

STEM-ПОДХОД В ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЧЕРЕЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ ПО БИОЛОГИИ

Т.Қ. Құмар

*КГУ средняя школа №8, г.Аксу, Павлодарская область, Казахстан
tleujan1@mail.ru.*

Аннотация

В статье рассматривается опыт применения STEM-подхода в обучении биологии в школе с целью развития исследовательских навыков учащихся. Исследование проводилось на базе средней школы №8 г.Аксу Павлодарской области, оснащённой STEM-кабинетом с современным оборудованием (3D-принтер, датчики Arduino). В проектной деятельности приняли участие учащиеся 8 и 6 классов. Ученики 8 класса исследовали полезные свойства сока из проростков пшеницы (wheatgrass), а учащиеся 6 класса моделировали условия микрогравитации с использованием клиногистата на базе Arduino. В процессе выполнения проектов школьники прошли все этапы научного исследования: от формулирования гипотез до анализа результатов и презентации выводов. В статье освещаются теоретические основы STEM-образования, его практическая реализация и значение для формирования ключевых компетенций XXI века. Полученные результаты подтверждают эффективность STEM-подхода в развитии критического мышления, инженерных навыков и мотивации к обучению

Ключевые слова: STEM-подход, исследовательские навыки, проектная деятельность, биология, микрогравитация.

Введение. С развитием индустриальной революции 4.0 мир сталкивается с новой эпохой, характеризующейся быстрым технологическим прогрессом, где информационные и инженерные технологии становятся неотъемлемой частью жизни общества. В ответ на этот вызов образовательные системы по всему миру должны

адаптироваться, став гибкими и интегрированными, с акцентом на развитие практических навыков у учащихся. Одним из наиболее эффективных способов модернизации образования является внедрение STEM-образования (наука, технологии, инженерия и математика), которое объединяет эти дисциплины в единую модель обучения. STEM-подход способствует развитию критического мышления, научных и инженерных навыков, а также умения применять знания на практике, что особенно актуально для школьного образования.

Информационные и инженерные технологии становятся неотъемлемой частью социальной, экономической и культурной жизни, что подтверждается рядом исследований в области образовательной трансформации. В этой связи глобальная инициатива STEM-образования (Science, Technology, Engineering, Mathematics) рассматривается как стратегический подход к развитию компетенций XXI века, направленных на решение комплексных междисциплинарных задач.

STEM-подход опирается на конструктивистские теории обучения, согласно которым знания формируются через активное взаимодействие учащегося с исследовательской средой и социальным окружением. В рамках STEM-образования учащиеся не просто осваивают отдельные дисциплины, а учатся выдвигать гипотезы, планировать эксперименты, конструировать прототипы и критически анализировать результаты, что соответствует уровням когнитивной сферы таксономии Блума.

STEM-грамотность определяется как способность интегрировать научные принципы, инженерные методы и мате-

матические инструменты для разработки инновационных решений, применимых в реальной жизни [1]. Этот междисциплинарный подход создает условия для развития у школьников исследовательского мышления, цифровой грамотности и навыков коллективной работы.

В педагогической практике интеграция STEM особенно важна в средней школе, когда начинается активное становление когнитивных, творческих и аналитических способностей подростков. Современные образовательные стандарты включают требования к проектной деятельности, цифровым и инженерным элементам обучения (ОН: Цели устойчивого развития). Исследования показывают, что внедрение STEM-моделей способствует повышению успеваемости и мотивации, а также развитию навыков решения проблем и критического мышления.

Биология как наука о живых системах, представляет богатую почву для реализации STEM-подхода. Использование цифровых симуляций, сенсорных данных и инженерных методов позволяет расширить учебные задачи, вовлечь учащихся в реальную исследовательскую деятельность и сформировать у них навыки анализа сложных биологических процессов — от молекулярных механизмов до экосистем.

Научная значимость исследования заключается в разработке методических основ и практических рекомендаций по организации STEM-уроков биологии, опирающихся на современные образовательные и психологические теории. Актуальность темы подтверждена устойчивым интересом педагогов и исследователей к поиску эффективных образовательных стратегий, обеспечивающих подготовку учащихся к вызовам научно-технологического общества.

