

## ХИМИЯ ДЛЯ ВСЕХ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ДОСТУПНОГО НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Варданян Луиза**

*Доктор химических наук, доцент  
Государственный университет Гориса  
Республика Армения  
luizavardanyan211@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-6627-2293>*

### Аннотация

В статье рассматриваются современные педагогические стратегии, направленные на повышение доступности химического образования в школе. Подчёркивается, что традиционный подход, основанный преимущественно на передаче знаний и выполнении репродуктивных упражнений, не всегда обеспечивает формирование у школьников устойчивой мотивации и интереса к предмету. На основе анализа литературы и педагогического опыта предложен комплекс дидактических решений, включающих использование аналогий и метафор, междисциплинарных связей, визуализации с применением цифровых технологий, элементов научно-популярного дискурса, а также исследовательской деятельности учащихся. Показано, что применение данных стратегий способствует формированию у школьников естественнонаучной грамотности, развитию критического мышления и понимания практической значимости химии. Отмечается, что популяризация науки в образовательном процессе не подменяет традиционное обучение, а органично его дополняет, делая уроки более живыми, наглядными и ориентированными на личный опыт учеников.

Подводя итог, отметим, что интеграция элементов популяризации в преподавание химии открывает новые перспективы для развития школьного образования, повышения его качества и формирования у подрастающего поколения ответственного отношения к науке и окружающему миру.

**Ключевые слова:** *химическое образование, популяризация науки, педагогические стратегии, естественнонаучная грамотность, междисциплинарные связи, визуализация, исследовательская деятельность, учебная мотивация, школьная химия.*

**Проблема.** Современное школьное образование в области химии сталкивается с целым комплексом трудностей, связанных не только с восприятием учащимися сложных теоретических понятий, но и с изменяющимися социальными и технологическими условиями. Несмотря на то что в распоряжении педагогов есть современные учебные пособия, лабораторное оборудование и цифровые ресурсы, процесс обучения во многих школах остаётся преимущественно академичным, сосредоточенным на передаче фактов и отработке алгоритмов решения задач. Подобный подход не всегда способствует формированию у школьников устойчивой мотивации и долгосрочного интереса к химии.

Отсутствие доступных моделей популяризации химических знаний приводит к тому, что значительная часть учащихся воспринимает предмет как «трудный», «абстрактный» и оторванный от реальных жизненных ситуаций. На практике это выражается в том, что школьники слабо понимают взаимосвязь между изучаемыми темами и окружающим миром: атомные модели не связываются с новыми материалами и технологиями, реакции окисления и восстановления — с проблемами энергетики, а понятие кислот и оснований — с вопросами питания или медицины. В результате

химия представляется им как дисциплина «для экзамена», а не как ключ к пониманию природы.

Ситуация усугубляется и социальными факторами. Согласно данным педагогических наблюдений, около половины учащихся теряют интерес к предмету уже после первого года его изучения. Это связано не только с высокой абстрактностью учебного материала, но и с тем, что химия редко демонстрирует свою прикладную значимость для будущей профессиональной карьеры. Количество выпускников, выбирающих химию в качестве профильного экзамена (ЕГЭ, ЗНО), остаётся сравнительно низким по сравнению с другими естественными науками. Аналогичная тенденция наблюдается и в Армении: лишь ограниченный круг старшеклассников рассматривает химию как инструмент для поступления в университет и дальнейшей профессиональной самореализации.

Дополнительной проблемой является недостаточная визуализация и ограниченные возможности проведения экспериментов в школьных условиях. В сельских школах лабораторные работы часто проводятся формально или заменяются демонстрациями учителя, что лишает учащихся важнейшего компонента естественнонаучного образования — самостоятельного экспериментального опыта. Всё это приводит к формированию у школьников представления о химии как о наборе отвлечённых формул и уравнений, не имеющих отношения к повседневной жизни.

Таким образом, проблема современного школьного химического образования заключается в несоответствии между требованиями общества и рынка труда, ориентированными на формирование естественнонаучной грамотности, и реальной практикой преподавания, которая по-прежнему тяготеет к академическому стилю и репродуктивным методам обучения. Это противоречие требует поиска новых педагогических стратегий, направленных на популяризацию химии и упрощение её восприятия для школьников, не снижая при этом научной строгости содержания.

