

**Естественно-научный компонент
функциональной грамотности обучающихся:
теория и практика формирования и развития**

**The natural science component of students' functional literacy:
theory and practice of the formation and the development**

Авторы статьи

Попова Ольга Викторовна,
доктор педагогических наук, профессор кафедры педаго-
гоики и психологии ФГБОУ ВО «Алтайский государ-
ственный гуманитарно-педагогический университет
имени В. М. Шукшина», г. Бийск, Российская Федерация
olgapopova677113@gmail.com
ORCID: 0000-0001-2345-6789

Беликова Радмила Михайловна,
кандидат биологических наук, доцент кафедры есте-
ственно-научных дисциплин ФГБОУ ВО «Алтайский госу-
дарственный гуманитарно-педагогический университет
имени В. М. Шукшина», г. Бийск, Российская Федерация
radmila.belikova.76@list.ru
ORCID: 0000-0002-8926-9174

Новолодская Елена Геннадьевна,
кандидат педагогических наук, доцент кафедры педаго-
гоики и психологии ФГБОУ ВО «Алтайский государствен-
ный гуманитарно-педагогический университет имени
В. М. Шукшина», г. Бийск, Российская Федерация
novoleg2508@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-4008-892X

Authors of the article

Olga V. Popova,
Doctor of Education, Professor, Department of Education
and Psychology, Altai State Humanitarian and Pedagogi-
cal University named after V. M. Shukshin, Biysk, Russian
Federation
olgapopova677113@gmail.com
ORCID: 0000-0001-2345-6789

Radmila M. Belikova,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, De-
partment of Natural Sciences, Altai State Humanitarian
and Pedagogical University named after V. M. Shukshin,
Biysk, Russian Federation
radmila.belikova.76@list.ru
ORCID: 0000-0002-8926-9174

Elena G. Novolodskaya,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of Education and Psychology, Altai State Hu-
manitarian and Pedagogical University named after
V. M. Shukshin, Biysk, Russian Federation
novoleg2508@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-4008-892X

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Для цитирования

Попова О. В., Беликова Р. М., Новолодская Е. Г. Есте-
ственно-научный компонент функциональной гра-
мотности обучающихся: теория и практика формиро-
вания и развития // Научно-методический электрон-
ный журнал «Концепт». – 2023. – № 01. – С. 48–66. –
URL: <http://e-koncept.ru/2023/231004.htm>.
DOI 10.24412/2304-120X-2023-11004

For citation

O. V. Popova, R. M. Belikova, E. G. Novolodskaya, The
natural science component of students' functional liter-
acy: theory and practice of the formation and the devel-
opment // Scientific-methodological electronic journal
"Concept". – 2023. – No. 01. – P. 48–66. – URL: <http://e-koncept.ru/2023/231004.htm>. DOI 10.24412/2304-120X-2023-11004

Поступила в редакцию <i>Received</i>	07.11.22	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	05.12.22
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	05.12.22	Опубликована <i>Published</i>	31.01.23



Аннотация

Вызовы современного общества диктуют новые требования к развитию системы образования в целом, а также к организации процесса обучения в школе. Одновременно с этим происходит смена модели сознания и оценки учебных достижений обучающихся, формируются новые стандарты содержания и формата школьного образования. В данном контексте необходим поиск новых путей формирования и развития функциональной грамотности обучающихся и составляющих ее компонентов. Одним из приоритетных направлений в современном российском образовании стало развитие естественно-научной грамотности школьников. В статье представлен анализ публикаций отечественных и зарубежных исследователей по проблемам понимания сущности естественно-научной грамотности обучающихся, ее формирования и развития в системе образования. Исследование имело цель на основе изучения и анализа отечественного и зарубежного опыта определить оптимальные условия и наиболее эффективные подходы в формировании естественно-научного компонента функциональной грамотности обучающихся при реализации образовательных программ основного общего образования. В исследовании были использованы теоретические методы: изучение данных научно-методической литературы, анализ и обобщение. Авторами статьи рассматривается ряд недостатков в теории и практике естественно-научного образования, актуальность эффективного использования некоторых подходов в преподавании дисциплин естественно-научного направления для повышения уровня достижений российских школьников в области естественно-научной грамотности. Раскрывается роль технопарка как инновационной образовательной среды с точки зрения формирования естественно-научной грамотности через развитие знаний, умений и навыков проектной деятельности школьников в области естественных наук. В статье описаны оптимальные условия формирования естественно-научной грамотности обучающихся, а также опыт применения STEM-подхода в рамках реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы на базе Технопарка универсальных педагогических компетенций Алтайского государственного гуманитарно-педагогического университета имени В. М. Шукшина. Полученные в ходе исследования результаты будут иметь важное теоретическое значение для учителей, преподающих дисциплины естественно-научного цикла, преподавателей организаций дополнительного образования, а также студентов – будущих педагогов, обучающихся по естественно-научным направлениям. Практические результаты могут быть использованы в процессе формирования и развития компетенций естественно-научной грамотности обучающихся.

Abstract

The challenges of modern society dictate new requirements for the development of the education system as a whole, as well as for the organization of the learning process at school. At the same time, there is a change in the model of understanding and assessment of educational achievements of students, new standards for the content and format of school education are being formed. In this context, it is necessary to search for new ways of forming and developing the functional literacy of students and its components. One of the priority areas in modern Russian education has become the development of natural science literacy of schoolchildren. The article presents an analysis of publications of domestic and foreign researchers on the problems of understanding the essence of natural science literacy of students, its formation and development in the education system. The object of the study presented in the article is the natural science literacy of students and the current state of its formation and development in the education system. The subject of the research is the approaches to teaching science disciplines and the conditions for the formation of science literacy competences. The purpose of the study was to determine, based on the study and analysis of domestic and foreign experience, the optimal conditions and the most effective approaches in the formation of the natural science component of the functional literacy of students in the implementation of educational programs of basic general education. The objectives of the study included the analysis of scientific and methodological literature reflecting the experience of foreign and domestic researchers on formation and evaluation of the development of natural science literacy; revealing the shortcomings of the theory and practice of science education, as well as the optimal conditions for the formation of the science component in the functional literacy of students. Theoretical methods were used in the study: the study of data from scientific and methodological literature, analysis and generalization. The authors of the article consider a number of shortcomings in the theory and practice of science education, the relevance of the effective use of certain approaches in teaching science disciplines to improve the level of achievements of Russian schoolchildren in the field of science literacy. The role of the Technopark as an innovative educational environment is revealed from the point of view of the formation of natural science literacy through the development of knowledge, skills and abilities of project-based activities of schoolchildren in the field of natural sciences. The article describes the optimal conditions for the formation of natural science literacy of students, as well as the experience of using the STEM approach as part of the implementation of an additional general educational and developmental program based on the Technopark of Universal Pedagogical Competences of the Altai State Humanitarian and Pedagogical University named after V.M. Shukshin.

Ключевые слова

естественно-научная грамотность, STEM-подход, международные исследования TIMSS и PISA, функциональная грамотность

Key words

science literacy, STEM approach, TIMSS and PISA international studies, functional literacy

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Министерства просвещения РФ в рамках государственного задания АГГПУ им. В. М. Шукшина на выполнение НИР «Формирование естественно-научного компонента функциональной грамотности обучающихся», № государственной регистрации темы 122050400046-8.

Acknowledgements

The study was carried out with the support of the Ministry of Education of the RF within the framework of the state assignment for the ASHPU named after V. M. Shukshin to conduct research "Formation of the natural science component of functional literacy of students", state registration No. 122050400046-8.

Введение / Introduction

В последние годы функциональная грамотность стала одним из приоритетных направлений модернизации отечественного образования, являясь актуальной темой в теоретических исследованиях и практике преподавания школьных предметов. С учетом быстро меняющейся социально-экономической обстановки, проблем в реализации требований федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) необходимы новые концептуальные решения в области формирования и развития функциональной грамотности обучающихся и составляющих ее компонентов.

Основной задачей методистов становится разработка инновационных подходов к развитию функциональной грамотности обучающихся на всех уровнях образования – от общеобразовательных и средних специальных учебных заведений до вузов, а также критериев оценки ее сформированности. Актуальность проводимого нами исследования обусловлена тем, что в настоящее время методистами и преподавателями образовательных учреждений ведется поиск оптимальных условий формирования компетенций естественно-научной грамотности, форм и методов преподавания учебных предметов, направленных на приобретение прочных знаний, формирования практических умений, развития критического мышления и «мягких» навыков у обучающихся. Чтобы обеспечить их эффективное практическое применение, необходимо обобщить отечественный и зарубежный опыт в области формирования и развития функциональной грамотности, в частности ее естественно-научного компонента.