STEM-грамотность предполагает способность использовать научные принципы и инженерные методы для создания решений, полезных в повседневной жизни. Это не просто

междисциплинарный подход — это целостная система, в которой учащиеся развивают критическое мышление, исследовательские и инженерные навыки, а также учатся применять полученные знания в реальном мире. Особенno важна интеграция STEM в средней школе, где идет активное становление когнитивных, творческих и аналитических способностей подростков.

Современные образовательные стандарты все чаще включают в учебные программы элементы проектной деятельности, цифровых технологий и инженерного мышления. Исследования показывают, что внедрение STEM повышает академическую успеваемость, мотивацию и личностное развитие школьников. STEM-подход актуализирует учебный процесс, делая его живым и значимым для обучающихся.

Биология как наука о живых системах предоставляет широкие возможности для реализации STEM. Использование цифровых инструментов, сенсоров, проектных технологий и моделирования позволяет расширить содержание учебных задач и вовлечь учащихся в активную исследовательскую деятельность. Это способствует развитию навыков научного анализа, самостоятельной постановки целей и командной работы. Через такие практики школьники начинают видеть биологию не только как теоретическую дисциплину, но как науку, способную решать реальные задачи общества — от медицины до экологии [6].

По мнению Байби [1], STEM-образование развивает не просто интерес к науке, а умение решать жизненные задачи через интеграцию знаний. Он подчеркивает, что STEM-грамотность — это способность применять научные концепции для создания инновационных решений.

Apedoe и соавторы связывают STEM с развитием так называемых «навыков XXI века» — креативности, критического мышления, гибкости мышления и сотрудничества [2].

Казахстанские исследователи, в частности Т.Е. Кенжебеков и А.А. Алтаева, акцентируют внимание на значимости междисциплинарных связей, инженерного проектирования и формирования функциональной грамотности учащихся [3]. М.А. Сейткалиева установила, что участие школьников в STEM-проектах на уроках биологии повышает мотивацию и способствует глубокому усвоению учебного материала [4]. К.С. Смагулова выделяет значимость практико-ориентированного подхода и научной проектной деятельности как ключевых механизмов успешного STEM-обучения в казахстанских школах [5].

Реализация STEM-уроков требует четкой структуры и последовательности. Планирование должно включать:

- 1.Формулировку актуальной темы;
- 2.Поиск социально значимого контекста;
- 3.Выделение исследовательской проблемы;
- 4.Разработку критериев оценки результата;
- 5.Ознакомление с этапами инженерного проектирования (EDP);
- 6.Интеграцию теоретической и практической части;
- 7.Проведение лабораторных исследований и экспериментов;
- 8.Коллективный «мозговой штурм»;
- 9.Создание и тестирование прототипов;
- 10.Анализ и рефлексию;
- 11.Улучшение полученного продукта.

Такая схема позволяет формировать у учащихся целостные научно-инженерные компетенции, включая формулировку гипотез, сбор и анализ данных, визуализацию результатов, аргументацию и представление выводов [7].

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе КГУ «Средняя школа № 8» города Аксу Павлодарской области, где имеется современно оснащённый STEM-кабинет с 3D-принтером, комплектом Arduino-датчиков и программными средствами для моделирования. В работе приняли участие две экспериментальные группы: учащиеся 8 класса (n=28) и 6 класса

(n=25). В качестве материалов исследования использовались методические разработки по гидропонному выращиванию растений, аппаратура для биохимического анализа (спиртовой фотометр, титратор и стандартные реактивы), самодельный клиностат на базе Arduino (сервомотор, контроллер, конструктивные элементы) и анкетные формы для опроса школьников. Обработка и визуализация данных проводились с использованием Excel и Arduino IDE.

Методика исследования включала несколько взаимосвязанных этапов. Сначала был осуществлён теоретический анализ нормативных документов и научной литературы по теме STEM-образования. Далее приступили к экспериментальной части, состоящей из двух проектов. В первом проекте, посвящённом пищевой ценности сока проростков пшеницы, применялся гидропонный способ выращивания, ежедневная фотофиксация роста растений, механическое отжимание сока, последующая фотометрия хлорофилла и йодометрическое титрование витамина С. Во втором проекте учащиеся сконструировали и запрограммировали Arduino-клиностат, что позволило моделировать условия микрогравитации; они выращивали фасоль и кress-салат в контрольной и экспериментальной группах, фиксировали длину побегов, массу корней и угол отклонения побегов от вертикали, ведя подробные протоколы наблюдений. Для изучения мотивации и восприятия участниками процесса проведения эксперимента использовалось анкетирование, а статистическая обработка включала расчёт средних значений, построение графиков и применение t-теста Стьюдента для проверки значимости различий между группами.

