

УДК 372.854

<https://doi.org/10.25587/2587-5604-2025-4-118-126>

Оригинальная научная статья

Лабораторные опыты с использованием цифровой лаборатории «Vernier» на уроках химии как средство развития химической грамотности обучающихся 10 класса

Н. В. Шарыпова*, А. Г. Брюсянина, Я. А. Батенева

Шадринский государственный педагогический университет,
г. Шадринск, Российская Федерация

*✉sharnadvla@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются возможности использования цифровой лаборатории «Vernier» для проведения лабораторных опытов в школьном курсе органической химии для обучающихся 10 классов. Цифровые датчики данной лаборатории помогают школьникам овладеть практическими умениями при выполнении лабораторных опытов разного уровня сложности. Также цифровая лаборатория «Vernier» способствует повышению мотивации и вовлеченности школьников, что положительно сказывается на качестве усвоения обучающимися изучаемого материала по органической химии. Цель исследования заключалась в разработке лабораторных опытов по органической химии, в которые включена работа с цифровыми датчиками. Авторы приводят пять примеров собственно разработанных опытов, в ход которых включены станция для определения температуры плавления твердых веществ, датчик электропроводимости, датчик температуры (термопара), датчики pH среды и окислительно-восстановительного потенциала, поляриметр. Приведенные опыты были апробированы студентами Шадринского государственного педагогического университета в рамках производственной (технологической) практики на базе образовательных учреждений города Шадринска, а также при реализации практической работы обучающимися в Педагогическом технопарке «Кванториум» (естественнонаучное направление) вуза. Был сделан вывод о целесообразности включения экспериментальных заданий с цифровым оборудованием в курс органической химии, так как они развивают мотивацию, формируют знания и навыки исследовательской деятельности, способствуют развитию химической грамотности учащихся. Перспективы исследования заключаются в определении влияния использования цифровых лабораторий в рамках внеурочной деятельности на уровень химической грамотности обучающихся.

Ключевые слова: химическое образование, школьный курс химии, органическая химия, образовательный процесс, цифровая лаборатория по химии, лаборатория «Vernier», цифровой датчик, поляриметр, лабораторный опыт, химическая грамотность.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов партнеров ЮУрГГПУ и ШГПУ в 2025 году по теме «Формирование химической грамотности в области органической химии средствами Педагогического технопарка «Кванториум» (естественнонаучное направление)» (№16-337 от 29 мая 2025 г.).

Для цитирования: Шарыпова Н. В., Брюсянина А. Г., Батенева Я. А. Лабораторные опыты с использованием цифровой лаборатории «Vernier» на уроках химии как средство развития химической грамотности обучающихся 10 класса. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Vestnik of North-Eastern Federal University. Серия «Педагогика. Психология. Философия». Pedagogics. Psychology. Philosophy*. 2025; 40 (4): С. 118-126. DOI: 10.25587/2587-5604-2025-4-118-126

Original article

Laboratory experiments using the Vernier digital laboratory in chemistry classes as a means of developing chemical literacy in 10th grade students

Nadezhda V. Sharypova*, Alexandra G. Brusyanina, Yana A. Bateneva

Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, Russian Federation

*✉sharnadvla@yandex.ru

Abstract

The article discusses the possibilities of using the Vernier digital laboratory for conducting laboratory experiments in the school organic chemistry course for 10th grade students. The digital sensors in the laboratory help students acquire practical skills in performing laboratory experiments of varying levels of complexity. Additionally, the Vernier digital laboratory enhances students' motivation and engagement, which positively impacts their learning of organic chemistry. The aim of the study was to develop laboratory experiments in organic chemistry that involve working with digital sensors. The authors provide five examples of their own laboratory experiments, which include a station for determining the melting point of solids, an electrical conductivity sensor, a temperature sensor (thermocouple), pH and redox potential sensors, and a polarimeter. The experiments were tested by students of Shadrinsky State Pedagogical University as part of their industrial (technological) practice at educational institutions in the city of Shadrinsk, as well as during their practical work at the Pedagogical Technopark "Quantorium" (natural sciences) at the university. It was concluded that it is advisable to include experimental tasks with digital equipment in the organic chemistry course, as they develop motivation, form knowledge and research skills, and contribute to the development of students' chemical literacy. The research prospects include determining the impact of using digital laboratories in extracurricular activities on the level of chemical literacy among students.