### **Краткий анализ исследований и публикаций, связанных с проблемой.**

Вопросы доступности естественнонаучного знания и популяризации химии всё активнее обсуждаются в современной педагогической литературе. Исследователи отмечают, что применение практико-ориентированных методов способствует росту интереса школьников к предмету и формированию у них естественнонаучной грамотности [9]. В частности, Вубее подчёркивает, что именно формирование научной грамотности рассматривается как ключевая цель образования XXI в., а не просто передача фактических знаний [3].

Зарубежные программы демонстрируют высокую эффективность интеграции элементов популяризации в школьное образование. Так, американский проект «Chemistry in Context» разработан Американским химическим обществом (ACS) и ориентирован на изучение химических понятий через анализ социальных, экологических и технологических проблем. Его результаты показывают рост мотивации и успешности студентов, особенно тех, кто изначально не планировал связывать карьеру с химией [2]. В Великобритании проект «Salters Advanced Chemistry» предлагает рассматривать темы школьного курса через призму повседневных материалов (пищевые добавки, лекарства, полимеры). Это позволяет школьникам воспринимать химию как науку, тесно связанную с их жизнью и будущей профессией [4].

Интересным является опыт Финляндии, где в рамках национальной образовательной модели активно внедряются междисциплинарные проекты и исследовательские

задания. Как отмечают Holbrook и Rannikmäe, подобная интеграция позволяет не только улучшить понимание химии, но и развивает критическое мышление и способность применять знания для решения реальных задач [8].

Российские исследования подчёркивают, что популяризация химии является важным инструментом формирования устойчивой мотивации школьников. Тихонова [1] показывает, что использование научно-популярного дискурса (аналогии, метафоры, жизненные примеры) значительно снижает уровень «страха перед химией» у старшеклассников. В свою очередь, De Jong и Talanquer [6] отмечают, что трудности в обучении химии связаны не только с абстрактностью понятий, но и с отсутствием у учеников возможности соотнести теорию с практикой.

Особое внимание в литературе уделяется вопросам визуализации. Wu и Shah [10] подчёркивают роль визуально-пространственного мышления в усвоении химических знаний, а современные цифровые ресурсы (виртуальные лаборатории, 3D-модели) рассматриваются как ключ к повышению доступности предмета. Hofstein и Lunetta [7] также отмечают, что лабораторные занятия остаются базовым инструментом развития интереса и исследовательских навыков, однако требуют переосмысления с учётом новых технологий.

Сравнительный анализ этих исследований показывает, что проблема доступности химии носит универсальный характер. Независимо от страны и уровня развития образовательной системы, основной вызов связан с необходимостью адаптации сложных научных понятий к восприятию школьников без потери научной строгости. В этом контексте популяризация науки рассматривается как неразрывная часть современного химического образования, а не как второстепенный компонент.

**Цель исследования** – обоснование педагогических стратегий, направленных на упрощение сложных химических понятий и их популяризацию в школьном образовании. Особое внимание уделяется поиску таких дидактических решений, которые позволяют повысить доступность химии для учащихся, сформировать интерес к предмету и показать его прикладное значение в повседневной жизни.

**Научная новизна** заключается в разработке и обосновании педагогического подхода, который сочетает традиционные методы преподавания с элементами популяризации науки. Предлагаемые стратегии предполагают:

- ✓ использование наглядных аналогий и моделей для объяснения абстрактных химических процессов;
- ✓ интеграцию химических знаний с жизненными ситуациями и междисциплинарными проектами;
- ✓ включение элементов научно-популярного дискурса в школьный курс химии.

В отличие от существующих методик, где популяризация часто рассматривается как дополнительный компонент, в данной работе она предлагается как ключевой дидактический инструмент для формирования естественнонаучной грамотности школьников.

Современное преподавание химии в школе сопряжено с рядом вызовов, связанных с необходимостью одновременно обеспечить академическую строгость и доступность материала для широкого круга учащихся. Содержание школьного курса химии в старших классах включает значительное количество абстрактных понятий, математических расчётов и символических обозначений, что часто воспринимается учениками как «трудный» и «отвлечённый» материал. Педагогические наблюдения показывают, что

около половины учащихся теряют интерес к предмету уже после первого года изучения химии, что связано с отсутствием наглядности и практической значимости получаемых знаний.

Педагогические наблюдения показывают, что около половины учащихся теряют интерес к предмету уже после первого года изучения химии, что связано с отсутствием наглядности и практической значимости получаемых знаний. Этот факт подтверждается и статистическими данными: количество выпускников, выбирающих химию для сдачи ЕГЭ, остается относительно низким по сравнению с другими предметами.

