

DOI: 10.20913/2224-1841-2026-1-9
УДК 378.14:004

Оригинальная статья

Навигатор по открытым образовательным ресурсам – ключ к совершенствованию естественно-научного образования

Л. Л. Садовская

Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН
Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Sadovskaya@spsl.nsc.ru
ORCID: 0000-0001-9069-0049

Аннотация. *Введение.* Статья рассматривает роль естественно-научного образования в социальном и экономическом развитии общества. Акцент сделан на важности естественно-научной грамотности и применении информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для повышения качества обучения. Особое внимание уделяется использованию открытых образовательных ресурсов (ООР) как эффективного инструмента модернизации естественно-научного образования. *Постановка задачи.* Проблема поиска и эффективного использования ООР приобретает особую остроту в условиях трансформации образовательных реформ в России и нарастающего объема информационных ресурсов. Данная работа направлена на анализ текущего состояния ООР и разработку специального инструмента – «Навигатора по ООР естественных наук», предназначенного для повышения доступности качественных образовательных материалов. *Методология и методика исследования.* Применялся комплексный подход, включавший теоретический анализ научных публикаций, опрос преподавателей и студентов, а также сравнительные и обобщающие методы обработки данных. Выборка включала 26 публикаций и результаты опроса, в котором участвовали 12 преподавателей и 95 студентов из вузов Новосибирска. Значительное внимание уделялось опыту научных библиотек в создании цифровых образовательных пространств и соответствию критериев отбора ресурсов потребностям образовательных учреждений. *Результаты исследования.* В ходе исследования выявлено, что использование ООР оказывает положительное влияние на успеваемость студентов и мотивацию к обучению. Разработан и апробирован «Навигатор по ООР естественных наук», который значительно сократил время поиска и увеличил доступность качественных образовательных материалов. Данный инструмент позволяет преподавателям и студентам оперативно находить необходимую информацию, экономя время и финансовые ресурсы. *Выводы.* Создание «Навигатора по ООР» представляет собой важный шаг вперед в развитии образовательных практик и достижении высокого качества естественно-научного образования в России. Научные библиотеки выступают важными партнерами в поддержке внедрения ООР, обеспечивая качественную методическую поддержку и информационное сопровождение преподавателей и студентов.

Ключевые слова: открытая наука, высшее образование, естественные науки, навигатор веб-ресурсов

Для цитирования: Садовская Л. Л. Навигатор по открытым образовательным ресурсам – ключ к совершенствованию естественно-научного образования // Профессиональное образование в современном мире. 2026. Т. 16, № 1. С. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.20913/2224-1841-2026-1-9>

Статья подготовлена по плану НИР ГПНТБ СО РАН, проект «Разработка модели функционирования научной библиотеки в информационной экосистеме открытой науки», Госномер № 122041100150-3

DOI: 10.20913/2224-1841-2026-1-9

Full Article

The navigator on open educational resources is the key to improving natural science education

Sadovskaya, L. L.

State Public Scientific and Technical Library SB RAS

Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: Sadovskaya@spsl.nsc.ru

ORCID: 0000-0001-9069-0049

Abstract. *Introduction.* This article examines the role of science education in the social and economic development of society. Emphasis is placed on the importance of scientific literacy and the use of information and communication technologies (ICT) to improve the quality of education. Particular attention is paid to the use of open educational resources (OER) as an effective tool for modernizing science education. *Purpose setting.* The problem of finding and effectively using OER is becoming particularly acute in the context of the transformation of educational reforms in Russia and the growing volume of information resources. This work aims to analyze the current state of OER and develop a special tool – the «Navigator for OER in Natural Sciences» – designed to increase the accessibility of high-quality educational materials. *Methodology and methodology of the study.* An integrated approach was used, including a theoretical analysis of scientific publications, a survey of teachers and students, as well as comparative and generalizing data processing methods. The sample included 26 publications and the results of a survey involving 12 teachers and 95 students from Novosibirsk universities. Considerable attention was paid to the experience of scientific libraries in creating digital educational spaces and the compliance of resource selection criteria with the needs of educational institutions. *Results.* The study found that the use of OER has a positive impact on student academic performance and motivation. The «OER Navigator for Natural Sciences» was developed and tested, significantly reducing search time and increasing the availability of high-quality educational materials. This tool allows faculty and students to quickly find the information they need, saving time and resources. *Conclusion:* The creation of the «OER Navigator» represents a significant step forward in the development of educational practices and achieving high-quality science education in Russia. Research libraries are important partners in supporting the implementation of OER, providing high-quality methodological support and informational support to faculty and students.