Об актуальности естественно-научной грамотности в отечественном образовании стали говорить с того момента, как наша страна начала принимать участие в международных мероприятиях по оценке качества результатов образования (TIMSS и PISA). В исследованиях TIMSS изучается и оценивается степень освоения обучающимися учебной программы, для чего предлагаются задания на выполнение действий по алгоритму, определенному «шаблону». PISA предъявляет иные требования, задания носят контекстный характер т. е. основной акцент делается на жизненные ситуации или реальные проблемы, которые необходимо проанализировать и решить.

Целью нашего исследования стал поиск оптимальных условий и эффективных подходов в формировании естественно-научного компонента функциональной грамотности обучающихся при реализации образовательных программ основного общего образования.

Объектом исследования выступает естественно-научная грамотность обучающихся и современное состояние ее формирования и развития в системе образования.

Предмет исследования: подходы в преподавании естественно-научных дисциплин и условия формирования компетенций естественно-научной грамотности обучающихся.

Задачи исследования:

- на основе публикаций отечественных и зарубежных исследователей проанализировать опыт по формированию и развитию естественно-научной грамотности обучающихся в современной системе образования;
- сформулировать недостатки в теории и практике естественно-научного образования;
- обосновать актуальность эффективного использования некоторых подходов в преподавании дисциплин естественно-научного направления;
- определить и апробировать оптимальные условия формирования естественно-научного компонента функциональной грамотности обучающихся.

Обзор литературы / Literature review

В большинстве зарубежных стран естественно-научная грамотность определена как основная цель естественно-научного школьного образования [1, 2] и рассматривается как способность человека применять естественно-научные знания и умения в реальных жизненных ситуациях, включая вопросы, имеющие большое общественное значение; умение применять достижения естественных наук на практике.

Основными компонентами стандартов зарубежного естественно-научного образования являются: научные и инженерные навыки, основные предметные знания, «сквозные» понятия (технологии). Соответственно указанным компонентам у обучающихся должны формироваться такие умения и навыки, как планирование и проведение научного исследования; анализ и интерпретация научных данных; построение объяснений и проектирование решений.

Современное естественно-научное образование за рубежом ориентировано на предоставление обучающимся общеобразовательной подготовки в области науки и техники и профориентацию на естественно-научную и инженерную области.

В зарубежной литературе, рамочных документах (PISA) и национальных учебных планах (США, Великобритания, Канада) широко распространено понятие «научная грамотность». В определении данного понятия основной акцент сделан на взаимосвязь знания о науке и способов получения этого знания (исследовательские умения). Также в состав научной грамотности входит понимание научных концепций и их практическое применение в повседневной жизни. Несколько лет назад в данное понятие был введен элемент знания технологий, которые основаны на современных достижениях науки [3].

В указанных выше источниках описаны три вида знания: содержательное, процедурное и эпистемологическое, а также составляющие их элементы. Кроме того, предъявляются требования к содержанию всех трех видов знания у обучающихся. В отечественной литературе, посвященной исследованиям PISA, присутствуют только два вида знания из трех (содержательное и процедурное) и научная грамотность трактуется как грамотность естественно-научная.

В отечественных изданиях опубликовано большое количество научных и методических работ, посвященных проблематике повышения уровня естественно-научной грамотности обучающихся в рамках изучения отдельных предметов, а также оценки качества естественно-научного образования в целом. Публикации российских исследователей посвящены анализу заданий и подходов, предлагаемых для оценки качества сформированности естественно-научной грамотности на основе материалов TIMSS и PISA. Также следует отметить работы по выявлению причин низких результатов российских школьников по итогам участия в данных международных исследованиях.

Понятие естественно-научной грамотности трактуется довольно широко, и в публикациях последних лет встречаются различные его определения. В работах Л. М. Перминовой естественно-научная грамотность характеризуется знаниями о природе и технологиях, методах получения научных знаний, пониманием обоснованности этих методов и их использованием [4]. Автор отмечает, что естественно-научная грамотность имеет элементарный, функциональный и общекультурный уровни.

Также под естественно-научной грамотностью понимается способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться современными естественно-научными идеями. На данную трактовку указывают в своих работах А. Ю. Пентин,

Г. С. Ковалёва, Е. И. Давыдова, Е. С. Смирнова [5], опираясь на формулировку PISA. Естественно-научная грамотность должна отражать уровень гражданского сознания общества, включая его готовность к поддержке научной и инновационной деятельности, а также способность критически оценивать последствия реализации научно-технических проектов [6].

Г. С. Ковалева и М. Ю. Демидова дают развернутое определение данному понятию, трактуя его как способность к освоению и использованию естественно-научного знания для освоения новых знаний и объяснения естественно-научных явлений, формулировки выводов, связанных с задачами и проблемами естественной науки; способность понимать основные особенности естествознания как одной из форм познания; демонстрировать осведомленность о значении естественных наук и технологий в жизни общества [7].

Как указывает А. Ю. Пентин с соавторами [8], понимание естественно-научных явлений, умение объяснять их, описывать и оценивать с научной точки зрения, планировать исследовательскую деятельность, научно интерпретировать данные и доказательства для получения выводов являются основными компетентностями естественно-научной грамотности. Однако она не ограничивается только знаниями и компетентностями, важным является и отношение, мотивация к научному познанию, интерес к научному изучению различных вопросов и проблем. Демонстрация обучающимися компетенций в определенном контексте показывает неразрывную связь знаний и умений, в рамках естественно-научной грамотности, с реальными жизненными ситуациями, простыми и понятными детям.

Продолжая развивать содержание понятия естественно-научной грамотности в области преподавания отдельных предметов, А. А. Каверина, Г. Н. Молчанова и Н. В. Свириденкова определяют ее как ряд компетентностей: понимание основных особенностей естественно-научных методов познания, способность анализировать и объяснять явления с использованием естественно-научных знаний, и давать прогноз происходящим в окружающем мире изменениям, а также умение делать обоснованные и достоверные выводы с опорой на научные факты [9].

Т. В. Коваль и С. Е. Дюкова рассматривают естественно-научную компетентность как элемент глобальной компетентности. Под последней авторы понимают компонент функциональной грамотности, характеризующийся самостоятельным предметным содержанием, направленный на формирование у учащихся так называемых «мягких» навыков [10].

Г. С. Ковалева выделяет некоторые особенности глобальных компетенций в контексте естественно-научной грамотности. Прежде всего, глобальные компетенции – это осознание взаимосвязи процессов на различных уровнях, от локального до глобального, наличие деятельностной направленности и целостной основы [11].

Некоторые исследователи [12] считают, что естественно-научная грамотность является основным ориентиром школьного биологического образования. Однако необходимо формировать ее в индивидуальном контексте и разрабатывать индивидуальные маршруты для каждого ученика, тем самым осуществляя персонифицированное обучение. Данное мнение связано с тем, что авторы считают естественно-научную грамотность тем самым компонентом биологического образования, который развивает личностные качества и формирует ценности каждого ученика в рамках глобальных компетенций.

Подобного мнения придерживаются Е. А. Галкина и А. В. Лукина. Они определяют естественно-научную грамотность как основу успешного образования в целом

и успешной профессиональной деятельности во многих сферах. В работе также выявлены структурные компоненты данного понятия, основной среди них – владение базовыми естественно-научными понятиями, терминами и закономерностями. Данный компонент основан на понимании учащимися значимости естественных наук не только в глобальном масштабе, но и в системе личностных жизненных ценностей. Авторы приходят к выводу, что естественно-научная грамотность является основой естественно-научного образования в школе, и предлагают понимать ее как «интегральную характеристику личности», выраженную в единстве «знаний, умений и позитивной ценностной оценке достижений естественных наук, способности и готовности личности использовать естественно-научные знания для решения теоретических и практических задач» [13].

Важными элементами сформированности естественно-научной грамотности у обучающихся Д. С. Ямщикова считает знание методологических основ исследования. По мнению автора, необходимо формировать не только представления о методах исследования окружающего мира, но и умения использовать эти знания в практической деятельности [14]. Также исследователь отмечает, что, несмотря на изучение методологии научного исследования в рамках всех естественно-научных предметов в школе, выявляется некоторая бессистемность, не позволяющая в комплексе сформировать у обучающихся представление о методах научного познания. В связи с этим рассматривается необходимость использования контекстных заданий при изучении биологии.