Keywords: chemical education, school chemistry course, organic chemistry, educational process, digital chemistry laboratory, Vernier laboratory, digital sensor, polarimeter, laboratory experience, chemical literacy

Funding. This study was supported by the research project "Developing Chemical Literacy in Organic Chemistry Using the Quantorium Pedagogical Technopark (Natural Science Area)" (No. 16-337, May 29, 2025) in priority areas of activity of partner universities SUHPU and SSPU in 2025.

For citation: Sharypova N.V., Brusyanina A.G., Bateneva Ya.A. Laboratory experiments using the Vernier digital laboratory in chemistry classes as a means of developing chemical literacy in 10th grade students. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Pedagogics. Psychology. Philosophy*. 2025: 40 (4): Pp. 118-126. DOI: 10.25587/2587-5604-2025-4-118-126

Введение

В современном образовательном процессе лабораторные опыты являются одной из составляющих при изучении органической химии у обучающихся 10 классов. При проведении таких опытов педагог может успешно внедрить цифровые датчики лаборатории «Vernier» на разных этапах урока или во внеурочные мероприятия с целью повышения уровня заинтересованности и вовлеченности школьников к изучаемой дисциплине, а также уровня химической грамотности [1-3]. Цифровая лаборатория «Vernier» позволяет получать школьникам наиболее точные и достоверные результаты проводимых опытов, представляя их в удобном и доступном для восприятия формате.

Рассмотрим лабораторный опыт с использованием цифровых датчиков лаборатории «Vernier» и его роль в обучении органической химии на примере 10 класса. Лабораторный опыт с применением цифровых датчиков лаборатории «Vernier» – исследование, которое проводится в специально оборудованном кабинете химии с целью изучения физических и химических свойств изучаемых веществ посредством использования современного цифрового оборудования [3].

Лабораторные опыты с использованием данной цифровой лаборатории по форме их организации на уроке химии подразделяют на два вида: индивидуальные и групповые. Первый вид предполагает самостоятельное выполнение опыта каждым обучающимся в классе. Второй вид подразумевает выполнение коллективной работы учениками с целью совместного достижения результата при изучении исследуемых химических объектов или процессов.

Организация образовательного процесса зачастую вызывает трудности у обучающихся, поэтому для решения данной проблемы необходимо внедрить при проведении лабораторных опытов на уроках химии использование цифровых датчиков лаборатории «Vernier», которые могут послужить доступным средством наглядности для лучшего запоминания и закрепления учебного материала. Кроме того, такие опыты способствуют овладению практическими умениями и навыками работы с современным цифровым оборудованием во время урочных и внеурочных занятий по органической химии.

Материалы и методы

В данном исследовании авторы использовали такие методы, как поиск, анализ источников информации, описание разработанных химических опытов с использованием цифровой лаборатории «Vernier», анкетирование, сравнение.

В настоящее время проведение лабораторных опытов с внедрением специального оборудования, а именно цифровых датчиков, играет важную роль в образовательном процессе обучающихся и является одним из источников получения новых знаний. Так, современная цифровая лаборатория «Vernier» предоставляет учителю и обучающимся ряд преимуществ при проведении опытов как в рамках кабинета химии, так и за его пределами [4; 5]. К таким преимуществам относятся: во-первых, получение данных, недоступных в традиционных условиях проведения опыта; во-вторых, получение точных числовых значений и в-третьих, мобильность цифрового устройства [6]. Кроме того, цифровая лаборатория позволяет школьникам отслеживать процесс научного опыта в виде таблиц и графиков, которые отображают зависимость показателей от условий исследования. Именно поэтому в современном образовательном процессе особую роль занимают лабораторные опыты с применением цифровых датчиков в рамках учебных и внеучебных занятий по органической химии.