Keywords: open science, higher education, natural sciences, web resource navigator

Citation: Sadovskaya, L. L. [The navigator on open educational resources is the key to improving natural science education]. *Professional education in the modern world*, 2026, vol. 16, no. 1, pp. 68–76. DOI: <https://doi.org/10.20913/2224-1841-2026-1-9>

The article was prepared according to the research plan of the SPSTL SB RAS, the project «Development of a model for the functioning of a scientific library in the information ecosystem of open science», License plate No. 122041100150-3

Введение. Естественные науки играют важную роль в социально-экономическом развитии общества. Глубокое понимание современной естественно-научной картины мира способствует осознанию глобальных проблем человечества и поиску путей их решения. Знание основ естественных наук – естественно-научная грамотность (ЕНГ) относится к числу базовых составляющих общей грамотности человека и позволяет использовать специальные знания для нахождения эффективных ответов на современные вызовы.

В условиях текущих образовательных реформ важно рассмотреть пути улучшения естественно-научного образования с учетом информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Эти

технологии способствуют актуализации образовательных программ, обеспечивая быстрое внедрение новых функций и оптимизацию процессов обучения. В данном контексте открытые образовательные ресурсы (ООР) становятся важным инструментом для повышения качества обучения и развития ЕНГ личности [1]. ООР воспринимаются как доступные и разнообразные образовательные материалы или инструменты, которые стимулируют участников образовательного процесса к совместной работе и обмену ресурсами. Ключевым моментом представляется понимание сообществом важности объединения лучших образовательных материалов из разных стран для достижения выдающихся успехов в процессе

обучения. Их разнообразие, качество и доступность способны значительно улучшить эффективность образовательного процесса [2].

В 2019 году ЮНЕСКО, специализированное учреждение ООН, приняло документ, устанавливающий стандарты и рекомендации по использованию ООР в системах образования. Согласно этому документу ООР – это «учебные, обучающие и исследовательские материалы в любом формате и на любом носителе, которые находятся в общественном достоянии или защищены авторским правом и были выпущены по открытой лицензии, допускающей бесплатный доступ, повторное использование, переупрочилирование, адаптацию и распространение другими лицами» [3]. В соответствии с лицензионными соглашениями ООР можно адаптировать и повторно использовать в учебных целях. Это создает возможность доступа к различным педагогическим практикам, что, в свою очередь, способствует улучшению методов преподавания и повышению качества образования [4]. В нашей стране это обстоятельство имеет особое значение, так как «качество» стало «центральной категорией политики в области естественно-научного образования в России в XXI веке» [5, с. 51]. Значимость изменений в российском образовательном секторе с учетом применения ИКТ подчеркивается в федеральном национальном проекте «Цифровая образовательная среда» (ЦОС), важной частью которой являются ООР, используемые на всех уровнях и этапах обучения [6].

Анализ научно-методических публикаций подчеркивает необходимость повышения качества образования в сфере естественных наук и значимости внедрения ООР. Из-за большого объема информации поиск нужных данных затрудняется. Преподавателю следует выбирать формы работы и методы обучения по конкретной дисциплине, учитывая интересы студентов, внедряя современные информационные ресурсы, адаптируя образовательный процесс под индивидуальные потребности, что способствует росту мотивации, успешному усвоению материала и профессиональному развитию [7]. Инновационные возможности ИКТ, разнообразные технические устройства и ООР открывают преподавателям шанс усовершенствовать свои методики обучения и обогатить образовательный опыт [8].

Внедрение ООР – одна из современных стратегий, направленных на увеличение доступа к учебным материалам с минимальными финансовыми затратами. Анализ 97 рецензируемых статей американских ученых с 2002 г. по настоящее время показал, что как студенты, так и преподаватели положительно оценивают ООР, выделяя их качество на уровне платных учебных ресурсов. Ис-

следования подчеркивают такие преимущества ООР, как доступность материалов и увеличение академической активности при их использовании [9]. Многочисленные исследования изучают характеристики, качество и критерии отбора образовательных ресурсов для изучения естественных наук, способствуя лучшему пониманию их роли и методов внедрения в обучение. Участники процесса рассматривают ООР преимущественно как вспомогательное средство, используемое для подготовки лекций с интерактивными онлайн-демонстрациями экспериментов [10].

Постановка задачи. Современные вызовы и развитие ИКТ требуют адаптации для эффективного освоения навыков работы с оборудованием и анализа экспериментальных данных в таких областях, как физика, химия и биология, в которых проводятся лабораторные занятия. Тем не менее специализированное и часто дорогостоящее оборудование не всегда доступно в учебных учреждениях. Поэтому одним из значительных преимуществ интеграции ИКТ в образовательный процесс через ООР является возможность визуализации сложных и потенциально опасных экспериментов [11; 12]. Использование виртуальных лабораторий в качестве ООР для обучения естественным наукам позволяет учащимся изучать предметы в безопасной обстановке, экономить ресурсы и адаптировать процесс обучения с учетом индивидуальных потребностей [13; 14]. Эти технологии особенно эффективны для дистанционного обучения, поскольку не требуют значительных затрат времени, финансов или технических ресурсов [15]. Одним из примечательных результатов проведенных исследований стало выявление широкого применения ООР, основанных на веб-технологиях, таких как видеоматериалы и симуляции. Преподаватели осваивали модель ТРАСК, применяя виртуальные эксперименты и 3D-графику для наглядного объяснения сложных концепций, что улучшало успеваемость студентов. Преимущества включают интерактивные инструменты для визуализации молекул, демонстрацию процессов и специализированные базы данных для взаимодействия с экспертами [16].