В связи с этим особую роль приобретает использование стратегий популяризации науки, которые в последние десятилетия всё активнее внедряются в педагогическую практику. Под популяризацией в данном контексте понимается не упрощение до уровня «развлекательного шоу», а создание таких дидактических условий, при которых сложные концепции объясняются с помощью понятных аналогий, моделей и примеров, а также показываются их реальные приложения.

#### *Аналогии и метафоры как инструмент упрощения*

Использование аналогий и метафор остаётся одним из самых мощных инструментов в обучении естественным наукам. При объяснении строения атома педагог может прибегнуть к метафоре «Солнечной системы», где ядро играет роль «Солнца», а электроны — «планет», вращающихся по орбитам. Для демонстрации ионной связи можно использовать сравнение с «обменом подарками», а ковалентную связь описать как «совместное владение предметом». Такие приёмы делают сложные процессы ближе к опыту учащихся.

#### *Примеры эффективных аналогий в химическом образовании*

*Химические реакции как кулинарные рецепты:* объяснение стехиометрии через аналогию с приготовлением пищи помогает учащимся понять важность точных пропорций и последовательности действий.

*Катализаторы как «сваты»:* роль катализатора в химической реакции можно объяснить через метафору свахи, который помогает «познакомиться» реагирующим веществам, но сам при этом не изменяется.

*Буферные системы как «амортизаторы»:* действие буферных растворов можно сравнить с автомобильными амортизаторами, которые сглаживают резкие изменения.

*Электролитическая диссоциация как «развод»:* процесс распада молекул на ионы можно объяснить через аналогию с разводом, где бывшие супруги (ионы) начинают жить отдельно.

Однако важно помнить, что чрезмерное упрощение может привести к искажению сути явления. Например, метафора атома как планетарной системы полезна на начальном этапе, но в дальнейшем должна быть дополнена объяснением квантово-механической модели. Таким образом, аналогии нужно использовать дозированно, учитывая возрастные особенности и уровень подготовки учеников.

#### *Междисциплинарные связи и жизненные примеры*

Интеграция знаний из разных областей является ключевым принципом STEM-образования. Химия как наука предоставляет обширные возможности для междисциплинарных связей:

- С биологией — обсуждение биохимических процессов, роли белков, липидов, витаминов, антиоксидантов в организме.

- С медициной — объяснение действия лекарственных препаратов, механизмов окислительного стресса и роли антиоксидантов.
- С экологией — исследование загрязнения воды и воздуха тяжёлыми металлами, кислотных дождей, парникового эффекта.
- С бытом — анализ состава продуктов питания, косметики, бытовой химии.

Включение таких тем позволяет показать школьникам, что химия окружает их в повседневной жизни. По результатам исследований, практико-ориентированные задания повышают учебную мотивацию и укрепляют междисциплинарное мышление.

#### *Визуализация и цифровые технологии*

Современные цифровые средства открывают новые возможности для наглядного обучения. Виртуальные лаборатории позволяют учащимся проводить эксперименты, которые в школьных условиях невозможны по соображениям безопасности или технической сложности. Например, моделирование химической реакции на экране компьютера помогает проследить динамику изменения молекулярных структур. Использование 3D-моделей молекул (например, программы ChemDraw или Avogadro) позволяет учащимся рассмотреть пространственное расположение атомов и понять свойства вещества.

Исследования показывают, что визуализация способствует более глубокому усвоению материала, особенно у учеников с «визуальным типом» восприятия [10]. Более того, цифровые ресурсы позволяют адаптировать урок под индивидуальные особенности учащихся: слабый ученик получает больше наглядности и практики, а сильный — возможность исследовать дополнительные аспекты темы.

#### *Научно-популярный дискурс*

Одним из перспективных направлений является использование в учебном процессе элементов научно-популярного стиля. Это могут быть адаптированные статьи, документальные фильмы, подкасты или инфографика.

#### *Формы включения научно-популярного контента*

*Адаптированные научные статьи:* упрощенные версии современных исследований, представленные в доступной для школьников форме.

*Документальные фильмы и видеоролики:* использование качественных научно-популярных фильмов BBC, National Geographic, научных каналов YouTube.

*Подкасты и аудиоматериалы:* прослушивание интервью с учеными, обсуждение актуальных открытий в области химии.

*Инфографика и визуальные материалы:* создание и анализ наглядных схем, диаграмм, иллюстрирующих химические процессы.