Результаты и обсуждение

Анализ федеральной рабочей программы по химии [7; 8] и школьных учебников по химии для 10 класса базового и углубленного уровня [9; 10] показал отсутствие лабораторных опытов по органической химии с использованием цифровых лабораторий, которые сейчас активно внедряются в образовательный процесс, однако чаще только во внеурочную деятельность. Использование цифровых технологий предусмотрено ФГОС СОО [11; 12] для формирования и развития информационно-коммуникационных компетенций обучающихся, улучшения качества обучения, развития функциональной грамотности, в частности химической грамотности, повышения мотивации обучающихся к получению новых знаний и их запоминанию. Методические рекомендации [13; 14], включенные в комплекты цифровых лабораторий по химии, содержат лабораторные опыты к разделам общей и неорганической химии и небольшое количество инструкций к выполнению опытов с органическими веществами с использованием датчиков pH и температуры. Нами были разработаны опыты с разнообразными датчиками цифровой лаборатории к разделу органической химии к каждому классу веществ, которые изучаются в 10 классе.

Рассмотрим конкретные примеры лабораторных опытов по органической химии с использованием датчиков цифровой лаборатории «Vernier», такие как термopара, окисли-

тельно-восстановительного потенциала, электропроводности, станции плавления твердых веществ и поляриметр.

Первый опыт предполагает определение температуры плавления разных углеводов с помощью станции плавления твердых веществ. Данный прибор состоит из корпуса, блока-нагревателя, термометра и специальных съемных капилляров. Станция необходима для определения температуры плавления разных твердых веществ в диапазоне от $+60^{\circ}$ до $+260^{\circ}\text{C}$.

В три специальных капилляра необходимо насыпать по 0,03 г порошка разных углеводов: в первый капилляр – сахарозу, во второй – фруктозу, а в третий – глюкозу. Каждый капилляр поместить в отверстия блока-нагревателя. Подключить станцию плавления твердых веществ, установив температуру $+200^{\circ}\text{C}$. Определить начальную и конечную температуру плавления исследуемых веществ, записать полученные результаты в места пропусков бланка-задания.

В начале проведения опыта температура плавления каждого углевода составила $\text{---}^{\circ}\text{C}$. Конечная температура плавления сахарозы стала равна $\text{---}^{\circ}\text{C}$, фруктозы – $\text{---}^{\circ}\text{C}$, глюкозы – $\text{---}^{\circ}\text{C}$. Температура плавления разных углеводов зависит от _____ и _____, поэтому показатели конечной температуры плавления имеют разные числовые значения.

Приведем правильный ответ. В начале проведения опыта температура плавления каждого углевода составила $+26,2^{\circ}\text{C}$. Конечная температура плавления сахарозы стала равна $+186,0^{\circ}\text{C}$, фруктозы $+103,6^{\circ}\text{C}$, глюкозы $+146,1^{\circ}\text{C}$. Температура плавления разных углеводов зависит от химической структуры и размеров молекул, поэтому показатели конечной температуры плавления имеют разные числовые значения.

Данный тип заданий учитель может применять на уроках химии при проведении лабораторных опытов с использованием цифровой лаборатории «Vernier» при изучении темы «Углеводы». Также аналогичные задачи можно применять при подготовке к ЕГЭ при решении заданий линии №13.

Второй опыт представляет собой сравнение электропроводимости растворов неорганического и органического веществ и установление связи между электропроводимостью и природой исследуемого вещества. Цифровой датчик электропроводимости – специальное устройство, состоящее из рукоятки, измерительного щупа и мультидатчика для передачи данных на экран компьютера с помощью специального провода. Данный датчик предназначен для определения способности исследуемого раствора проводить электрический ток.