Несмотря на широкую трактовку определения и множество характеристик, представленных в различных исследованиях, следует отметить единое мнение о том, что естественно-научная грамотность является одним из главных компонентов функциональной грамотности, формирование которого требует использования методов научного познания, создания четкой системы «знание – практика», и должна быть основана на личном опыте обучающихся и их мотивации к научному исследованию.

Сравнивая преподавание естественно-научных предметов в отечественных и зарубежных школах, можно выделить некоторые отличительные особенности. В большинстве стран изучение естествознания начинается уже в начальной школе как комплекса всех естественно-научных дисциплин: физики, биологии, химии, географии. В отличие от зарубежной практики обучения, в системе российского образования дисциплины естественно-научного цикла разобщены по времени обучения и преподаются, как правило, изолированно друг от друга, практически не имея никаких междисциплинарных связей.

За рубежом большую часть курса «Естествознание» составляют физика и химия, чуть менее биология и, затем, география и астрономия. Все эти предметы имеют междисциплинарное содержание [15].

Еще в начале XXI столетия в США был опубликован учебный план для основной и полной средней школы, который состоял из семи учебных предметов и предметных областей от первого до двенадцатого класса. Это фундаментальные науки, внутри которых на научной основе изучаются все прикладные вопросы и проблемы, входящие в круг образования и воспитания [16].

Набор фундаментальных научных и технических идей для изучения является ограниченным, что позволяет глубоко освоить каждый из рассматриваемых вопросов на учебных занятиях. В связи с уменьшением количества базовых понятий для обязательного изучения в каждом курсе естественных дисциплин у обучающихся появляется возможность осуществлять научные исследования и проектную деятельность в

течение длительного времени, что позволяет более детально разобраться в основополагающих научных знаниях.

В настоящее время в США разработан новый стандарт для основной и полной средней школы, базирующийся на шести принципах, среди которых, на наш взгляд, особо значимыми являются «принцип необходимости совместного освоения знаний и научно-технических практик» и «принцип необходимости делать акцент на основных научных идеях и практиках» [17]. Они являются основой для формирования и развития у обучающихся естественно-научной грамотности. В стандарте выделены области, включающие знания и практическую деятельность, которые обучающихся должны освоить за весь период обучения. Эти области объединены между собой и имеют свои измерения, согласно стандарту. Область «практики» основана на компетентностном подходе и требует от обучающихся овладения не только действием, но и знанием для каждой конкретной практики. Область «сквозные понятия» связана с понятиями, которые используются для всех курсов на всех уровнях естественно-научного образования. Такие понятия позволяют осуществлять и поддерживать связь между предметами, научными знаниями и практикой, а также помогают в освоении специальных понятий отдельных дисциплин. Специальные понятия объединяются в блоки: «Физика», «Биология», «География и астрономия» и «Технические науки с применением научных знаний», связанных между собой сквозными понятиями. Включение последнего блока подтверждает значимость связи между наукой, инженерией, технологией и математикой на современном этапе развития человеческого общества.

Деятельностный подход выражается в объединении научных знаний, получаемых во время школьных занятий, и личного опыта обучающихся в научных исследованиях или технических разработках. Такое объединение естественно-научных знаний и технологий осуществляется при использовании STEM-подхода в преподавании естественно-научных дисциплин. Термины «технология» и «инженерия» достаточно широко используются в зарубежных образовательных стандартах [18]. Следует отметить, что «технология» рассматривается как результат работы (например, инженеров), а «инженерия» охватывает человеческую детальность по решению технических или технологических задач. Изучение основ инженерии и технологий позволяет обучающимся углубить теоретические знания и применить их в конкретной практической деятельности. Таким образом, опыт проектной работы является частью изучения естественных наук.

Следует уделить внимание последовательности изучения естественных наук в системе зарубежного образования. Они изучаются на протяжении всего периода обучения, начиная с детского сада, вплоть до выпускного класса. Каждая образовательная ступень характеризуется отличительными особенностями в изучении естественно-научных дисциплин. Так, в детском саду обучение строится на наблюдении и объяснении, основанном на личном опыте каждого ребенка. В начальной школе дети знакомятся с моделированием, которое позволяет объяснить результаты наблюдений. В более старших классах модели становятся более абстрактными, а процесс моделирования – более детальным. Таким образом, происходит постепенное освоение практики научно-исследовательской и проектной работы, формирование научного мышления [19], которые предполагают развитие у учащихся «научной грамотности». В данном случае под научной грамотностью объединяются знания, умения и навыки, необходимые обучающимся для развития исследовательских способностей, принятия обоснованных решений, мотивации к обучению в течение всей жизни.

В современной российской школе только биология изучается на протяжении всего периода обучения и, в отличие от физики и химии, на данный предмет отводится наибольшее количество часов [20]. По сравнению с другими странами, в России отмечается незначительный объем учебного времени (1–2 часа в неделю), который отводится, согласно учебному плану и образовательной программе, на изучение естественно-научных предметов (биологии, физики, химии и географии). Этого недостаточно для организации лабораторных и практических работ, а уж тем более для организации исследовательской деятельности обучающихся.

Есть определенные недостатки в содержании и организации процесса изучения естественно-научных предметов. Фиксируется высокий процент обучающихся, которые не понимают и не усваивают основные задачи и функции науки: наблюдать и описывать явления, обобщать их и выражать в научных понятиях, выяснять и решать проблему для исследования, объяснять явления, предвидеть результат развития явления и применять полученные знания на практике [21]. Наибольшие затруднения, исходя из анализа результатов международного исследования PISA [22], российские школьники испытывают при выполнении заданий на применение методов естественно-научного исследования и использование научных доказательств для получения выводов. Выпускники российских школ в большинстве имеют только базовый уровень естественно-научной грамотности, могут использовать свои знания в простых (шаблонных) ситуациях. Даже при наличии высокого уровня теоретических знаний учащиеся не могут применить их в других областях, не умеют анализировать и делать выводы, находить причинно-следственные связи.

Основные проблемы формирования естественно-научной грамотности некоторые авторы видят также в низкой мотивации современных школьников к изучению естественных дисциплин [23, 24]. В работах, затрагивающих данную проблематику, сделаны весьма актуальные выводы: учащиеся не могут перенести даже хорошие теоретические знания в новые ситуации, требующие практического решения; не могут кратко описать способ исследования данного какого-либо вопроса, проблемы или предложить экспериментальный способ проверки гипотезы. Многие школьники считают, что система знаний и умений по биологии, географии, физики и химии не пригодится им в повседневной жизни. Мотивированы только те ученики, которые выбирают естественно-научную область для своей будущей профессиональной деятельности.

Процесс организации обучения тоже имеет определенные недостатки: перегруженность учебного процесса и большое количество домашних заданий. Имеются «пробелы» в отборе теоретического содержания (например, в отечественных учебниках отсутствует материал, тестируемый PISA), между изучением предметов естественно-научного цикла существует большой разрыв по годам изучения, а материал, излагаемый в учебниках, не имеет межпредметных связей. В программах, учебниках и контрольно-измерительных материалах государственной аттестации по естественно-научным предметам еще мало внимания уделяется формированию компетенций, определяющих естественно-научную грамотность. Для содержания российского естественно-научного образования все еще характерны задания репродуктивного типа, когда для ответа на поставленный вопрос ученику нужно только воспроизвести теоретические знания из соответствующего курса [25].

Весьма разнообразно в отечественных публикациях описаны подходы к формированию и развитию естественно-научного компонента функциональной грамотности обучающихся в системе образования.

Современная дидактика определяет ряд принципов, одним из которых является принцип единства теории и практики. При реализации данного принципа в процессе обучения устанавливается связь теоретических знаний и эмпирического познания, формируется научное мировоззрение, а также умения применять знания на практике. Практико-ориентированная направленность содержания биологии прослеживается на всем протяжении изучения данного предмета [26].

Большое значение в использовании практико-ориентированных заданий для развития естественно-научной грамотности придают и другие исследователи, рассматривая их как задания из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни [27–29]. Авторами анализируется ряд факторов, влияющих на успешность формирования естественно-научной грамотности, одним из которых является используемая практика обучения в школе. Отмечается, что активная практическая деятельность самих учащихся более положительно влияет на результативность, чем практика, где ведущую роль выполняет учитель.

М. Ю. Демидова, анализируя подходы к оценке качества естественно-научного образования, дает оценку основных подходов к оценке образовательных достижений обучающихся: системно-деятельностного, уровневого и комплексного [30]. Эти подходы активно используются при разработке новых моделей контрольных измерительных материалов, ориентированных на оценку планируемых результатов обучения.