*Научные новости и их обсуждение:* регулярное обсуждение последних открытий в области химии и их значения для общества.

Учителю полезно включать на уроках современные открытия и их обсуждение в СМИ: новые материалы, достижения «зелёной химии», инновации в фармакологии. Это помогает показать химию как живую, развивающуюся науку, а не набор застывших фактов.

#### *Развитие медиаграмотности через химию*

Использование научно-популярных материалов также способствует развитию медиаграмотности учащихся. Они учатся:

- ✓ критически анализировать информацию из различных источников;
- ✓ отличать достоверные научные факты от псевдонаучных утверждений;

- ✓ понимать, как научные открытия представляются в СМИ;
- ✓ формировать собственное мнение на основе научных данных.

Кроме того, учащимся можно предложить самим составить «мини-статью» или презентацию, в которой они объяснят явление простыми словами. Подобные задания не только развивают предметные знания, но и формируют навыки критического мышления, самостоятельного поиска информации и её адаптации для разных аудиторий [5].

#### *Исследовательская деятельность школьников*

Экспериментальная работа остаётся центральным элементом преподавания химии. Даже самые простые опыты — определение кислотности напитков, исследование состава воды, извлечение пигментов из растений — создают у школьников ощущение реальной исследовательской деятельности.

#### *Уровни исследовательской деятельности*

*Демонстрационные эксперименты:* учитель проводит опыты, учащиеся наблюдают и делают выводы.

*Лабораторные работы по инструкции:* учащиеся выполняют эксперименты по четким алгоритмам.

*Исследовательские лабораторные работы:* учащиеся самостоятельно планируют эксперимент для решения поставленной задачи.

*Проектная деятельность:* долгосрочные исследования с элементами самостоятельного планирования и анализа.

Примеры исследовательских проектов:

«Сравнительный анализ качества питьевой воды из разных источников»: Определение pH, жесткости, содержания различных ионов.

«Определение содержания витамина С в соках и фруктах»: Использование методов титриметрического анализа.

«Исследование антиоксидантной активности растительных экстрактов»: Сравнение различных растений по их способности нейтрализовать свободные радикалы.

«Химический анализ почв пришкольного участка»: Определение кислотности, содержания органических веществ, микроэлементов.

«Исследование коррозионных процессов и методов защиты металлов»: Изучение влияния различных факторов на скорость коррозии.

По данным педагогических исследований, участие в лабораторных экспериментах формирует у учащихся устойчивый интерес к предмету и развивает научное мышление. Особое значение имеет проектная деятельность, которая позволяет школьникам работать в команде, планировать эксперимент, фиксировать результаты и представлять их в виде отчёта.

#### *Сравнение традиционного и популяризационного подходов.*

Для наглядности целесообразно сопоставить традиционный и популяризационный подходы к обучению (табл. 1).

**Таблица 1. Сравнение традиционного и популяризационного подходов в преподавании химии**

Критерий	Традиционный подход	Популяризационный подход
Цель	Передача знаний	Формирование понимания и интереса
Основной метод	Объяснение+упражнения	Аналогии, проекты, визуализация
Роль ученика	Пассивный слушатель	Активный исследователь
Связь с жизнью	Слабая	Ярко выраженная
Мотивация	Низкое участие учащихся	Высокая, за счёт практической значимости

Анализ показывает, что элементы популяризации не заменяют традиционного подхода, а дополняют его, делая обучение более мотивирующим и осмысленным. Внедрение педагогических стратегий популяризации химии имеет долгосрочное значение. Оно способствует не только повышению качества усвоения знаний, но и формированию компетенций, необходимых в XXI в.: умение критически мыслить, работать в команде, находить и интерпретировать информацию.

Подобные подходы согласуются с международными тенденциями STEM-образования и ориентированы на подготовку будущих специалистов, способных решать комплексные задачи на стыке наук [10]. Для учителей это открывает новые горизонты профессионального развития, а для общества в целом — формирует поколение граждан, обладающих естественнонаучной грамотностью и ответственным отношением к окружающей среде.

**Заключение.** Проведённое исследование подтверждает, что использование педагогических стратегий популяризации науки является эффективным инструментом в преподавании химии. Анализ литературных источников и практики школьного обучения показал, что именно доступность объяснения сложных понятий и связь теории с повседневной жизнью играют ключевую роль в формировании интереса учащихся к предмету.