Опыт применения ООР подчеркивает их значимость для достижения качественного образования. Ярким примером служит разработанный программный продукт, который демонстрирует преимущества онлайн-обучения с помощью виртуальной реальности (VR). Этот инструмент, созданный на платформах Unity 3D и Substance Painter, помогает студентам изучать физику через графические модели. Обучение в VR предоставляет новые возможности, делая учебный процесс более доступным, интересным и безопасным [17].

Основные факторы выбора ресурсов типа ООР включают возможность повысить интерес студентов и упростить объяснение сложных тем [18]. Например, проект, связанный с зеленой химией, оказался очень увлекательным. В ходе его реализации применялись различные подходы, включая создание ООР, обучение и тестирование для оценки знаний, а также опросы для определения восприятия проекта. Результаты показывают значительное улучшение понимания студентами основ зеленой химии и положительное отношение к проекту. Таким образом, вовлечение студентов в создание и использование ООР способствует более глубокому усвоению учебного материала [19].

Образовательная инициатива по молекулярной биологии включала анализ ООР, создание и тестирование учебных модулей. Ее реализация повысила активность сайта и получила положительные отзывы педагогов. Результаты подтвердили потенциал ООР для расширения доступа к обучению в сфере молекулярной биологии [20]. Другое биологическое исследование также подтвердило: пользователи считают рассматриваемые ресурсы полезными и интересными, высоко оценивая доступность материалов и мотивацию изучать биологию [21].

Студенты естественно-научного факультета Елабужского института (Татарстан) имеют возможность самостоятельно осваивать различные дисциплины с помощью ООР – дистанционных курсов, разработанных на платформе LMS Moodle. Эти курсы способствуют организации самостоятельного обучения и обеспечивают полное усвоение учебного материала, включая теоретические материалы и практические задания [22].

Важную роль в естественных науках играет география, однако интерес к ней падает из-за формального стиля учебников. Улучшить ситуацию помогут интересные ООР, наглядно иллюстрирующие материал [23; 24].

Анализ ряда исследований, посвященных беспокойству преподавателей по поводу внедрения ООР в учебные программы естественных наук, указывает на их осторожный подход к новым технологиям, изменениям в учебных планах и поиску надежных ИР открытого доступа. В то же время стремление педагогов к саморазвитию побуждает их к сотрудничеству с научными библиотеками для реализации эффективных образовательных стратегий с использованием ООР [25]. Оценка нынешней ситуации, связанной с поиском ООР, показывает, что движение за доступ к открытой информации становится все более значимым. ООР все чаще становится важным компонентом научной и образовательной деятельности, в том числе в области естественных наук. В условиях санкций и ограниченного доступа к международным информационным системам поддержка

в поиске нужных научных материалов становится особенно актуальной. В этом контексте научные библиотеки занимают ключевую позицию в обеспечении исследовательской и образовательной деятельности качественными ИР.

Методика и методология исследования. В процессе исследования были применены различные методы, среди которых – теоретический анализ научной литературы, опросы, беседы, сравнение и обобщение полученных результатов, а также разработка учебной модели. основополагающими источниками стали научные публикации российских и зарубежных авторов, данные опросов преподавателей и студентов вузов Новосибирска, а также опыт научной библиотеки в контексте поддержки создания цифрового образовательного пространства. Поиск литературы осуществлялся в электронных библиотеках eLIBRARY и КиберЛенинка, а также в базах данных Google Scholar, Springer Materials и научной социальной сети ResearchGate за период с 2012 по 2024 г. Поисковые запросы формировались на основе ключевых слов и терминов из аннотаций и названий статей. Отбор научных источников и информационных ресурсов проводился по критериям, учитывающим тематическую релевантность, открытость доступа и цитируемость публикаций. В результирующую выборку вошло 26 публикаций.

Результаты эмпирического исследования были проанализированы и обобщены с применением статистических методов обработки данных. В опросе приняли участие 95 студентов и 12 преподавателей, 9 из которых имеют ученые степени. Участники представляют различные специальности в области естественных наук, включая биологию, химию, физику, экологию, географию и другие. При этом возраст, национальность и пол участников не были предметом учета. Методы анализа и обобщения использованы для изучения информационных ресурсов, доступных на сайтах образовательных учреждений. Рассматривались разнообразные подходы и форматы использования ООР в высшем образовании в области естественных наук. Также проведен анализ более 90 веб-сайтов академических учреждений и организаций. Критерии отбора исследуемых ресурсов включали соответствие потребностям целевой аудитории и наличие лицензий, позволяющих свободное использование материалов.