А. В. Леонтович указывает на актуальность научно-практического образования и определяет его как направление образования, позволяющее ребенку приобрести знания, умения, навыки, компетентности, личностные смыслы, достаточные для его самореализации в условиях современной высокотехнологичной цивилизации на личностном, социальном, профессиональном уровнях. Предлагаемая концепция основана на технологиях проектной и исследовательской деятельности обучающихся. Автор указывает на необходимость реализации деятельностного подхода в содержании образования, реализации образовательных программ, которые позволили бы дать обучающимся возможность конструировать, исследовать, проектировать [31]. На наш взгляд, с точки зрения развития функциональной грамотности данная концепция весьма актуальна для формирования ее естественно-научного компонента.

Использованию в образовательном процессе исследовательского подхода посвящены работы Г. Ю. Семеновой. Автор справедливо полагает, что знания российских школьников в области естественных наук разобщены и далеки от практических умений и навыков, не имеют междисциплинарных связей [32]. Несмотря на хорошие теоретические знания в области биологии, химии и физики, обучающиеся не всегда могут применить их на практике, особенно во взаимосвязи с жизненной ситуацией или реальной проблемой. Г. Ю. Семенова предлагает при организации учебного процесса включать школьников в активную поисковую деятельность, что не только позволит творчески подходить к решению учебных задач, но и будет способствовать применению полученных знаний на практике.

Необходима единая концепция, которая будет основана на общих принципах дидактики и технологии. Тогда довольно легко реализовать связь между предметами и сформировать междисциплинарные знания и умения. С нашей точки зрения, такой подход является основой STEM-образования, довольно широко практикующегося за рубежом.

По мнению Т. С. Фещенко, сегодня необходимо отказаться от традиционного понимания освоения естественных наук. Изучение специально подобранных и адаптированных, но в большинстве случаев разрозненных по содержанию разделов фи-

зики, биологии, астрономии, химии в учебниках и пособиях должно остаться в прошлом. В современной системе образования эти науки должны не только изучаться на межпредметном уровне, но и объединиться с техникой и технологиями [33].

Все предметы естественно-научного цикла учат использовать фактические данные, доказывать, выявлять причинно-следственные связи, формулировать гипотезы, делать обоснованные выводы. В контексте естественных наук широко используется способность критически мыслить, оценивая информацию, умение моделировать, ставить эксперименты. Важно уделять внимание системной исследовательской работе, которая позволяет понять, как формируется научное познание. В данном контексте изучение естественно-научных предметов в сочетании с инженерией и технологией дает обучающимся возможность применить теоретические знания для решения практических задач. Всё вышеперечисленное входит в компетенции естественно-научной грамотности и дает широкие возможности для ее формирования и развития.

Разработку вопроса о необходимости объединения естественно-научного образования и технологий мы находим в большом количестве публикаций последних лет. STEM-образование, по мнению авторов рассмотренных нами публикаций, является перспективной альтернативой современного российского естественно-научного образования. Исследователи описывают разнообразные подходы к модернизации естественно-научного образования через объединение естественно-научных предметов с инженерией и технологией.

Ряд работ посвящен реализации STEM-подхода в преподавании отдельных дисциплин естественно-научного цикла. Так, в статье Г. Г. Никифорова изложены основные подходы к построению методики изучения физики на основе научного метода познания, самостоятельных экспериментальных исследований и системно-деятельностного подхода. По утверждению автора, отечественная методика изучения физики, в отличие от зарубежной, построена на фронтальной системе организации самостоятельного эксперимента. Позитивные сдвиги в результатах международных исследований, а также в итогах ОГЭ и ЕГЭ возможны только при условии изменений самой педагогической практики организации учебного процесса, внедрения исследовательской и проектной деятельности экспериментального характера в рамках урока и во внеурочной деятельности обучающихся [34].

Н. А. Юганова и М. Н. Шелуховская определяют значение STEM-подхода не только в преподавании естественно-научных предметов, но и во внеурочной деятельности, в дополнительном образовании и воспитательной работе. В последнем случае авторы указывают на применение STEM-подхода в рамках эффективности профориентационной работы. Что же касается внедрения данного подхода в урочную деятельность, то он как раз и позволит комплексно изучать предметы, не разделяя их по уровням и годам обучения. В этом случае можно будет перейти от наблюдения к гипотезе и эксперименту, от изучения отдельных предметов к изучению явлений, от получения абстрактных знаний к решению реальных жизненных проблем [35].

Подтверждение выводов об актуальности внедрения исследовательской и проектной деятельности обучающихся в практику преподавания дисциплин естественно-научного цикла и STEM-образования как приоритетного направления модернизации отечественного образования также находим во многих публикациях.

А. О. Репин выделяет несколько подходов к разработке программ данного направления: расширение опыта обучающихся в рамках определенных STEM-предметов с использованием проблемно ориентированного подхода; интеграция знания STEM-

предметов, чтобы создать более глубокое понимание их содержания, для последующей профессиональной ориентации обучающихся; внедрение многопрофильного подхода, который характеризуется интеграцией в обучении STEM-дисциплин, также с использованием проблемно ориентированного подхода при организации учебной деятельности и формированием единой школьной STEM-программы [36].

STEM-образование широко распространено и получило государственную поддержку во многих странах мира: Канаде, Европе и США. Анализ западных подходов показывает, что наиболее распространенной там является теория конструктивизма. Именно данный подход стал ведущим в естественно-научном образовании, послужив основой для организации учебного процесса и разработки учебных и методических материалов. Разработаны модели (универсальная, модель минимальной поддержки, предметная модель) использования исследовательской деятельности в процессе обучения [37]. Зарубежными авторами активно используется термин «практика» вместо привычных «умений» и «навыков». В данном случае речь идет о возможности овладения определенным набором способов действия и знаний, которые индивидуальны для каждой практики. Основной акцент смещается с базовых понятий на сквозные понятия и исследовательские инженерные практики, которые являются инструментом, определяющим уровень компетенций обучающихся, и помогают освоить научное содержание [38].

Стоит отметить, что в работах зарубежных исследователей [39, 40], посвященных STEM-подходу в естественно-научном образовании, показано, что данный подход способствует не только установлению взаимосвязи изучаемых предметов с реальной жизнью, но и развитию у обучающихся творческих способностей. При выполнении проектов ученик должен иметь полную свободу для творческого решения поставленных задач, которые он сразу сможет реализовать на практике. Такая практика весьма актуальна и в процессе обучения, и во взрослой жизни, так как школьник приобретает умение планировать свою деятельность исходя из поставленной задачи и тех ресурсов, которые он имеет.

С. А. Чайка рассматривает STEM-подход в рамках применения проблемного обучения. Автор описывает практический опыт использования данного подхода в урочной деятельности обучающихся в рамках изучения химии и биологии, а также во внеучебной деятельности (летние школы) [41].

Проблемы формирования умений исследовательской деятельности учащихся общеобразовательных школ рассмотрены в работах Н. А. Заграничной. Автор отмечает, что ознакомление школьников с циклом научного метода, составляющими его приемами и операциями является условием формирования успешного опыта проведения учебных исследований и получения обоснованных и значимых результатов. Однако, несмотря на то что учебно-исследовательская деятельность стала обязательным условием организации учебной работы в школе, она нередко становится формальной. Педагоги, организующие подобную деятельность обучающихся, сами не в полной мере владеют терминологией и методикой. Исследователь акцентирует внимание на использовании научного метода познания как основы организации процесса изучения химии и биологии на уроках и во внеурочное время для самостоятельной исследовательской деятельности учащихся. Этому способствуют изменения в нормативных документах ФГОС и усиление внимания к таким аспектам образованности выпускников, как «умение учиться», «способность к самостоятельному познанию» [42].

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

Методологическая база исследования опирается на использование STEM-подхода, актуальность внедрения которого в исследовательскую и проектную деятельность обучающихся и в практику преподавания дисциплин естественно-научного цикла описана в ряде научных работ (Е. М. Амплееenkova, С. В. Лозовенко, Н. И. Морозова, Г. Г. Никифоров, М. Н. Шелюховская, Н. А. Юганова и др.).

Среди использованных в исследовании методов – изучение данных научно-методической литературы, анализ и обобщение.

Результаты исследования / Research results

Согласно поставленной цели исследования, в ходе анализа российских и зарубежных научных работ нами был определен и апробирован ряд условий формирования естественно-научной грамотности обучающихся:

- использование инновационных образовательных площадок дополнительного образования с современным оборудованием и техникой;
- использование STEM-подхода в учебной и проектной деятельности обучающихся;
- расширение предметной области знаний и формирование процедурного знания и компетенций естественно-научной грамотности за счет включения образовательных модулей и использования цифрового оборудования;
- подготовка педагогических кадров с новыми компетенциями и высокой мотивацией к профессиональной деятельности.