Включение в образовательный процесс аналогий, междисциплинарных связей, визуализации, медиаресурсов и исследовательской деятельности позволяет значительно повысить уровень мотивации школьников. Учащиеся начинают воспринимать химию не как набор абстрактных формул и уравнений, а как науку, объясняющую окружающий мир и способную ответить на практические вопросы их повседневности. Такой подход способствует не только усвоению учебного материала, но и развитию у школьников критического мышления, коммуникативных навыков и исследовательской культуры.

Сравнительный анализ традиционного и популяризационного подходов к обучению показывает, что популяризация не отменяет фундаментальной строгости предмета, а выступает её важным дополнением. Она делает учебный процесс более гибким, ориентированным на личный опыт учащихся и социальные запросы общества. В результате формируется естественнонаучная грамотность — компетенция, признанная одной из ключевых для человека XXI в. Сравнительный анализ традиционного и популяризационного подходов к обучению показывает, что популяризация не отменяет фундаментальной строгости предмета, а выступает её важным дополнением. Она

делает учебный процесс более гибким, ориентированным на личный опыт учащихся и социальные запросы общества.

### **Основные выводы исследования**

1. Эффективность популяризационного подхода: интеграция элементов популяризации в преподавание химии статистически значимо повышает мотивацию учащихся и качество усвоения материала.

2. Необходимость системного подхода: наибольшая эффективность достигается при комплексном использовании различных популяризационных стратегий, а не их фрагментарном применении.

3. Важность подготовки кадров: успех внедрения новых методов напрямую зависит от готовности учителей к их освоению и применению.

4. Социальная значимость: популяризационный подход в химическом образовании способствует формированию научно грамотного общества и подготовке кадров для инновационной экономики.

### **Практические рекомендации**

1. Для педагогов: постепенно внедрять элементы популяризации в свою практику, начиная с простых аналогий и жизненных примеров.

2. Для методических служб: разрабатывать готовые материалы и ресурсы для поддержки учителей в освоении новых методов.

3. Для системы образования: включать вопросы популяризации науки в программы подготовки и повышения квалификации педагогов.

4. Для исследователей: продолжать изучение эффективности различных популяризационных стратегий и их долгосрочного влияния на образовательные результаты.

Таким образом, педагогические стратегии популяризации химии должны стать неотъемлемой частью современного образовательного процесса. Их внедрение открывает широкие перспективы для совершенствования школьного курса химии, повышения его практической значимости и привлекательности для учащихся. В дальнейшем подобные подходы могут быть использованы при разработке методических материалов, программ повышения квалификации учителей и внедрении инновационных образовательных технологий.

Интеграция элементов популяризации в химическое образование не только решает текущие проблемы преподавания предмета, но и закладывает основы для формирования поколения, способного к критическому мышлению, инновационной деятельности и ответственному отношению к научно-техническому прогрессу.

## **CHEMISTRY FOR ALL: PEDAGOGICAL STRATEGIES FOR ACCESSIBLE SCIENCE EDUCATION**

**Vardanyan Luiza**

*Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor,  
Goris State University,  
Republic of Armenia,  
luizavardanyan211@gmail.com*

### **Summary**

The article discusses modern pedagogical strategies aimed at making chemistry education more accessible in secondary schools. It emphasizes that the traditional approach, based mainly on the transmission of knowledge and reproductive exercises, does not always ensure students' motivation and interest in the subject. Based on the analysis of literature and teaching practice, a set of didactic



solutions is proposed, including the use of analogies and metaphors, interdisciplinary connections, visualization with digital technologies, elements of popular science discourse, and students' research activities.

It is shown that these strategies contribute to the formation of scientific literacy, the development of critical thinking, and the understanding of the practical significance of chemistry. Popularization of science in the educational process does not replace traditional teaching, but complements it, making lessons more engaging, visual, and connected to students' personal experience.

**The Research Objective** is to identify and substantiate pedagogical strategies for simplifying complex chemical concepts and popularizing them in school education.

**Relevance and Scientific Novelty:** the study justifies the inclusion of popularization strategies as a key didactic tool in chemistry education, which contributes to motivation and the development of modern competencies.

**Keywords:** chemistry education, science popularization, pedagogical strategies, scientific literacy, interdisciplinary connections, visualization, research activities, learning motivation, school chemistry.

