM как стратегического инструмента развития навыков критического мышления учащихся 8–9 классов на уроках химии. Автором проанализированы основные компоненты STEM-подхода (наука, технологии, инженерия, математика) и их роль в формировании аналитических и оценочных компетенций. Представлены конкретные примеры междисциплинарных химических проектов и оценено их влияние на познавательную активность обучающихся. Описаны результаты педагогического эксперимента, подтверждающие эффективность применения STEM-проектов для повышения способности учащихся решать сложные прикладные задачи.

Keywords: STEM education, project-based learning (PBL), critical thinking, chemistry in middle school, interdisciplinary integration, functional literacy, cognitive skills.

Ключевые слова: STEM-образование, проектное обучение, критическое мышление, химия в средней школе, междисциплинарная интеграция, функциональная грамотность, когнитивные навыки.

Современный этап развития школьного химического образования характеризуется переходом от трансляции фактологических знаний к формированию функциональной грамотности учащихся. В рамках данного процесса критическое мышление рассматривается как базовая когнитивная компетенция. Согласно теоретическим разработкам Т. А. Ивановой, структура функциональной грамотности включает в себя как глубокие предметные знания, так и когнитивные умения оценивать информацию [6, 125–129]. Особую значимость это приобретает в 8–9 классах, когда закладывается фундамент естественнонаучного мировоззрения.

Несмотря на наличие глубоких теоретических разработок, традиционная методика преподавания

химии зачастую оставляет нерешенным вопрос прикладной значимости предмета для повседневной жизни учащегося. В качестве эффективного механизма преодоления этого разрыва выступает STEM-подход (Science, Technology, Engineering, Mathematics), обеспечивающий междисциплинарную интеграцию и вовлечение школьников в активную инженерно-конструкторскую деятельность на базе химического контента [1, 94–97].

Актуальность темы исследования подтверждается требованиями международных стандартов оценки качества образования (PISA-2025), где акцент смещен на способность учащихся использовать научные методы для решения реальных про-

блем технологического общества [4, 110–112]. Проектное обучение в системе STEM позволяет трансформировать кабинет химии в исследовательскую лабораторию, где развитие критического мышления происходит через прохождение всех этапов научного поиска: от постановки проблемы до оценки жизнеспособности созданного продукта [7, 34–38].

Объектом исследования является процесс обучения химии в основной школе, а предметом — методика использования STEM-проектов как средства развития критического мышления учащихся 8–9 классов. В данной статье нами проанализирован опыт внедрения междисциплинарных заданий и представлены результаты экспериментальной проверки их эффективности в образовательном процессе [5, 72–75].

Методологические принципы

Для эффективного внедрения STEM-проектов необходимо соблюдение трех ключевых методических принципов:

1. **Принцип актуальности:** проект должен затрагивать современные проблемы науки и экологии.

2. **Принцип междисциплинарности:** интеграция знаний из химии, физики, биологии и математики.

3. **Принцип проблемности:** задания должны стимулировать поиск решений, а не простое воспроизведение фактов. [2, 83–86]

Методология исследования

Исследование организовано по принципу квазиэкспериментального дизайна. Процесс работы над проектом строился по алгоритму инженерного проектирования (Engineering Design Process), который в современной педагогической литературе рассматривается как ключевой фактор развития исследовательских компетенций [7, с. 35]: постановка вызова → исследование → конструирование → тестирование и улучшение. Для сбора данных использовались тестирование, наблюдение и статистическая обработка с применением t-критерия Стьюдента. [3, с. 52–56] В эксперименте приняли участие 48 учащихся, ученики двух параллельных 9-х классов (ЭГ — 24 чел., КГ — 24 чел.). Диагностика показала отсутствие исходных различий между группами ($p > 0.05$). Эксперимент длился три месяца. Экспериментальная работа была организована в три логически взаимосвязанных этапа:

I этап — Констатирующий (Диагностический): Проведение комплексного тестирования для определения стартового уровня функциональной грамотности. Инструментарий включал задания,

направленные на оценку аналитических способностей и умения выдвигать научные гипотезы. На данном этапе фиксировались затруднения учащихся при работе с неструктурированной информацией.