Результаты исследования. В соответствии с задачами и целями исследования выполнены следующие действия:

– проведен анализ научных публикаций, как российских, так и зарубежных, касающихся ООР в области естественных наук, а также изучен опыт их практического применения и влияние на успеваемость студентов и уровень их знаний;

– осуществлен анализ существующих платформ ООР в сфере естественных наук с акцентом на качество, доступность и эффективность;

– выявлены потребности и ожидания студентов и преподавателей относительно использования ООР в образовательном процессе;

– разработаны и протестированы новые методики и технологии работы с «Навигатором» по ООР, направленные на повышение качества обучения в области естественных наук;

– подготовлены рекомендации по эффективному внедрению ООР в процессы естественно-научного образования.

Использование ресурсов данного типа в учебном процессе выявило ряд как преимуществ, так и недостатков ООР. К основным достоинствам можно отнести невысокую стоимость этих ресурсов, а также их значительное превосходство над традиционными материалами по уровню визуальной наглядности и возможностям для демонстрационных экспериментов. Однако основным недостатком остаются ошибки в метаданных ООР, которые затрудняют эффективный поиск и отбор необходимых ресурсов. Кроме того, сложности поиска обусловлены большим объемом информации в Интернете.

Опрос, проведенный среди преподавателей и студентов вузов, специализирующихся на естественных науках, также позволил выявить, что 95% из них (104 человека) интересуются ресурсами типа ООР и готовы использовать их для подготовки учебных материалов, углубления своих знаний и расширения кругозора. Таким образом, исследование помогло выявить актуальные потребности научно-образовательных коллективов и подтвердило необходимость создания специального инструмента – «Навигатора по ООР естественных наук», который позволит:

– обеспечить доступность информации: ООР дают возможность получать знания без временных и пространственных ограничений, а «Навигатор» упрощает пользователям процесс быстрого и удобного поиска материалов;

– поддерживать самообразование: «Навигатор» предоставляет пользователям возможность самостоятельно выбирать подходящие ресурсы для обучения и повышения квалификации;

– снизить затраты на обучение: «Навигатор» помогает быстро находить качественные информационные ресурсы, доступные бесплатно, что позволяет избежать лишних временных и финансовых затрат на их поиск;

– способствовать цифровизации образования: развитие «Навигатора» способствует интеграции ИКТ в образовательную сферу.

Структура «Навигатора» включает четыре раздела, в которых представлены ключевые катего-

рии, способствующие организации ресурсов и поиску информации. Первые два раздела охватывают ООР как российских, так и международных источников. Все платформы ООР предоставляют уникальные возможности с различными акцентами и форматами обучения для широкой аудитории, желающей углубить свои знания. Эти платформы также включают обсуждения и форумы для взаимодействия участников образовательного процесса. Третий и четвертый разделы «Навигатора» сосредоточены на научных ресурсах открытого доступа и содержат источники в области ЕН.

Основная цель этих ресурсов заключается в обеспечении бесплатного доступа к качественным материалам, которые можно использовать только при соблюдении авторских прав, включая получение разрешения от правообладателя на модификацию и распространение. Информационные ресурсы из российского сегмента распределены в «Навигаторе» по классификации областей ЕН в Российской Федерации: «Математика и механика; компьютерные науки и информатика; физические, химические и биологические науки, а также науки о Земле и окружающей среде» [26]. На международных платформах открытого доступа можно найти различные научные публикации, отчеты по практическим экспериментам, статистические данные, вебинары, блоги, новости и другую информацию.

Использование созданного «Навигатора» обеспечило удобный и быстрый доступ к высококачественной образовательной информации, значительно сократив затраты времени на ее поиск – экономия, по мнению пользователей, составила около 40%. Среди преимуществ «Навигаторов» выделено также упрощение поиска нужных данных благодаря четкому разделению материалов по тематикам и дисциплинам. «Навигатор» помог также определить самые востребованные образовательные платформы, создающие условия для активного взаимодействия пользователей через блоги и способствующие эффективному обмену опытом и знаниями. Доступ к ООР обогатил знания учащихся, повысив уровень их общей эрудированности, мотивацию и вовлеченность в интеллектуальные мероприятия. Так, число участников конкурсов и викторин естественно-научной тематики увеличилось почти на 50%.

Пользование сервисом «Навигатор по ООР» позитивно влияет на разные стороны образовательного процесса. Возросла публикационная активность студентов и преподавателей: количество опубликованных работ выросло на 5,4%, что стало возможным благодаря удобству быстрого доступа к актуальной литературе, отчетам и другим материалам научного характера. Преподаватели отмечают улучшение качества проведенных исследований за счет использования данных из авторитетных источников. Благо-

даря дискуссиям на специализированных форумах образовательных платформ стали появляться новые идеи и направления в проектной деятельности.