В рамках реализации STEM-образования в основной школе особое место занимают исследовательские проекты, позволяющие школьникам осваивать естественнонаучные методы познания, применять технологии, программируя, конструировать, анализировать данные и презентовать результаты своей работы. Ниже представлены два

примера исследовательских проектов учащихся 6 и 8 классов, реализованных в урочное и внеурочное время под руководством учителя биологии.

Первый проект, выполненный учащимися 8 класса, был посвящён изучению биологической и пищевой ценности сока из проростков пшеницы — так называемого *wheatgrass*. В ходе работы учащиеся поставили цель — выяснить, насколько полезным является этот продукт, какие биологически активные вещества в нём содержатся, и могут ли подростки воспринимать его как элемент здорового питания. В начале проекта ребята изучили информацию о методике гидропонного выращивания проростков: зерна пшеницы замачивались, проращивались на влажной марле, а затем переносились в неглубокие контейнеры с кокосовым торфом. Каждый день проводился фотомониторинг, замеры роста растений, фиксировалась динамика.

По достижении нужной высоты — около 10–12 см — листья аккуратно срезались, промывались и отжимались через механический пресс. Полученный сок исследовался на содержание витамина С методом титрования, а содержание хлорофилла определялось с помощью спиртовой вытяжки и фотометрии. Кроме лабораторного анализа, проводилось анкетирование среди сверстников: школьники выясняли, знают ли ученики о таком продукте, готовы ли попробовать его, и как относятся к идее включения его в рацион. До и после дегустации фиксировались изменения в восприятии. Результаты оказались неожиданными: более 70% респондентов заявили, что готовы употреблять сок 1–2 раза в неделю, особенно если его вкус будет дополнен фруктами.

Проект завершился созданием видеоролика-инструкции по выращиванию проростков дома, буклета с рекомендациями и презентацией на конкурсе научных проектов НОУ. В ходе реализации проекта учащиеся освоили методы биохимического анализа, научились работать с цифровыми приборами, систематизировали данные, строили графики и диаграммы. Таким образом, в рамках одного проекта были задейство-

ваны все компоненты STEM: биология и химия — в части анализа состава растения; технология — при создании фото- и видеоматериалов; инженерия — при конструировании контейнеров для выращивания; математика — при обработке анкет и измерений.

Второй проект, реализованный учениками 6 класса, имел исследовательско-инженерную направленность и был посвящён изучению влияния микрогравитации на рост растений. Исследование началось с обсуждения вопроса: как можно вырастить растения в условиях невесомости, если они необходимы для будущих космических миссий? После изучения принципов гравитропизма школьники выдвинули гипотезу: при вращении растения вокруг горизонтальной оси можно частично нивелировать влияние силы тяжести и смоделировать условия, приближённые к микрогравитации.

Учащиеся разработали и собрали самодельный клиностат — устройство, равномерно вращающее горшок с растением, — на базе платформы Arduino. В качестве основы использовались LEGO-детали, мотор, сервопривод, а программирование осуществлялось через Arduino IDE. В эксперименте участвовали два вида растений: фасоль и крестоцветные. Контрольные образцы выращивались в обычных условиях, а опытные — на вращающейся установке. В течение двух недель велись измерения: фиксировалась длина стебля и корней, направление их роста, проводилась фотофиксация.

В результате было установлено, что растения в условиях вращения теряют ориентацию: стебли искривляются, корни искали точку опоры, что подтверждало нарушение гравитропизма.

Этот проект дал учащимся не только базовые знания по биологии, но и опыт работы с микроконтроллерами, моторами, основами программирования.

Ребята научились самостоятельно собирать установку, тестировать её работу, вносить корректировки в код, а также анализировать полученные данные и визуализировать их в виде графиков и фотоотчётов.