В рамках построения новой модели системы дополнительного образования технопарки являются ее неотъемлемой частью, теми платформами, на которых внедряются инновационные образовательные технологии, включая и STEM-подход. Образовательное пространство технопарка является площадкой, на которой студенты – будущие педагоги приобретают опыт работы со школьниками, реализуют проектную и исследовательскую работу, формируют компетенции функциональной грамотности, профессионально развиваются.

В данном контексте технопарк универсальных педагогических компетенций выступает образовательной средой, способствующей развитию естественно-научной грамотности, повышению исследовательской активности, совершенствованию практической подготовки, удовлетворению познавательного интереса в области естественных наук не только студентов, но и школьников [43].

На базе Алтайского государственного гуманитарно-педагогического университета имени В. М. Шукшина создан Технопарк универсальных педагогических компетенций, оснащенный современным оборудованием для проектной и исследовательской работы школьников. На платформе технопарка разработана и реализуется дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа естественно-научной направленности «НаукаСтарт» для учащихся 7–10-х классов. Отличительной особенностью программы является ее междисциплинарная ориентированность и разноуровневость, реализующая право каждого ребенка на овладение компетенциями, знаниями и умениями в индивидуальном темпе, объеме и сложности, исходя из диагностики его стартовых возможностей. Последние определяются входным тестированием, в структуру которого входят задания, позволяющие выявить уровень сформированности компетенций естественно-научной грамотности: умения применять естественно-научные знания в сложных жизненных ситуациях, объяснять и аргументировать, критически анализировать, связывать информацию из различных источников и использовать ее для обоснования различных решений.

Программа нацелена на формирование и развитие содержательного и процедурного знаний, являющихся неотъемлемыми компонентами естественно-научной грамотности. Выбирая определенное направление, обучающиеся получают возможность изучать теоретический материал на межпредметном уровне, проводить опыты в области генетики, физиологии человека, биофизики и биохимии, а также использовать полученные знания и умения для создания STEM-проектов. Программа включает в себя теоретические и практические занятия по таким разделам, как «Физические системы. Физика», «Физические системы. Химия», «Живые системы. Биология». Основными формами занятий являются лабораторные работы и практикумы. В ходе занятий школьники получают возможность работать с современным оборудованием, что позволяет формировать и расширять их теоретические знания и совершенствовать практические навыки.

Программа реализуется в течение одного года обучения короткими сессионными периодами во время школьных каникул. В настоящее время нами проведены три каникулярные школы (биология, химия и физика) для учащихся города Бийска в возрасте 13–16 лет. Общее количество обучающихся составило 40 человек.

В ходе реализации программы были использованы и другие, указанные выше, условия формирования естественно-научной грамотности обучающихся и получены определенные результаты.

При реализации программы «НаукаСтарт» активно использовался STEM-подход в учебной и проектной деятельности обучающихся. Междисциплинарная ориентированность содержания занятий позволяет углублять предметные знания учеников в комплексе с инженерными дисциплинами, что является основой использования STEM-подхода. Результатом обучения по программе является STEM-проект, выбор темы которого осуществляется обучающимися самостоятельно или по предложению наставника, например «Биофизика. Колебания и волны в живых организмах», «Биофизика. Электричество в живом организме», «3D-моделирование химических веществ», «3D-моделирование биологических объектов», «Биофизика. Человеческая оптика», «Бионика. Изобретательная природа», «Формы звука». Выполнение проекта ведется в малых группах на базе технопарка в отведенное для самостоятельной работы время.

Используя цифровое оборудование технопарка как инструмент в сочетании с общепринятыми методами преподавания естественно-научных дисциплин возможно расширить предметные знания обучающихся, выйти «за рамки» школьной программы, дать понимание самой сути предмета и его применения в практической сфере. Это, в свою очередь, ведет к обновлению содержания школьного образования в рамках дисциплин естественно-научного цикла.

Для обучающихся на базе Технопарка универсальных педагогических компетенций нами был разработан веб-сайт и создан ряд видеоматериалов, которые используются на практических занятиях: мастер-классы по работе с цифровым микроскопом, камерой гель-электрофореза (генетика), интерактивным анатомическим атласом «Пирогов», экспериментальной установкой «Осмос – зависимость осмотического давления от концентрации», экспериментальной установкой «Построение фигур Хладни», видеоинструкция по 3D-моделированию биологических объектов.

Для школьников, студентов и учителей-предметников разработано учебно-методическое пособие, в котором представлены учебные материалы и методические рекомендации по организации практической и проектной работы при изучении дисциплин естественно-научного цикла.

Студенты, используя ресурсы технопарка, осваивают методику преподавания естественно-научных дисциплин, учатся работать с оборудованием и осваивают практические навыки организации исследовательской и проектной деятельности обучающихся. Из числа студентов-старшекурсников формируется группа наставников, которые проводят консультации, организуют и сопровождают самостоятельную работу обучающихся, включая проектную деятельность.

Таким образом, при использовании всех вышеперечисленных условий у школьников и студентов формируются компетенции естественно-научной грамотности, развиваются умения применять соответствующие естественно-научные знания для объяснения явления; объяснять принцип действия технического устройства или технологии; предлагать или оценивать способ научного исследования; выдвигать объяснительные гипотезы и предлагать способы их проверки; анализировать, интерпретировать данные и делать соответствующие выводы.

Заключение / Conclusion

В современной системе отечественного естественно-научного образования необходимо новое построение процесса обучения, основанного на научном методе познания, межпредметных и метапредметных принципах взаимосвязи дисциплин естественно-научного цикла. Когда процесс обучения будет организован таким образом, это приведет не только к пониманию школьниками теоретического материала, но и к формированию компетенций, необходимых для связи этих знаний с практикой и реальной жизнью.

Повышение уровня естественно-научного образования и успех формирования и развития естественно-научной грамотности российских школьников могут быть обеспечены за счет достижения в процессе обучения планируемых предметных, метапредметных и личностных результатов, реализации комплексного системно-деятельностного подхода.

Формирование естественно-научной грамотности обучающихся будет успешным при соблюдении ряда условий:

- интегративность, непрерывность и преемственность в формировании естественно-научной грамотности на всех этапах общего образования, когда естественно-научные предметы изучаются в комплексе и неразрывно связаны на всех ступенях школьного образования;
- расширение образовательного пространства обучающихся, включение в образовательный процесс системы дополнительного образования (технопарки, кванториумы);
- активное внедрение в преподавание естественно-научных предметов STEM-подхода, направленного на освоение проектных и исследовательских компетенций обучающихся;
- подготовка педагогических кадров с новыми компетенциями и высокой мотивацией к профессиональной деятельности.

Результаты исследования позволяют очертить направления в создании единой концепции, в рамках которой будут реализовываться практико-ориентированный, проблемный и STEM-подходы в осуществлении процесса обучения, в организации эффективного формирования и развития функциональной грамотности обучающихся, в частности ее естественно-научного компонента. Данная концепция подразумевает и изменения в содержании предметов естественно-научного цикла, учебно-методических комплексов и методах преподавания данных дисциплин.