Процесс подготовки к экзаменам в университетах стал значительно эффективнее благодаря тому, что учащиеся получили открытый доступ к широкому спектру вспомогательных учебных материалов, включая зарубежные курсы, лекции, контрольные задания и пояснения по выполнению практических работ. Кроме того, наблюдается рост личного удовлетворения студентов уровнем приобретенных знаний, что проявляется в укреплении уверенности в себе и положительной динамике результатов экзаменов. Студенты теперь могут сравнивать уровень своей подготовки с международными образовательными стандартами, используя популярные онлайн-платформы, доступные через «Навигатор», среди которых выделяется Coursera. Особенно отличается успех программы курса физики МФТИ на платформе Coursera, привлекающего все больше студентов. Учащиеся подчеркивают более глубокую вовлеченность и заинтересованность предметом именно благодаря доступности и качеству предоставляемых материалов открытого образования. Ярким примером является популярность курса физики Московского физико-технического института на платформе Coursera, число слушателей которого постоянно увеличивается. Студенты особо выделяют возросшую мотивацию и интерес к предмету благодаря открытости и высокому качеству представленных образовательных ресурсов. Более того, три магистранта успешно завершили прохождение некоторых курсов и получили соответствующие сертификаты.

Таким образом, создание «Навигатора» и организация работы с ним связаны с интеграцией современных технологий, системным подходом, проведением обучения и формированием активного сообщества пользователей. Это делает библиотечные услуги более актуальными и востребованными в условиях современного информационного общества. «Навигатор» служит платформой, на которой собрана и дополнена ссылками на источники информация по ООР, предоставляя информационную поддержку научно – образовательному сообществу и способствуя совершенствованию естественнонаучного образования.

Заключение. Результаты исследования продемонстрировали важную роль «Навигатора» в улучшении качества и эффективности обучения естественным наукам. Научные библиотеки выступают

ключевыми партнёрами, предоставляя методическую поддержку и практические советы по использованию «Навигатора», а также регулярно информируют участников образовательного процесса о возможностях применения ООР для повышения качества образования. Разработанный «Навигатор» (<https://lib-os.ru/issledovatelyam/resursy/obrazovatelnye-resursy/navigator-oor-estest-nauk/>) предоставляет пользователям доступ к качественным информационным ресурсам с открытым и бесплатным доступом в короткие сроки. С момента его публикации более четырехсот пользователей уже воспользовались «Навигатором по ООР естественных наук» за пять месяцев, и все отзывы об использовании были положительными. Для дальнейшего продвижения запланированы следующие мероприятия:

- мониторинг и опросы об использовании «Навигатора» и ООР в различных аспектах образовательного процесса,
- обучение и консультации для заинтересованных пользователей по вопросам применения ООР в личном обучении, преподавании и научной деятельности,
- информирование о сервисах специалистов образовательных платформ,
- обновление подборок ООР, представленных в «Навигаторе».

Выводы. Проведенное исследование подтвердило, что систематизация и повышение доступности ООР являются ключевыми факторами модернизации естественнонаучного образования. Разработанный «Навигатор по ООР естественных наук» (<https://lib-os.ru/issledovatelyam/resursy/obrazovatelnye-resursy/navigator-oor-estest-nauk/>) доказал свою эффективность, значительно упростив для преподавателей и студентов поиск и отбор качественных материалов, что положительно сказывается на учебном процессе. Для широкого внедрения инструмента и принципов открытой науки необходима совместная поддержка. Академическим учреждениям и научным библиотекам необходимо активно участвовать в популяризации ООР, организуя совместные методические семинары и мастер-классы. Практические рекомендации по использованию «Навигатора» могут служить основой для формирования единой образовательной экосистемы, способствующей распространению современных научных знаний и педагогических практик. Внедрение данных мер будет напрямую способствовать достижению стратегических целей по повышению качества естественнонаучного образования в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольчева З. И., Суртаева Н. Н., Марголина Ж. Б. Естественнонаучное образование в России: проблемы развития // Человек и образование. 2017. №2 (51). С. 38–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/estestvennonauchnoe-obrazovanie-v-rossii-problemy-razvitiya> (дата обращения: 15.10.2025).