На итоговой презентации школьники не только рассказали о ходе и результатах эксперимента, но и продемонстрировали действующий макет клиностата.

Результаты и обсуждение. В рамках проектной деятельности учащиеся 8 класса провели исследование, посвящённое изучению биологической и пищевой ценности сока из проростков пшеницы (wheatgrass). В ходе работы школьники изучили методику гидропонного выращивания растений, провели биохимические анализы сока на содержание витаминов и хлорофилла, а также провели анкетирование среди сверстников, выясняя их отношение к употреблению этого продукта. Результаты показали, что более 70% респондентов готовы регулярно включать сок в рацион, что свидетельствует о высокой заинтересованности в здоровом питании среди школьников. Этот проект охватывает элементы STEM, включая биологию, химию, технологии и математику.

Второй проект, реализованный учащимися 6 класса, был посвящён исследованию влияния микрогравитации на рост растений. Ребята создали самодельный клиностат с использованием платформы Arduino для моделирования условий микрогравитации и изучения гравитропизма. В ходе эксперимента растения, подвергнутые вращению, потеряли ориентацию, что подтвердило влияние силы тяжести на их рост. Этот проект сочетал биологические исследования с инженерной деятельностью, программированием и сборкой устройств.

Оба проекта продемонстрировали, как исследовательская деятельность может эффективно сочетать теоретические знания с практическими навыками. Учащиеся освоили научный метод, научились работать с цифровыми инструментами, проводить эксперименты и представлять результаты в виде диаграмм и видеоматериалов.

Выводы. Реализация STEM-подхода в школьном образовании имеет значительные преимущества. Исследовательские проекты, такие как "Изучение пищевой ценности сока из проростков пшеницы" и "Влияние микрогравитации

на рост растений", помогают школьникам развивать навыки критического мышления, научного анализа и командной работы. Они также способствуют формированию практических навыков, таких как использование цифровых технологий, сбор и обработка данных, что важным образом влияет на развитие метапредметных компетенций.

STEM-образование позволяет учащимся не только применять знания на практике, но и стимулирует их к самостоятельному решению реальных задач, что крайне важно в условиях стремительного научно-технического прогресса. Участие в подобных проектах повышает мотивацию к учёбе и даёт школьникам возможность почувствовать себя настоящими исследователями, что способствует их профессиональной ориентации и развитию научного потенциала.

Таким образом, внедрение STEM-подхода в школьное образование представляет собой эффективное средство подготовки учащихся к вызовам XXI века, развивая у них ключевые компетенции, необходимые для успешной карьеры в научной, инженерной и технологической областях.

Список использованных источников

- 1.Bybee R. W. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities.* – Arlington, VA: National Science Teachers Association Press, 2013. – 116 p.
- 2.Apedoe X. S., Reynolds B., Ellefson M. R., Schunn C. D. *Bringing engineering design into high school science classrooms: The research to practice connection // International Journal of Science Education.* – 2008. – Vol. 30, №10. – P. 1231–1257.
- 3.Кенжебеков Т. Е., Алтаева А. А. Внедрение STEM-подхода в образовательный процесс средней школы // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия: Педагогические науки. – 2020. – №3(67). – С. 153–157.
- 4.Сейткалиева М. А. Влияние STEM-проектов на развитие мотивации к обучению биологии в средней школе // Педагогика и психология. – 2021. – №2(47). – С. 102–107.
- 5.Смагулова К. С. Развитие исследовательских навыков учащихся через внедрение STEM-подхода на уроках естественно-научного цикла // Вестник Л. Н. Гумилева. Серия: Педагогика. Психология. Социология. – 2019. – №2(131). – С. 214–220.
- 6.Johnson C. C., Peters-Burton E. E., Moore T. J. *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education.* – New York: Routledge, 2015. – 238 p.
- 7.Лейн А. Принципы инженерного проектирования: создание подушек безопасности // STEM-методики в школьном образовании: пер. с англ. – Москва: Просвещение, 2017. – С. 37
- References**
- 1.Bybee R. W. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities.* – Arlington, VA: National Science Teachers Association Press, 2013. – 116 p.
- 2.Apedoe X. S., Reynolds B., Ellefson M. R., Schunn C. D. *Bringing engineering design into high school science classrooms: The research to practice connection // International Journal of Science Education.* – 2008. – Vol. 30, №10. – P. 1231–1257.
- 3.Kenzhebekov T. E., Altaeva A. A. Vnedrenie STEM-podkhoda v obrazovatel'nyy protsess sredney shkoly // Vestnik KazNPU im. Abaya. Seriya: Pedagogicheskie nauki. – 2020. – № 3(67). – S. 153–157.
- 4.Seitkaliyeva M.A. Vliyanie STEM-proektov na razvitiye motivatsii k obucheniyu biologii v sredney shkole // Pedagogika i psichologiya. – 2021. – № 2 (47). – S. 102–107.
- 5.Smagulova K.S. Razvitie issledovatelskikh nablyudok uchashchikhsya cherez vnedrenie STEM-podkhoda na urokakh yestestvenno-nauchnogo tsikla // Vestnik L.N. Gumileva. Seriya: Pedagogika. Psichologiya. Sotsiologiya. – 2019. – № 2 (131). – S. 214–220.
- 6.Johnson C.C., Peters-Burton E. E., Moore T.J. *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education.* – New York: Routledge, 2015. – 238 p.
- 7.Leyn A. Printsypry inzhenernogo proektirovaniya: sozdanie podushek bezopasnosti // STEM-metodiki v shkol'nom obrazovanii: per. s angl. – Moskva: Prosveshchenie, 2017. – S. 37