Ссылки на источники / References

1. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas // Committee on Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. National Research Council. – Washington, DC: The National Academies Press, 2012. – 399 p. – URL: https://smile.oregonstate.edu/sites/smile.oregonstate.edu/files/a_framework_for_k-12_science_education.pdf
2. NRC. K-12 National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. – Washington, DC: The National Academies Press, 2012. – URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an>
3. Суворова С. А., Смирнова А. В. Проблема определения понятия «научная грамотность» в рамочных документах международного исследования PISA // Педагогическая перспектива. – 2021. – № 4. – С. 3–12.
4. Перминова Л. М. Дидактическое обоснование формирования естественно-научной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2017. – Т. 1. – № 4 (41). – С. 162–171.
5. Пентин А. Ю., Ковалева Г. С., Давыдова Е. М., Смирнова Е. С. Особенности школьного естественнонаучного образования в России в ракурсе международных исследований TIMSS и PISA // Естественнонаучное образование: проблемы оценки качества. – М., 2018. – С. 42–60.
6. Пентин А. Ю., Ковалева Г. С., Давыдова Е. И. Состояние естественнонаучного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA // Вопросы образования. – 2018. – № 1. – С. 79–109.
7. Ковалева Г. С., Демидова М. Ю. Естественнонаучная грамотность российских обучающихся. – 2009. – URL: <http://nmspataru.com/assets/files/estestvennonauchnaya-gramotnost-rossijskih-uchashhihsya.pdf>
8. Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Никишова Е. А. Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – Т. 1. – № 4 (61). – С. 80–97.
9. Каверина А. А., Молчанова Г. Н., Свириденкова Н. В. Из опыта разработки заданий по оценке естественнонаучной грамотности школьников при обучении химии // Народное образование. Педагогические измерения. – 2017. – Вып. 2. – С. 90–96.
10. Коваль Т. В., Дюкова С. Е. Глобальные компетенции – новый компонент функциональной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – № 4 (61). – С. 112–123.
11. Ковалева Г. С. Что необходимо знать каждому учителю о функциональной грамотности // Вестник образования России. – 2019. – № 16. – С. 7–11. – URL: <http://skiv.instraio.ru/content/board1/93.pdf>
12. Завальцева О. А., Мишина О. С. Естественнонаучная грамотность как аксиологический ориентир современного школьного биологического образования // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – № 69-2. – С. 119–122.
13. Галкина Е. А., Лукина А. В. Дидактические основы понятия о естественнонаучной грамотности личности обучающегося // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – № 4 (30). – С. 46–48.
14. Ямщикова Д. С. Контекстные задания по биологии как средство формирования естественнонаучной грамотности обучающихся 7–9 классов // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 3. – С. 22. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31721>
15. International science benchmarking report. Taking the lead in science education: forging Next-Generation Science Standards // Achieve. – 2010. – 83 с. – URL: <https://www.achieve.org/files/InternationalScienceBenchmarkingReport.pdf>
16. National science education standards National Academy Press Washington, DC. – URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/4962/national-science-education-standards>
17. Уваров А. Ю. О новом стандарте естественнонаучного образования в школах США // Наука и школа. – 2014. – № 4. – С. 24–37.
18. Алексашина И. Ю. Проблемы преподавания естествознания в России и за рубежом / под ред. Е. Б. Петровой. – М.: Ленанд, 2014. – 160 с. – (Сер. 44 Психология, педагогика, технология обучения).
19. Загвоздкин В. К. Общая концепция результатов естественно-научного образования в Канаде // Школьные технологии. – 2010. – № 2. – С. 99–105.
20. Пентин А. Ю., Заграничная Н. А., Никишова Е. А., Семенова Г. Ю. Уровни освоения основных компетенций естественно-научной грамотности учащимися Московской области: результаты диагностики // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2020. – Т. 2. – № 2 (70). – С. 202–218.
21. Разумовский В. Г. Проблемы формирования естественнонаучной грамотности учащихся основной школы // Педагогический журнал Башкортостана. – 2016. – № 1 (62). – С. 12–34.
22. Ковалёва Г. С., Логинова О. Б. Успешная школа и эффективная система образования: какие факторы помогают приблизиться к идеалу? (По данным исследования PISA-2015) // Педагогические измерения. – 2017. – № 2. – С. 69–80.
23. Джумаева С. А., Гафурова Н. М., Холмуродов М. Н. Развитие функциональной грамотности учащихся в условиях обновления содержания образования // Вестник науки и образования. – 2016. – № 4 (16). – С. 41–43.

24. Разумовский В. Г., Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Попова Г. М. Естественнонаучная грамотность и экспериментальные умения выпускников основной школы: некоторые результаты диагностики // Школьные технологии. – 2016. – № 1. – С. 63–91.
25. Разумовский В. Г., Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Попова Г. М. Естественнонаучная грамотность: контрольные материалы и экспериментальные умения // Народное образование. – 2016. – № 4. – С. 159–167.
26. Рохлов В. С. Методика формирования и оценивания образовательных навыков, компетенций обучающихся по программам основного общего образования по биологии, необходимых для решения практико-ориентированных задач. – М., 2021. – 33 с.
27. Бегашева И. С. и др. Формирование функциональной грамотности школьников в контексте преподавания учебных предметов: учеб.-метод. пособие. – Челябинск: ЧИППКРО, 2021. – 80 с.
28. Ковалева Г. С. Инновационный проект Министерства просвещения Российской Федерации «Мониторинг формирования функциональной грамотности», осуществление которого поручено ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования» // Материалы Всероссийского форума экспертов по функциональной грамотности. Мониторинг формирования и оценки функциональной грамотности Естественнонаучная грамотность. Министерство просвещения Российской Федерации Институт стратегии развития образования Российской Академии образования. – Москва, 17–18 декабря 2019. – 70 с. – URL: https://mon.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_2941946.pdf
29. Новолодская Е. Г. Систематизация и структурирование учебного материала при изучении географии в 5–9 классах в рамках развития естественнонаучной грамотности обучающихся // Школьные технологии. – 2022. – № 2. – С. 68–80. – URL: <https://narodnoe.org/journals/shkolnie-tehnologii/2022-2/sistematizaciya-i-strukturirovanie-uchebnogo-materiala-pri-izuchenii-geografii-v-5-9-h-klassah-v-ramkah-razvitiya-estestvennonauchnoiy-gramotnosti-obuchayushih-sya>
30. Демидова М. Ю. Современные подходы к оценке качества естественнонаучного образования в международных и национальных исследованиях // Естественнонаучное образование: проблемы оценки качества: сб. науч. тр. / под общ. ред. проф. Г. В. Лисичкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2018. – Т. 14. – С. 14–41.
31. Леонтович А. В. Научно-практическое образование: теоретико-прикладные аспекты // Народное образование. – 2018. – № 1–2. – С. 98–99.
32. Семенова Г. Ю. Реализация содержания технологического образования на основе исследовательского подхода в условиях современной информационной среды // Научно-практическое образование, исследовательское обучение, STEAM-образование: новые типы образовательных ситуаций: сб. докл. IX Междунар. науч.-практ. конф. «Исследовательская деятельность учащихся в современном образовательном пространстве». – М., 2018. – Т. 1. – С. 77–82. – URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/222421729.pdf>
33. Фещенко Т. С. Естественнонаучное образование школьников: от теории к практике // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 9 (Ч. 2). – С. 161–168.
34. Никифоров Г. Г. Обновление методики изучения физики на основе научного метода и самостоятельных экспериментальных исследований учащихся // Научно-практическое образование, исследовательское обучение, STEAM-образование: новые типы образовательных ситуаций: сб. докл. IX Междунар. науч.-практ. конф. «Исследовательская деятельность учащихся в современном образовательном пространстве». – М., 2018. – Т. 1. – С. 173–184. – URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/222421729.pdf>
35. Юганова Н. А., Шелюховская М. Н. От теории к практике. Виртуальный конструктор STEM-урока / ГБОУ лицей № 344 Невского района Санкт-Петербурга. – 2020. – 35 с. – URL: https://licey344spb.ru/innovacionnaya-deyatelnost/innovacionnye-programmy-liceya/innovacionno-obrazovatel'naya-programma_stem/
36. Репин А. О. Актуальность STEM-образования в России как приоритетного направления государственной политики // Научная идея. Сетевой научный журнал. – 2017. – № 1 (1). – С. 76–82.
37. Уваров А. Ю. Исследовательский подход в обучении естественным наукам за рубежом // Научно-практическое образование, исследовательское обучение, STEAM-образование: новые типы образовательных ситуаций: сб. докл. IX Междунар. науч.-практ. конф. «Исследовательская деятельность учащихся в современном образовательном пространстве». – М., 2018. – Т. 1. – С. 34–54. – URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/222421729.pdf>
38. Breiner J. et al. What is STEM? A discussion of conceptions of STEM in education and partnerships // School Science and Mathematics. – 2012. – № 112 (1). – Р. 3–11.
39. Ногайбаева Г., Жумажанова С. Развитие STEM-образования в мире и Казахстане. – 2016. – URL: <https://bkokdi.kz/nconf2018/3-section/4064-stem-.html>
40. STEM Integration in K-12 Education 2014 – STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. – Washington, DC: The National Academies Press, 2014. – URL: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an>
41. Чайка С. А. Возможности подхода STEM в преподавании естественных наук // Проблемы современной науки и образования. – 2017. – № 22 (104). – С. 74–77.