2. Kommers P. Open Educational Resources. Sources for a Better Education: Lessons from Research and Best Practices. Cham: Springer International Publishing, 2022. P. 453–474. DOI: 10.1007/978-3-030-88903-6_31
3. UNESCO recommendation On Open Educational Resources. 2019. URL: http://portal.unesco.org/en/ev.phpURL_ID=49556&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (дата обращения: 26.10.2025).
4. Orr D., Rimini M., Van Damme D. Open Educational Resources: A catalyst for innovation, educational research and innovation. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2015. DOI: 10.1787/9789264247543-en
5. Алиева Н.З. Концепция качества высшего естественнонаучного образования в России // Компетентность. 2007. №8 (49). С. 49–51. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_12795878_59388711.pdf (дата обращения: 10.10.2025).
6. Национальный проект «Образование»: цифровая образовательная среда. URL: <https://lic-int-pos-im-marshala-zhukova-r38.gosweb.gosuslugi.ru/natsionalnyy-proekt-obrazovanie/tsifrovaya-obrazovatel'naya-sreda> (дата обращения: 21.10.2025).
7. Ванюкова Т.В., Зуев П.В., Янцер О.В. Современное состояние и перспективы развития естественно-научного образования школы и вуза (на примере УрГПУ) // Педагогическое образование в России. 2016. №6. С. 35–39. URL: <https://pedobrazovanie.ru/images/JOURNAL/archive2016/2016-6-tx1c/5.pdf> (дата обращения: 15.10.2025).
8. Bernacki M. L., Greene J. A., Crompton H. Mobile technology, learning, and achievement: Advances in understanding and measuring the role of mobile technology in education // Contemporary Educational Psychology. 2020. Vol. 60. P. 101827. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2019.101827.
9. Mullens A. M., Hoffman B. The Affordability Solution: a Systematic Review of Open Educational Resources // Educational Psychology Review. 2023. Vol. 35, № 72. DOI: 10.1007/s10648-023-09793-7
10. Feldman-Maggor Y., Rom A., Tuvi-Arad I. Integration of open educational resources in undergraduate chemistry teaching – a mapping tool and lecturers’ considerations // Chemistry Education Research and Practice. 2016. Vol. 17, №2. P. 283–295. DOI: 10.1039/C5RP00184F
11. Вахрушева Т.С. Применение технологий дополненной реальности в образовании // Наука настоящего и будущего. 2017. Т. 1. С. 37–39. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29870057_71266305.pdf (дата обращения: 15.10.2025).
12. Гнитецкая Т.Н., Дроздова Е.М. Качество естественно-научного образования в условиях цифровизации образовательной среды // Общество. Коммуникация. Образование. 2021. Т. 12, №1. С. 56–64. DOI: 10.18721/JHSS.12105
13. Лешкова О.В., Лунев К.А. Использование виртуальных лабораторий для изучения естественных наук // Инновационная наука. 2023. №5–2. С. 41–44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-virtualnyh-laboratoriy-dlya-izucheniya-estestvennyh-nauk/viewer> (дата обращения: 19.10.2025).
14. Siregar N., Aziza S. Optimization of facilities and infrastructure management in improving the quality of learning // Jurnal Tarbiyah. 2021. Vol. 28, №1. P. 30–43. DOI: <http://dx.doi.org/10.30829/tar.v28i1.905>
15. Баканова И.Г., Капустина Л.В., Козырева М.П. Разработка образовательного сценария обучения с применением технологии виртуальной реальности // Педагогическое образование в России. 2024. №3. С. 25–30. URL: <https://pedobrazovanie.ru/images/3-2024/3-2024-25-30.pdf> (дата обращения: 11.10.2025).
16. Merchant Z., Goetz E. T., Keeney-Kennicutt W., Kwok O.-M., Cifuentes L., Davis T. J. The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: a structural equation modeling analysis // Computers & Education. 2012. Vol. 59. P. 551–568. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.02.004
17. Дайнеко Е.А., Ипалакова М.Т., Цой Д.Д. [и др.] Использование технологии виртуальной реальности для изучения физики // Вестник Казахского национального университета. Серия физическая. 2019. №1 (68). С. 112–119. EDN RFRZDY. DOI: 10.26577/rcph-2019-1-1103
18. Feldman-Maggor Y., Rom A., Tuvi-Arad I. Integration of open educational resources in undergraduate chemistry teaching – a mapping tool and lecturers’ considerations // Chemistry Education Research and Practice. 2016. Vol. 17, №2. P. 283–295. DOI: 10.1039/C5RP00184F
19. Grieger K., Leontyev A. Teaching Green Chemistry Through Student-Generated Open Educational Resources // Journal of College Science Teaching. 2023. Vol. 52, №4. P. 18–23. DOI: 10.1080/0047231X.2023.12290628
20. Parisky A., Boulay R. Designing and developing open education resources in higher education: A molecular biology project // International journal of technology, knowledge and society. 2013. Vol. 9, №2. P. 145–156. DOI: 10.18848/1832-3669/cgp/v09i02/56376
21. Green N. H., Walter M., Anderton B. N. The Explorer’s Guide to Biology: a free multimedia educational resource to promote deep learning and understanding of the scientific process // Journal of Microbiology & Biology Education. 2022. Vol. 23, №1. P. e00257–21. DOI: 10.1128/jmbe.00257–21
22. Лодыгина А.С., Миронов А.Н. Электронный образовательный ресурс «Теория функции комплексной переменной» для бакалавров направления «Математика и физика» // Скиф. Вопросы студенческой науки. 2021. №5 (57). С. 524–528. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46276388> (дата обращения: 01.11.2025).