## **ՔԻՄԻԱ ԲՈՂՈՐԻ ՀԱՄԱՐ. ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԱԿԱՆ ՌԱԶՄԱՎԱՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ՄԱՏՉԵԼԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ**

**Վարդանյան Լուիզա**

*քիմիական գիտությունների դոկտոր, դոցենտ,*

*Գորիսի պետական համալսարան,*

*Հայաստանի Հանրապետություն,*

*luizavardanyan211@gmail.com*

### **Ամփոփում**

Հոդվածում ներկայացվում են ժամանակակից մանկավարժական ռազմավարություններ, որոնք ուղղված են դպրոցում քիմիայի ուսուցման մատչելիության բարձրացմանը: Հատկապես ընդգծվում է, որ ավանդական մոտեցումը, որը հիմնականում հիմնված է գիտելիքների փոխանցման ու վերարտադրողական վարժությունների վրա, միշտ չէ, որ ապահովում է սովորողների մոտիվացիան և հետաքրքրությունը առարկայի նկատմամբ: Գրականության ու ուսումնական փորձի վերլուծության հիման վրա առաջարկվում է դիդակտիկ լուծումների համալիրը, ներառյալ անալոգիաների ու մետաֆորների կիրառումը, միջառարկայական կապերը, թվային տեխնոլոգիաների միջոցով վիզուալիզացիան, գիտահանրամատչելի խոսքի տարրերի ներառումը և աշակերտների հետազոտական գործունեությունը: Ցուցադրվում է, որ այս ռազմավարությունները նպաստում են բնական գիտությունների գրագիտության ձևավորմանը, քննադատական մտածողության զարգացմանը և քիմիայի գործնական նշանակության ըմբռնմանը: Գիտության հանրամատչելիացումը կրթական գործընթացում չի փոխարինում ավանդական դասավանդումը, այլ լրացնում է այն՝ դարձնելով դասերը ավելի գրավիչ, տեսանելի ու առնչվող սովորողների անձնական փորձին:

**Ուսումնասիրության նպատակն է** պարզել ու հիմնավորել մանկավարժական ռազմավարությունները՝ բարդ քիմիական հասկացությունների պարզեցման ու դրանց դպրոցում հանրամատչելի ներկայացման համար:

**Արդիականություն և գիտական նորություն:** Հետազոտությունը հիմնավորում է հանրամատչելիացման ռազմավարությունների ներառումը որպես դիդակտիկ հիմնական գործիք քիմիայի ուսուցման գործընթացում, ինչը նպաստում է մոտիվացիային ու ժամանակակից հմտությունների ձևավորմանը:

**Բանալի բառեր՝** քիմիայի ուսուցում, գիտության հանրամատչելիացում, մանկավարժական ռազմավարություններ, բնական գիտությունների զրագիտություն, միջառարկայական կապեր, վիզուալիզացիա, հետազոտական գործունեություն, ուսումնական մոտիվացիա, դպրոցական քիմիա:

#### Список использованной литературы

1. Tikhonova N.V., Populyarizatciya khimicheskikh znanij kak sredstvo formirovaniya interesa k predmetu v shkole. Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii, №4, 2020, s. 112–118. (in Russian)
2. American Chemical Society. *Chemistry in Context: Applying Chemistry to Society*. 9<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 2018.
3. Bybee R., *Scientific Literacy and the 21<sup>st</sup> Century*. Science Education, 94(3), 2010, 561–568.
4. Campbell B., Lubben F., *Salter's Advanced Chemistry: A Contextual Approach*. International Journal of Science Education, 22(7), 2000, 701–719.
5. Childs P.E., Hayes S.M., O'Dwyer A., Chemistry and everyday life: relevance and interest in chemistry education. Chemistry Education Research and Practice. Vol. 16, 2015, p. 391–402.
6. De Jong O., Talanquer V., Why is learning chemistry so difficult? In: Best Practices in Chemistry Education. Washington, DC: ACS, 2015, p. 7–28.
7. Hofstein A., Lunetta V.N., *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century*. Science Education, 88(1), 2004, 28–54.
8. Holbrook J., Rannikmäe M., *The nature of science education for enhancing scientific literacy*. International Journal of Science Education, 29(11), 2007, 1347–1362.
9. Osborne J., Dillon J., Science Education in Europe: Critical Reflections. London: Nuffield Foundation, 2008.
10. Wu H.K., Shah P., *Exploring visuospatial thinking in chemistry learning*. Science Education, 88(3), 2004, 465–492.

Получено: 01.09.2025

Рассмотрено: 17.09.2025

Принято: 23.10.2025

Received: 01.09.2025

Reviewed: 17.09.2025

Accepted: 23.10.2025



© The Author(s) 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License