42. Заграничная Н. А. Организация учебно-исследовательской деятельности школьников на основе научного метода познания // Научно-практическое образование, исследовательское обучение, STEAM-образование: новые типы образовательных ситуаций: сб. докл. IX Междунар. науч.-практ. конф. «Исследовательская деятельность учащихся в современном образовательном пространстве». – М., 2018. – Т. 1. – С. 197–206.
 43. Беликова Р. М. Использование STEM-подхода при формировании естественнонаучного компонента функциональной грамотности // Современная школа России. Вопросы модернизации. – 2022. – № 6 (43). – С. 80–81. – URL: <http://www.science.russia-school.com/books/collection-6-43.pdf>
-
1. (2012). “A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas”, *Committee on Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. National Research Council*, The National Academies Press, Washington, DC, 399 p. Available at: https://smile.oregonstate.edu/sites/smile.oregonstate.edu/files/a_framework_for_k-12_science_education.pdf (in English).
 2. (2012). *NRC. K-12 National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Idea*, The National Academies Press, Washington, DC. Available at: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an> (in English).
 3. Suvorova, S. A., & Smirnova, A. V. (2021). “Problema opredeleniya ponyatiya “nauchnaya gramotnost” v ramochnykh dokumentakh mezhdunarodnogo issledovaniya PISA” [The problem of defining the concept of “scientific literacy” in the documents of the PISA international research], *Pedagogicheskaya perspektiva*, № 4, pp. 3–12 (in Russian).
 4. Perminova, L. M. (2017). “Didakticheskoe obosnovanie formirovaniya estestvenno-nauchnoy gramotnosti” [Didactic substantiation of the formation of natural science literacy], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, t. 1, № 4 (41), pp. 162–171 (in Russian).
 5. Pentin, A. Yu., Kovaleva, G. S., Davydova, E. M., & Smirnova, E. S. (2018). “Osobennosti shkol'nogo estestvennonauchnogo obrazovaniya v Rossii v rakurse mezhdunarodnykh issledovaniy TIMSS i PISA” [Characteristics of school science education in Russia from the perspective of international studies TIMSS and PISA], *Estestvennonauchnoe obrazovanie: problemy ocenki kachestva*, Moscow, pp. 42–60 (in Russian).
 6. Pentin, A. Yu., Kovaleva, G. S., & Davydova, E. I. (2018). “Sostoyanie estestvennonauchnogo obrazovaniya v rossijskoj shkole po rezul'tatam mezhdunarodnykh issledovaniy TIMSS i PISA” [The condition of natural science education in Russian school according to the results of international studies TIMSS and PISA], *Voprosy obrazovaniya*, № 1, pp. 79–109 (in Russian).
 7. Kovaleva, G. S., & Demidova, M. Yu. (2009). *Estestvennonauchnaya gramotnost' rossijskikh obuchayushchihsya* [Natural science literacy of Russian students]. Available at: <http://nmspataru.com/assets/files/estestvennonauchnaya-gramotnost-rossijskikh-uchashchihsya.pdf>
 8. Pentin, A. Yu., Nikiforov, G. G., & Nikishova, E. A. (2019). “Osnovnye podhody k ocenke estestvennonauchnoy gramotnosti” [The main approaches to the assessment of natural science literacy], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, t. 1, № 4 (61), pp. 80–97 (in Russian).
 9. Kaverina, A. A., Molchanova, G. N., & Sviridenkova, N. V. (2017). “Iz opyta razrabotki zadaniy po ocenke estestvenno-nauchnoy gramotnosti shkol'nikov pri obuchenii himii” [From the experience of working out tasks to assess the natural science literacy of schoolchildren in teaching chemistry], *Narodnoe obrazovanie. Pedagogicheskie izmereniya*, vyp. 2, pp. 90–96 (in Russian).
 10. Koval', T. V., & Dyukova, S. E. (2019). “Global'nye kompetencii – novyj komponent funkcional'noj gramotnosti” [Global competences – a new component of functional literacy], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, № 4 (61), pp. 112–123 (in Russian).
 11. Kovaleva, G. S. (2019). “Chto neobhodimo znat' kazhdomu uchitelyu o funkcional'noj gramotnosti” [What every teacher needs to know about functional literacy], *Vestnik obrazovaniya Rossii*, № 16, pp. 7–11. Available at: <http://skiv.instrao.ru/content/board1/93.pdf> (in Russian).
 12. Zaval'ceva, O. A., & Mishina, O. S. (2020). “Estestvennonauchnaya gramotnost' kak aksiologicheskij orientir sovremennogo shkol'nogo biologicheskogo obrazovaniya” [Natural science literacy as an axiological guideline of modern school biological education], *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya*, № 69-2, pp. 119–122 (in Russian).
 13. Galkina, E. A., & Lukina, A. V. (2014). “Didakticheskie osnovy ponyatiya o estestvennonauchnoy gramotnosti lichnosti obuchayushchegosya” [Didactic foundations of the concept of the student's personal natural science literacy], *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, № 4 (30), pp. 46–48 (in Russian).
 14. Yamshchikova, D. S. (2022). “Kontekstnye zadaniya po biologii kak sredstvo formirovaniya estestvennonauchnoy gramotnosti obuchayushchihsya 7–9 klassov” [Contextual tasks in biology as a means of forming the natural science literacy of students in grades 7–9], *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, № 3, p. 22. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31721> (in Russian).
 15. (2010). “International science benchmarking report. Taking the lead in science education: forging Next-Generation Science Standards”, *Achieve*, 83 p. Available at: <https://www.achieve.org/files/InternationalScienceBenchmarkingReport.pdf> (in English).

16. *National science education standards National Academy Press Washington, DC.* Available at: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/4962/national-science-education-standards> (in English).
17. Uvarov, A. Yu. (2014). "O novom standarte estestvennonauchnogo obrazovaniya v shkolah SShA" [About the new standard of science education in US schools], *Nauka i shkola*, № 4, pp. 24–37 (in Russian).
18. Aleksashina, I. Yu. (2014). *Problemy prepodavaniya estestvoznaniya v Rossii i za rubezhom* [Issues of teaching natural science in Russia and abroad], Lenand, Moscow, 160 p. (Ser. 44 Psihologiya, pedagogika, tekhnologiya obucheniya) (in Russian).
19. Zagvozdkin, V. K. (2010). "Obshchaya koncepciya rezul'tatov estestvenno-nauchnogo obrazovaniya v Kanade" [General concept of science education outcomes in Canada], *Shkol'nye tekhnologii*, № 2, pp. 99–105 (in Russian).
20. Pentin, A. Yu., Zagranichnaya, N. A., Nikishova, E. A., & Semenova, G. Yu. (2020). "Urovni osvoeniya osnovnykh kompetencij estestvenno-nauchnoj gramotnosti uchashchimisya Moskovskoj oblasti: rezul'taty diagnostiki" [Levels of learning the basic competences of natural science literacy by students of the Moscow region: results of diagnostics], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, t. 2, № 2 (70), pp. 202–218 (in Russian).
21. Razumovskij, V. G. (2016). "Problemy formirovaniya estestvennonauchnoj gramotnosti uchashchihsya osnovnoj shkoly" [Issues of natural science literacy formation in basic school students], *Pedagogicheskij zhurnal Bashkortostana*, № 1 (62), pp. 12–34 (in Russian).
22. Kovalyova, G. S., & Loginova, O. B. (2017). "Uspeshnaya shkola i effektivnaya sistema obrazovaniya: kakie faktory pomogayut priblizit'sya k idealu? (Po dannym issledovaniya PISA-2015)" [A successful school and an effective education system: what factors help to get closer to the ideal? (According to the PISA-2015 study)], *Pedagogicheskie izmereniya*, № 2, pp. 69–80 (in Russian).
23. Dzhumaeva, S. A., Gafurova, N. M., & Holmurodov, M. N. (2016). "Razvitie funkcional'noj gramotnosti uchashchihsya v usloviyah obnovleniya soderzhaniya obrazovaniya" [Development of functional literacy of students in the context of updating the content of education], *Vestnik nauki i obrazovaniya*, № 4 (16), pp. 41–43 (in Russian).
24. Razumovskij, V. G., Pentin, A. Yu., Nikiforov, G. G., & Popova, G. M. (2016). "Estestvennonauchnaya gramotnost' i eksperimental'nye umeniya vypusnikov osnovnoj shkoly: nekotorye rezul'taty diagnostiki" [Natural science literacy and experimental skills of basic school graduates: some diagnostic results], *Shkol'nye tekhnologii*, № 1, pp. 63–91 (in Russian).
25. Razumovskij, V. G., Pentin, A. Yu., Nikiforov, G. G., & Popova, G. M. (2016). "Estestvennonauchnaya gramotnost': kontrol'nye materialy i eksperimental'nye umeniya" [Natural science literacy: control materials and experimental skills], *Narodnoe obrazovanie*, № 4, pp. 159–167 (in Russian).
26. Rohlov, V. S. (2021). *Metodika formirovaniya i ocenivaniya obrazovatel'nykh navykov, kompetencij obuchayushchihsya po programmam osnovnogo obshchego obrazovaniya po biologii, neobhodimyyh dlya resheniya praktiko-orientirovannykh zadach* [Methodology of formation and evaluation of educational skills, competencies of students in basic general education programs in biology, necessary for solving practice-oriented tasks], Moscow, 33 p. (in Russian).
27. Begasheva, I. S. et al. (2021). *Formirovanie funkcional'noj gramotnosti shkol'nikov v kontekste prepodavaniya uchebnykh predmetov* [Formation of functional literacy of students in the context of teaching school subjects]: *ucheb.-metod. posobie*, ChIPPKRO, Chelyabinsk, 80 p. (in Russian).
28. Kovaleva, G. S. (2019). "Innovacionnyj proekt Ministerstva prosveshcheniya Rossijskoj Federacii "Monitoring formirovaniya funkcional'noj gramotnosti", osushchestvlenie kotorogo porucheno FGBNU "Institut strategii razvitiya obrazovaniya Rossijskoj akademii obrazovaniya" [The innovative project of the Ministry of Education of the Russian Federation "Monitoring the formation of functional literacy", the implementation of which is entrusted to the Institute of Education Development Strategy of the Russian Academy of Education], *Materialy Vserossijskogo foruma ekspertov po funkcional'noj gramotnosti. Monitoring formirovaniya i ocenki funkcional'noj gramotnosti Estestvennonauchnaya gramotnost'. Ministerstvo prosveshcheniya Rossijskoj Federacii Institut strategii razvitiya obrazovaniya Rossijskoj Akademii obrazovaniya, Moskva, 17–18 dekabrya*, 70 p. Available at: https://mon.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_2941946.pdf (in Russian).
29. Novolodskaya, E. G. (2022). "Sistematizaciya i strukturirovanie uchebnogo materiala pri izuchenii geografii v 5–9 klassah v ramkah razvitiya estestvennonauchnoj gramotnosti obuchayushchihsya" [Systematization and structuring of educational material in the study of geography in grades 5–9 as part of the development of natural science literacy of students], *Shkol'nye tekhnologii*, № 2, pp. 68–80. Available at: <https://narodnoe.org/journals/shkolnietekhnologii/2022-2/sistematizaciya-i-strukturirovanie-uchebnogo-materiala-pri-izuchenii-geografii-v-5-9-h-klassah-v-ramkah-razvitiya-estestvennonauchnoy-gramotnosti-obuchayushchihsya> (in Russian).
30. Demidova, M. Yu. (2018). "Sovremennye podhody k ocenke kachestva estestvennonauchnogo obrazovaniya v mezhduna-rodnykh i nacional'nykh issledovaniyah" [Modern approaches to assessing the quality of natural science education in international and national studies], in Lisichkin, G. V. (ed.). *Estestvennonauchnoe obrazovanie: problemy ocenki kachestva: sb. nauch. tr.*, Izd-vo Mosk. un-ta, Moscow, t. 14, pp. 14–41 (in Russian).
31. Leontovich, A. V. (2018). "Nauchno-prakticheskoe obrazovanie: teoretiko-prikladnye aspekty" [Scientific and practical education: theoretical and applied aspects], *Narodnoe obrazovanie*, № 1–2, pp. 98–99 (in Russian).