Ход опыта следующий: необходимо взять два химических стакана объемом 50 мл и налить в один из них 30 мл раствора муравьиной кислоты, а во второй такое же количество раствора хлорида натрия. Подключить цифровой датчик электропроводимости к мультидатчику, затем опустить измерительный щуп в химический стакан с муравьиной кислотой. Повторить такие же действия с раствором хлорида натрия. Известно, что электролитами являются растворы, проводящие электрический ток в диапазоне от 35000 до 50000 мкСм/см, а неэлектролиты – от 100 до 5000 мкСм/см. Измерить уровень электропроводимости растворов с помощью цифрового датчика электропроводимости и определить в какой из предложенных пробирок налит неэлектролит. В ответ записать название водного раствора неэлектролита. Правильным ответом при использовании указанных веществ будет муравьиная кислота.

Предложенный тип экспериментальной задачи используется при изучении темы «Карбоновые кислоты» у обучающихся 10 класса в школьном курсе химии. Данные задачи по-

могут не только углубить и закрепить теоретические знания, но и освоить практические умения и навыки работы с современным цифровым оборудованием.

Третий опыт заключается в определении температуры кипения многоатомных спиртов с помощью датчика температуры (термопара). Цифровой датчик термопара – специальное устройство, состоящее из мультидатчика и измерительного провода, необходимого для определения температуры разных веществ в диапазоне от -200°C до $+1400^{\circ}\text{C}$.

Для опыта нужно приготовить три чистых пробирки: в первую пробирку налить *n*-бутанола, во вторую – изобутилового спирта и в третью – изоамилового спирта. Подключить цифровой датчик температуры (термопара) и нагреть первую пробирку с *n*-бутанолом, зафиксированную в пробиркодержателе, над пламенем спиртовой горелки. Опустить измерительный провод цифрового датчика в данную пробирку и засечь время закипания на секундомере. Провести такие же действия с оставшимися спиртами. Выбрать из предложенного списка спирт, чья температура кипения имеет самый высокий показатель в градусах Цельсия: А) *n*-бутанол; Б) изобутиловый спирт; В) изоамиловый спирт.

Экспериментальное задание предложенного типа педагог может применять при изучении темы «Одноатомные спирты», т.к. оно позволяет продемонстрировать зависимость температуры кипения от структуры молекулы и длины цепи. Подобные задания помогают школьникам углубить знания в области органической химии и закрепить их на практике, используя современное цифровое оборудование.

Следующий опыт предполагает измерение окислительно-восстановительного потенциала в зависимости от характера среды разных растворов. Данный лабораторный опыт проводится с использованием двух цифровых датчиков лаборатории «Vernier»: датчик pH среды и датчик окислительно-восстановительного потенциала (ОВП). Цифровой датчик pH среды необходим для измерения водородного показателя раствора, а датчик ОВП – для определения электрического потенциала между двумя электродами, контактирующими с водным раствором.

Для проведения опыта необходимо приготовить светло-розовый раствор перманганата калия и налить его по 20 мл в три химических стакана объемом 50 мл в равном количестве. В первый стакан добавить 10 мл раствора серной кислоты, во второй – 10 мл дистиллированной воды, а в третий – 10 мл раствора гидроксида натрия [15]. Подключить цифровые датчики окислительно-восстановительного потенциала и pH среды к мультидатчику с помощью специального провода или Bluetooth. Поместить цифровые датчики в стакан с подкисленным раствором перманганата калия, предварительно зафиксировав их в лапках штатива. Определить начальное значение окислительно-восстановительного потенциала данного раствора, а затем прилить 3–4 мл изоамилового спирта до изменения окраски. Повторно измерить конечное значение полученного раствора. Зафиксировать полученные результаты в местах пропусков в предложенном тексте бланка-задания. Повторить такие же действия с нейтральным и щелочным растворами перманганата калия.