23. Протасовский А.К. Развитие познавательного интереса у учащихся к изучению учебного предмета «География» посредством авторских электронных образовательных ресурсов // Педагогическая мастерская «MASTER GEO-2021». 2021. С. 91–94. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/271816> (дата обращения: 09.10.2025).
24. Budke A., Hindmarsh K. Promotion of Geography Student Teachers' Abilities to Diagnose Pupils' Written Argumentation Skills with the Help of a Diagnostic Tool // *Re-visioning Geography: Supporting the SDGs in the post-COVID era*. Cham: Springer International Publishing, 2023. P. 3–18. DOI: 10.1007/978-3-031-40747-5_1
25. Singh-Pillay A., Samuel M.A. Life sciences teachers negotiating professional development agency in changing curriculum times // *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2017. Vol. 13, №6. P. 1749–1763. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00696a
26. Приказ Министерства образования и науки РФ от 24 февраля 2021 г. № 118 (в ред. от 24.07.2023) // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты РФ. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minobrnauki-rossii-ot-24022021-n-118-ob-utverzhdanii/> (дата обращения: 19.10.2025).

REFERENCES

1. Kolysheva Z. I., Surtaeva N. N., Margolina Zh. B. Natural science education in Russia: development problems. *Man and education*, 2017, no. 2 (51), pp. 38–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/estestvennonauchnoe-obrazovanie-v-rossii-problemy-razvitiya> (accessed 10.15.2025). (in Russ.)
2. Kommers P. Open Educational Resources. Sources for a Better Education: Lessons from Research and Best Practices. Cham: *springer international publishing*, 2022, pp. 453–474. DOI: 10.1007/978-3-030-88903-6_31
3. *UNESCO recommendation on open educational resources*. 2019. URL: http://portal.unesco.org/en/ev.phpURL_ID=49556&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (accessed 10.26.2025).
4. Orr D., Rimini M., Van Damme D. Open Educational Resources: A catalyst for innovation, educational research and innovation. Paris: *organisation for economic co-operation and development (OECD)*, 2015. DOI: 10.1787/9789264247543-en
5. Alieva N.Z. The concept of the quality of higher natural science education in Russia. *Competence*, 2007, no. 8 (49), pp. 49–51. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_12795878_59388711.pdf (accessed 10.10.2025). (in Russ.)
6. *National project «Education»: digital educational environment*. URL: <https://lic-int-pos-im-marshala-zhukova-r38.gosweb.gosuslugi.ru/natsionalnyy-proekt-obrazovanie/tsifrovaya-obrazovatel'naya-sreda> (accessed 10.21.2025). (in Russ.)
7. Vanyukova T. V., Zuev P. V., Yantser O. V. Current state and prospects of development of natural-science education of school and university (on the example of USPU). *Pedagogical education in Russia*, 2016, no. 6, pp. 35–39. URL: <https://pedobrazovanie.ru/images/JOURNAL/archive2016/2016-6-tx1c/5.pdf> (accessed 15.10.2025). (in Russ.)
8. Bernacki M. L., Greene J. A., Crompton H. Mobile technology, learning, and achievement: Advances in understanding and measuring the role of mobile technology in education. *Contemporary educational psychology*, 2020, vol. 60, p. 101827. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2019.101827
9. Mullens A. M., Hoffman B. The Affordability Solution: a Systematic Review of Open Educational Resources. *Educational psychology review*, 2023, vol. 35, no. 72. DOI: 10.1007/s10648-023-09793-7
10. Feldman-Maggor Y., Rom A., Tuvi-Arad I. Integration of open educational resources in undergraduate chemistry teaching – a mapping tool and lecturers' considerations. *Chemistry education research and practice*, 2016, vol. 17, no. 2, pp. 283–295. DOI: 10.1039/C5RP00184F.
11. Vakhrusheva T. S. Application of augmented reality technologies in education. *Science of the present and future*, 2017, vol. 1, pp. 37–39. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29870057_71266305.pdf (accessed 15.10.2025). (in Russ.)
12. Gnitskaya T. N., Drozdova E. M. The quality of natural science education in the conditions of digitalization of the educational environment. Society. *Communication. Education*, 2021, vol. 12, no. 1, pp. 56–64. DOI: 10.18721/JHSS.12105. (in Russ.)
13. Leshkova O. V., Lunev K. A. The use of virtual laboratories for the study of natural sciences. *Innovative science*, 2023, no. 5–2, pp. 41–44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-virtualnyh-laboratoriy-dlya-izucheniya-estestvennyh-nauk/viewer> (accessed 10.19.2025). (in Russ.)
14. Siregar N., Aziza S. Optimization of facilities and infrastructure management in improving the quality of learning. *Jurnal Tarbiyah*, 2021, vol. 28, no. 1, pp. 30–43. DOI: <http://dx.doi.org/10.30829/tar.v28i1.905>
15. Bakanova I. G., Kapustina L. V., Kozyreva M. P. Development of an educational scenario of learning using virtual reality technology. *Pedagogical education in Russia*, 2024, no. 3, pp. 25–30. URL: <https://pedobrazovanie.ru/images/3-2024/3-2024-25-30.pdf> (accessed 10.11.2025). (in Russ.)
16. Merchant Z., Goetz E. T., Keeney-Kennicutt W., Kwok O.-M., Cifuentes L., Davis T. J. The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: a structural equation modeling analysis. *Computers & education*, 2012, vol. 59, pp. 551–568. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.02.004