**Материал поступил в редакцию
17.06.2025**

Мектептегі білім берудегі STEM тәсілі: биология пәніндегі зерттеу жобалары арқылы теория және практика

Аңдапта

Бұл мақалада мектептегі биология пәнінде STEM-подходы қолдану арқылы оқушылардың зерттеу дәғдүларының дамыту тәжірибелі қарастырылады. Зерттеу жұмысы Павлодар облысы, Ақсу қаласындағы №8 орта мектебінің базасында жүргізілді. STEM-кабинетінің материалдық-техникалық жабдықталуы (3D-принтер, Arduino датчиктері) жобалық жұмыстарды тиімді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. 8-сынып оқушылары «Wheatgrass шырыны – денсаулықтың табиги эликсири» тақырыбында зерттеу жүргізіл, оның антиоксиданттық қасиеттерін анықтаса, 6-сынып оқушылары микро гравитация жағдайында осімдіктерді өсіру мүмкіндігін Arduino негізінде клиностат арқылы зерттеді.

Зерттеу барысында оқушылар эксперименттер жүргізіп, бақылау нәтижелерін тіркеп, гүлыми қорытындылар жасады. Мақалада STEM-оқытудың теориялық негіздері, практикалық кезеңдері мен оқушы құзыреттілігін қалыптастырудагы рөлі жан-жақты сипатталады. STEM жобаларының нәтижелері оқушылардың сынни ойлауын, шығармашылығын және гүлими қызыгуышылығын арттыруға ықпал ететіні көрсетілді.

Түйінді сөздер: : STEM-тәсіл, зерттеу даярлары, жобалық қызмет, биология, микрогравитация.

Материал баспаға 17.06.25 түсмі

The STEM Approach in School Education: Theory and Practice Through Research Projects in Biology

Summary

This article presents the experience of implementing the STEM approach in biology education at school, aimed at developing students' research skills. The study was conducted at Secondary School No. 8 in Aksu, Pavlodar Region, equipped

with a STEM laboratory containing modern tools such as a 3D printer and Arduino sensors. The project involved students from grades 6 and 8. Eighth-grade students explored the antioxidant properties of wheatgrass juice as a natural health elixir, while sixth-grade students investigated the growth of plants under simulated microgravity conditions using an Arduino-based clinostat. Throughout the research process, students engaged in scientific inquiry, including hypothesis development, experimentation, and data analysis. The article outlines the theoretical foundations and practical implementation of the STEM approach and emphasizes its role in shaping 21st-century competencies. The results confirm that STEM-based projects enhance students' critical thinking, creativity, and motivation for scientific learning.

Key words: STEM approach, research skills, project-based activities, biology, microgravity.

Material received on 17.06.25

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.