Бланк-задания: Исходные значения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) растворов перманганата калия составили: для щелочного – ___ мВ, нейтрального – ___ мВ и подкисленного – ___ мВ. После добавления изоамилового спирта показатели ОВП растворов исследуемого вещества изменились следующим образом: окислительно-восстановительный потенциал в щелочном растворе перманганата калия равен ___ мВ, нейтральном – ___ мВ, а подкисленном – ___ мВ. Кроме того, в результате химических реакций произошло изменение цвета растворов перманганата калия, так подщелоченный раствор исследуемого вещества при взаимодействии с изоамиловым спиртом приобрел _____ окраску, нейтральный раствор – _____, а подкисленный раствор – _____. Следовательно,

изменение окислительно-восстановительного потенциала зависит от _____ исследуемого раствора.

Примерные показания датчика для правильного ответа: исходные значения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) растворов перманганата калия составили: для щелочного – 340 мВ, нейтрального – 530 мВ и подкисленного – 600 мВ. После добавления изоамилового спирта показатели ОВП растворов исследуемого вещества изменились следующим образом: окислительно-восстановительный потенциал щелочного раствора перманганата калия равен 210 мВ, нейтрального – 465 мВ, а подкисленного – 700 мВ. Кроме того, в результате химических реакций произошло изменение цвета растворов перманганата калия, так щелочной раствор исследуемого вещества при взаимодействии с изоамиловым спиртом пробрел зеленую окраску, нейтральный раствор – бурую, а подкисленный раствор – обесцветился. Следовательно, изменение окислительно-восстановительного потенциала зависит от среды исследуемого раствора.

Данный тип заданий можно применить для определения зависимости изменения окислительно-восстановительного потенциала исследуемого раствора от характера его среды. Подобные задачи учитель химии может использовать при изучении темы «Одноатомные спирты».

Пятый опыт основан на определении угла поворота плоскости поляризации света в винной кислоте с помощью поляриметра. Поляриметр – прибор для измерения угла вращения плоскости поляризации света в веществах, обладающих естественной или наведенной оптической активностью.

В ходе опыта приготовить 15 мл раствора винной кислоты и налить его в специальную кювету до отметки «10 см». Вставить кювету с исследуемым раствором в держатели поляриметра. Подключить поляриметр к мультидатчику для получения показателей. Измерить угол поворота плоскости поляризации света в винной кислоте и определить стереоизомерную форму данного вещества. Ответить на вопрос «От чего зависит угол вращения плоскости поляризации света в растворе органического вещества?».

Правильный ответ: угол поворота плоскости поляризации света в винной кислоте равен -12° или $+12^\circ$, что указывает на L или D стереоизомерную форму данной кислоты. Угол вращения плоскости поляризации света в растворе органического вещества зависит от природы вещества.

Задания подобного формата применимы при проведении лабораторных опытов с использованием цифрового оборудования лаборатории «Vernier» при изучении темы «Карбоновые кислоты» с целью закрепления теоретических знаний на практике.

Апробация представленных опытов прошла в рамках производственной (технологической) практики студентов направления Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (профиль «Биология», профиль «Химия») Шадринского государственного педагогического университета в МБОУ «Лицей №1» г. Шадринска. При изучении мотивации учебной деятельности обучающихся 10 класса была использована «Анкета на определение мотивации к изучению химии». Результаты анкетирования показали, что интерес обучающихся к предмету «Химия» до включения дополнительных лабораторных опытов с использованием цифровых датчиков находился на среднем уровне, после повысился на 16%. Один из вопросов «Что бы Вы хотели изменить в уроках химии?» включал выбор нескольких вариантов ответов: 1) увеличить количество уроков; 2) больше работать с компьютерными обучающими программами; 3) наблюдать демонстрационные опыты; 4) проводить больше самостоятельно практических работ; 5) выполнять химические опыты с цифровыми датчиками и 6) другие варианты. Выбор обучающихся при повторном анкетировании

склонился к вариантам 4 и 5 и составил 54% и 62% соответственно (в сравнении с первоначальными значениями 14% и 8%). Применение цифровых датчиков на уроках химии позволило наблюдать у обучающихся повышение интереса к практической деятельности и изучению учебного материала.