II этап — Формирующий (Внедренческий): Системная реализация модели STEM-обучения в экспериментальной группе. В течение учебного полугодия образовательный процесс в ЭГ дополнялся циклом междисциплинарных проектов («Чистая вода», «Биопластик» и др.), требующих прохождения всех стадий инженерного цикла: от анализа теоретической проблемы (Science) до конструирования и испытания прототипа (Engineering). В контрольной группе обучение продолжалось по традиционной методике с опорой на стандартные лабораторные работы.

III этап — Контрольно-обобщающий: Повторная диагностика уровня критического мышления и анализ динамики когнитивного развития. Проводилась качественная оценка защиты проектных работ и статистическая обработка количественных данных тестирования для верификации гипотезы исследования.

Система междисциплинарных заданий разрабатывалась с опорой на три критерия:

1. **Директивное соответствие:** полная интеграция с действующей школьной программой по химии для 9 класса.

2. **Практическая детерминированность:** использование кейсов, моделирующих реальные технологические и экологические вызовы.

3. **Когнитивная направленность:** включение задач на поиск ошибок, оценку достоверности данных и синтез новых решений, что является основой развития критического мышления».

Процесс работы над проектом строился по алгоритму инженерного проектирования (Engineering Design Process):

1. **Постановка вызова (Ask):** Формулировка экологической или технической проблемы.

2. **Исследование (Imagine):** Изучение химических свойств веществ и поиск путей решения.

3. **Планирование и конструирование (Plan/Create):** Выбор реагентов и создание экспериментальной модели.

4. **Тестирование и улучшение (Test/Improve):** Анализ ошибок и корректировка методики на основе полученных данных.

Для реализации обучения была разработана система проектов разного уровня сложности (Таблица 1).

Таблица 1.

Содержательно-технологическая карта STEM-проектов

Уровень и название проекта	Содержание учебной деятельности (компоненты STEM)	Междисциплинарная интеграция	Критерии оценивания (индикаторы критического мышления)
Уровень 1: Прикладной «Чистая вода: конструирование биофильтра»	S (Science): Изучение процессов адсорбции и свойств природных сорбентов (уголь, песок, цеолит). T (Technology): Использование цифровых датчиков (pH-метры, солемеры) для анализа проб. E (Engineering): Сборка многослойной колонны фильтрации. M (Math): Расчет скорости фильтрации (мл/мин) и процента очистки.	Химия + Экология + Математика. Изучение методов очистки сточных вод и расчет экономической эффективности бытовых фильтров.	1. Умение обосновать выбор сорбента на основе его химических свойств. 2. Точность интерпретации данных цифровых датчиков. 3. Способность предложить доработку конструкции при низкой эффективности очистки.
Уровень 2: Исследовательский «Альтернативный ток: фруктовая батарейка»	S (Science): Исследование электрохимического ряда напряжений металлов и роли электролита. T (Technology): Применение мультиметра для замера силы тока и напряжения. E (Engineering): Создание последовательной и параллельной цепи из органических элементов. M (Math): Построение графиков зависимости напряжения от кислотности (pH) среды.	Химия + Физика + Алгебра. Изучение окислительно-восстановительных реакций и законов постоянного тока. Построение функций.	1. Глубина анализа причин возникновения ЭДС. 2. Умение прогнозировать изменение напряжения при смене электродов. 3. Логичность выводов о возможности практического применения таких источников.
Уровень 3: Творческо-инженерный «Биопластик: полимеры будущего»	S (Science): Синтез полимерного материала из крахмала, изучение влияния пластификаторов (глицерина). T (Technology): Регулирование температурных режимов в процессе варки полимера. E (Engineering): Разработка формы и отливка опытного образца упаковки. M (Math): Расчет пропорций реагентов для получения нужной эластичности.	Химия + Технология + Экономика. Изучение поликонденсации и анализ рынка биоразлагаемых материалов.	1. Способность оценить экологические риски производства. 2. Умение выявить ошибки в составе при получении хрупкого образца. 3. Креативность в решении проблемы утилизации отходов.