17. Daineko E.A., Ipalakova M.T., Tsoi D.D., et al. The use of virtual reality technology for studying physics. *Bulletin of the Kazakh National University. Physics series*, 2019, no. 1 (68), pp. 112–119. EDN RFRZDY. DOI: 10.26577/rcph-2019-1-1103. (in Russ.)
18. Feldman-Maggor Y., Rom A., Tuvi-Arad I. Integration of open educational resources in undergraduate chemistry teaching – a mapping tool and lecturers’ considerations. *Chemistry education research and practice*, 2016, vol. 17, no. 2, pp. 283–295. DOI: 10.1039/C5RP00184F
19. Grieger K., Leontyev A. Teaching Green Chemistry Through Student-Generated Open Educational Resources. *Journal of college science teaching*, 2023, vol. 52, no. 4, pp. 18–23. DOI: 10.1080/0047231X.2023.12290628
20. Parisky A., Boulay R. Designing and developing open education resources in higher education: A molecular biology project. *International journal of technology, knowledge and society*, 2013, vol. 9, no. 2, pp. 145–156. DOI: 10.18848/1832–3669/cgp/v09i02/56376
21. Green N.H., Walter M., Anderton B.N. The Explorer’s Guide to Biology: a free multimedia educational resource to promote deep learning and understanding of the scientific process. *Journal of microbiology & biology education*, 2022, vol. 23, no. 1, p. e00257–21. DOI: 10.1128/jmbe.00257–21
22. Lodygina A.S., Mironov A.N. Electronic educational resource «Theory of functions of a complex variable» for bachelors of the direction «Mathematics and Physics». *Skif. Student science issues*, 2021, no. 5 (57), pp. 524–528. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46276388> (accessed 11.01.2025). (in Russ.)
23. Protasovsky A.K. Development of cognitive interest of students in studying the subject «Geography» through author’s electronic educational resources. «Pedagogical workshop «MASTER GEO-2021»», 2021, pp. 91–94. URL: <https://elib.bs.by/handle/123456789/271816> (accessed 10.09.2025). (in Russ.)
24. Budke A., Hindmarsh K. Promotion of Geography Student Teachers’ Abilities to Diagnose Pupils’ Written Argumentation Skills with the Help of a Diagnostic Tool. Re-visioning Geography: Supporting the SDGs in the post-COVID era. *Cham: springer international publishing*, 2023, pp. 3–18. DOI: 10.1007/978-3-031-40747-5_1
25. Singh-Pillay A., Samuel M.A. Life sciences teachers negotiating professional development agency in changing curriculum times. *EURASIA journal of mathematics, science and technology education*, 2017, vol. 13, no. 6, pp. 1749–1763. DOI: 10.12973/eurasia.2017.00696a
26. Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation of February 24, 2021, no. 118 (as amended on July 24, 2023). *Laws, codes and regulations of the Russian Federation*. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minobrnauki-rossii-ot-24022021-n-118-ob-utverzhenii/> (accessed 10.19.2025). (in Russ.)

Информация об авторе

Садовская Лариса Леонидовна – младший научный сотрудник отдела научных исследований открытой науки, заведующий отделом справочно-информационного обслуживания, Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН (Российская Федерация, 630102, г. Новосибирск, ул. Восход, 15, e-mail: Sadovskaya@spsl.nsc.ru).

Статья поступила в редакцию 22.01.2026

После доработки 13.03.2026

Принята к публикации 20.03.2026

Information about the author

Larisa L. Sadovskaya – junior researcher of the department of scientific research of open science, head of the department of reference and information services, State Public Scientific and Technical Library SB RAS (15 Voskhod Str., Novosibirsk, 630102, Russian Federation, e-mail: Sadovskaya@spsl.nsc.ru).

The paper was submitted 22.01.2026

Received after reworking 13.03.2026

Accepted for publication 20.03.2026