Уровень развития химической грамотности обучающихся был оценен по выполнению практической работы по пятибалльной шкале с выделением четырех уровней: недопустимый, допустимый, достаточный, высокий. Оценивались экспериментальные действия учащихся и их письменный отчет, полнота описания действий при проведении опыта, последовательность описания действий и правильность их формулировки, соблюдение правил техники безопасности и т.д. Практическая работа была проведена после изучения раздела «Азотсодержащие органические соединения», при этом демонстрационные опыты были заменены на ученические. В практическую работу были включены цифровой датчик температуры при изучении денатурации белков, датчик счета капель для определения амфотерности аминокислот, а также программные опыты (цветные реакции белков). Анализ результатов показал, что у 37,5% обучающихся высокий уровень развития химической грамотности, у 56,2% – достаточный и у 6,3% – допустимый уровень. Сравнение данных результатов с выполнением предыдущей практической работы показало повышение уровня химической грамотности обучающихся на 34,2%.

Заключение

Таким образом, для организации образовательного процесса по химии учителя могут применять цифровые датчики лаборатории «Vernier» при проведении лабораторных опытов, которые помогут обучающимся получить наиболее точные и достоверные результаты. Также проведение таких опытов с использованием цифровой лаборатории позволяет обучающимся освоить практические умения и навыки, углубить знания школьного материала по органической химии не только в рамках учебной дисциплины, но и для подготовки к государственной итоговой аттестации, способствует развитию химической грамотности и повышению интереса к изучению химии.

Литература

1. Шарыпова Н. В., Павлова Н. В., Соловьева А. Л., Камалова А. Р. Опыт формирования естественнонаучной грамотности обучающихся посредством цифровой лаборатории. *Современные наукоемкие технологии*. 2022: 10-1. 200-204.
2. Соловьева А. Л., Шарыпова Н. В., Батенева Я. А. Применение цифровой лаборатории по химии при изучении термодинамики химических реакций. *Учёные записки Шадринского государственного педагогического университета*. 2023: 2(2). 212-216.
3. Шарыпова Н. В., Брусянина А. Г., Батенева Я. А. Особенности использования цифровой лаборатории по химии для формирования предметных компетенций у студентов педагогического вуза. *Гуманитарные науки*. 2024: 68 (4).
4. *Химия с Vernier*. Под ред. В. А. Новоженова, И. А. Костенчук. Москва : Экзамен, 2020: 256.
5. Беспалов П. И., Дорофеев М. В., Жилин Д. М., Зиминая А. И. *Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе*. Москва : БИНОМ. Лаборатория Знаний. 2014: 229.
6. Беспалов П. И., Дорофеев М. В. Особенности применения цифровых лабораторий на уроках химии. *Естественно-научное образование: информационные технологии в высшей и средней школе. Методический ежегодник химического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова*: Сборник статей. Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом. 2019: 15: 134-146.
7. Федеральная рабочая программа среднего общего образования химия (базовый уровень) (для 10-11 классов образовательных организаций). URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/25_ФРП-Химия_10-11-классы_база.pdf (Дата обращения 21.08.2025).