32. Semenova, G. Yu. (2018). "Realizatsiya soderzhaniya tekhnologicheskogo obrazovaniya na osnove issledovatel'skogo podhoda v usloviyakh sovremennoj informacionnoj sredy" [Implementation of the content of technological education based on a research approach in the modern information environment], *Nauchno-prakticheskoe obrazovanie, issledovatel'skoe obuchenie, STEAM-obrazovanie: novye tipy obrazovatel'nykh situatsiy: sb. dokl. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Issledovatel'skaya deyatel'nost' uchashchihsya v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve"*, Moscow, t. 1, pp. 77–82. Available at: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/222421729.pdf> (in Russian).
33. Feshchenko, T. S. (2020). "Estestvennonauchnoe obrazovanie shkol'nikov: ot teorii k praktike" [Science education of schoolchildren: from theory to practice], *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, № 9 (Ch. 2), pp. 161–168 (in Russian).
34. Nikiforov, G. G. (2018). "Obnovlenie metodiki izucheniya fiziki na osnove nauchnogo metoda i samostoyatel'nykh eksperimental'nykh issledovaniy uchashchihsya" [Updating the methodology of learning physics based on the scientific method and independent experimental studies of students], *Nauchno-prakticheskoe obrazovanie, issledovatel'skoe obuchenie, STEAM-obrazovanie: novye tipy obrazovatel'nykh situatsiy: sb. dokl. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Issledovatel'skaya deyatel'nost' uchashchihsya v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve"*, Moscow, t. 1, pp. 173–184. Available at: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/222421729.pdf> (in Russian).
35. Yuganova, N. A., & Shelyuhovskaya, M. N. (2020). *Ot teorii k praktike. Virtual'nyy konstruktor STEM-uroka [From theory to practice. Virtual STEM Lesson Constructor]*, GBOU licey № 344 Nevskogo rajona Sankt-Peterburga, 35 p. Available at: https://licey344spb.ru/innovacionnaya-deyatelnost/innovacionnye-programmy-liceya/innovacionno-obrazovatel'naya-programma_stem/ (in Russian).
36. Repin, A. O. (2017). "Aktual'nost' STEM-obrazovaniya v Rossii kak prioriternogo napravleniya gosudarstvennoy politiki" [The relevance of STEM education in Russia as a priority direction of government policy], *Nauchnaya ideya. Setevoy nauchnyy zhurnal*, № 1 (1), pp. 76–82 (in Russian).
37. Uvarov, A. Yu. (2018). "Issledovatel'skiy podhod v obuchenii estestvennykh nauk za rubezhom" [Research approach in teaching natural sciences abroad], *Nauchno-prakticheskoe obrazovanie, issledovatel'skoe obuchenie, STEAM-obrazovanie: novye tipy obrazovatel'nykh situatsiy: sb. dokl. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Issledovatel'skaya deyatel'nost' uchashchihsya v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve"*, Moscow, t. 1, pp. 34–54. Available at: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/222421729.pdf> (in Russian).
38. Breiner, J. et al. (2012). "What is STEM? A discussion of conceptions of STEM in education and partnerships", *School Science and Mathematics*, № 112 (1), pp. 3–11 (in English).
39. Nogajbaeva, G., & Zhumazhanova, S. (2016). *Razvitie STEM-obrazovaniya v mire i Kazahstane [Development of STEM education in the world and Kazakhstan]*. Available at: <https://bkokdi.kz/nconf2018/3-section/4064-stem-.html> (in Russian).
40. (2014). *STEM Integration in K-12 Education 2014 – STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*, The National Academies Press, Washington, DC. Available at: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18612/stem-integration-in-k-12-education-status-prospects-and-an> (in English).
41. Chajka, S. A. (2017). "Vozmozhnosti podhoda STEM v prepodavanii estestvennykh nauk" [Potentials of the STEM Approach in Science Teaching], *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya*, № 22 (104), pp. 74–77 (in Russian).
42. Zagranichnaya, N. A. (2018). "Organizatsiya uchebno-issledovatel'skoj deyatel'nosti shkol'nikov na osnove nauchnogo metoda poznaniya" [Organization of educational and research activities of schoolchildren based on the scientific method of cognition], *Nauchno-prakticheskoe obrazovanie, issledovatel'skoe obuchenie, STEAM-obrazovanie: novye tipy obrazovatel'nykh situatsiy: sb. dokl. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Issledovatel'skaya deyatel'nost' uchashchihsya v sovremennom obrazovatel'nom prostranstve"*, Moscow, t. 1, pp. 197–206 (in Russian).
43. Belikova, R. M. (2022). "Ispol'zovanie STEM-podhoda pri formirovanii estestvennonauchnogo komponenta funktsional'noy gramotnosti" [Using the STEM approach in the formation of the natural science component of functional literacy], *Sovremennaya shkola Rossii. Voprosy modernizatsii*, № 6 (43), pp. 80–81. Available at: <http://www.science.russia-school.com/books/collection-6-43.pdf> (in Russian).

Вклад авторов

О. В. Попова – обзор публикаций по теме статьи; анализ полученных данных; написание текста рукописи.

Р. М. Беликова – разработка дизайна исследования; корректировка рукописи.

Е. Г. Новолодская – разработка дизайна исследования; корректировка рукописи.

Contribution of the authors

O. V. Popova – review of publications on the topic of the article; analysis of the data obtained; writing the text of the article.

R. M. Belikova – development of the research design; correction of the article text.

E. G. Novolodskaya – development of the research design; correction of the article text.