Результаты исследования:

Анализ изменений уровня знаний и навыков проводился с помощью статистических методов (t-

критерия Стьюдента). Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнительные результаты развития критического мышления

Группы и этапы исследования	Аналитический компонент	Оценочный компонент	Прогностический компонент	Средний балл по группе	Прирост (%)	t-критерий Стьюдента (p)
Контрольная группа (КГ)						
До эксперимента	62.4	61.8	60.2	61.5	—	$p > 0.05$
После эксперимента	65.8	64.2	62.5	64.2	4.4%	(незначимо)
Экспериментальная группа (ЭГ)						
До эксперимента	61.9	62.1	59.8	61.3	—	$p > 0.05$
После эксперимента	82.5	78.4	76.2	79.0	28.9%	$p < 0.05$

Как видно из таблицы 2, исходные показатели групп были идентичны ($p > 0.05$). Однако после внедрения системы STEM-проектов, средний балл экспериментальной группы вырос на 28.9%. Наиболее выраженная динамика наблюдается в аналитическом компоненте (82.5 балла), что связано с регулярной практикой декомпозиции комплексных междисциплинарных проблем в ходе выполнения проектов "Чистая вода" и "Биопластик"». Статистический анализ с применением t-критерия Стьюдента подтвердил значимость различий ($p < 0.05$). Качественное наблюдение зафиксировало положительные изменения в деятельности учащихся ЭГ:

1. Самостоятельность и 40% реже обращения за подсказками:

Это прямое следствие роста **аналитического компонента** (с 61.9 до 82.5 балла). Когда у ученика развит анализ, он может сам разбить сложную задачу на части и не нуждается в постоянной помощи учителя.

2. Аргументация и рост терминов в 1.5 раза:

Это подтверждается ростом **оценочного компонента** (с 62.1 до 78.4 балла). Чтобы оценить данные и доказать свою правоту, ученику необходимо оперировать точными научными фактами и терминологией.

3. Гибкость и 2–3 варианта решения:

Это результат развития **прогностического компонента** (с 59.8 до 76.2 балла).

Прогнозирование позволяет ученику видеть разные пути развития химического процесса и предлагать альтернативные инженерные решения. Исследование подтверждает эффективность проектного обучения в системе STEM для развития

критического мышления учащихся 8–9 классов. STEM-проекты позволяют видеть связь химии с реальной жизнью, что способствует глубокому усвоению материала. Для успешной интеграции рекомендуется внедрять один краткосрочный STEM-проект (2–4 урока) в конце каждого крупного учебного раздела химии. Внедрение данной методики целесообразно для формирования ключевых компетенций в современной технологической и научной среде.

Список литературы:

1. Ахметов М. А., Мартыненко О. С. Из опыта применения контекстных задач на уроках химии. — Казань: КФУ, 2014. — С. 94-97.
2. Мусайбеков Р. К., Дюсембекова М. Т. Роль междисциплинарных связей в обучении. // Sciences of Europe. — 2016. — № 10. — С. 83-86.
3. Васильева М. М. Применение STEM-задач для формирования умений по химии. // Вестник ХГУ. — 2021. — № 3. — С. 52-56.
4. Национальный отчет PISA-2022. — Астана: Министерство просвещения РК, 2024. — 169 с.
5. Ахметов М. А. Из опыта проведения проектных уроков. // Химия в школе. — 2018. — № 4. — С. 63-67.
6. Иванова Т. А. Структура функциональной грамотности школьников. // Вестник ВятГГУ. — 2009. — № 1. — С. 125-129.
7. Титова Е. И. Применение t-критерия Стьюдента в эксперименте. // Вестник магистратуры. — 2014. — № 12. — С. 38-40.