8. Федеральная рабочая программа среднего общего образования химия (углубленный уровень) (для 10-11 классов образовательных организаций). URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/26_ФРП-Химия_10-11-классы_угл.pdf (Дата обращения 19.08.2025).
9. Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Сладков С. А. *Химия : 10-й класс : базовый уровень : учебник*. 5-е изд., перераб. Москва : Просвещение, 2023: 128.
10. Габриелян О. С., Остроумов И. Г., Сладков С. А. *Химия : 10-й класс : углублённый уровень : учебник*. 2-е изд., стер. Москва : Просвещение. 2022: 399.
11. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования : утв. приказом М-ва образования и науки Рос. Федерации от 17.05.2012 №413. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131131(Дата обращения 19.08.2025).
12. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 12.08.2022 № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. №413» (Зарегистрирован 12.09.2022 № 70034). URL: <https://edsoo.ru/normativnye-dokumenty/> (Дата обращения 19.08.2025).
13. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по химии. Москва : Releon. 2021: 245.
14. Методические рекомендации к интерактивным виртуальным лабораторным и практическим работам по предметам, изучаемым на углубленном уровне основного общего образования. Химия. Москва : ИСРО РАО. 2021:77. URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/11/metodicheskie_rekomendaczii_himiya.pdf (Дата обращения 19.08.2025).
15. Кинжалов М. А., Ростовский Н. В. *Органическая химия: Практические работы для школьников : учебно-методич. пособие*. СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2019: 68.

References

1. Sharypova N.V., Pavlova N.V., Solovieva A.L., Kamalova A.R. Experience of Developing Students' Natural Science Literacy through a Digital Laboratory. *Modern Science-Intensive Technologies*. 2022: 10-1: 200–204 (in Russian).
2. Solovieva A.L., Sharypova N.V., Bateneva Ya.A. Using a Digital Chemistry Laboratory in Studying the Thermodynamics of Chemical Reactions. *Scientific Notes of Shadrinsk State Pedagogical University*. 2023: 2(2): 212–216 (in Russian).
3. Sharypova N.V., Brusyanina A.G., Bateneva Ya.A. Features of Using a Digital Chemistry Laboratory to Develop Subject Competencies in Students of a Pedagogical University. *Humanities*. 2024: 68 (4) (in Russian).
4. *Chemistry with Vernier*. Ed. by V.A. Novozhenov, I.A. Kostenchuk. Moscow: Exam. 2020: 256 (in Russian).
5. Bepalov P.I., Dorofeev M.V., Zhilin D.M., Zimina A.I. *Using Digital Laboratories in Teaching Chemistry in High School*. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory. 2014: 229 (in Russian).
6. Bepalov P.I., Dorofeev M.V. Features of Using Digital Laboratories in Chemistry Lessons. *Science Education: Information Technology in Higher and Secondary Schools. Methodological Yearbook of the Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University: Collection of Articles*. Moscow: Lomonosov Moscow State University Publishing House. 2019: 15: 134–146 (in Russian).
7. Federal Working Program of Secondary General Education Chemistry (Basic Level) (for grades 10–11 of educational organizations). Available at: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/25_ФРП-Химия_10-11-классы_база.pdf (accessed: 21 August 21 2025) (in Russian).
8. Federal Working Program of Secondary General Education Chemistry (Advanced Level) (for grades 10–11 of educational organizations). Available at: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/26_ФРП-Химия_10-11-классы_угл.pdf (accessed: 19 August 2025) (in Russian).
9. Gabrielyan O.S., Ostroumov I.G., Sladkov S.A. *Chemistry: 10th Grade: Basic Level: Textbook*. 5th ed., revised. Moscow: Prosveshchenie. 2023: 128 (in Russian).
10. Gabrielyan O.S., Ostroumov I.G., Sladkov S.A. *Chemistry: 10th grade: advanced level: textbook*. Moscow: Prosveshchenie. 2022: 399 (in Russian).
11. Federal state educational standard of secondary general education: approved by order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated 17.05.2012 No. 413. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_131131 (accessed: 19 August 2025) (in Russian).

12. Order of the Ministry of Education of the Russian Federation dated August 12, 2022, No. 732 “On Amendments to the Federal State Educational Standard of Secondary General Education, Approved by Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated May 17, 2012, No. 413” (Registered September 12, 2022, No. 70034). Available at: <https://edsoo.ru/normativnye-dokumenty/> (accessed: 19 August 2025) (in Russian).

13. Methodological Recommendations for Conducting Laboratory Work in Chemistry. Moscow: Releon. 2021: 245 (in Russian).

14. Methodological Recommendations for Interactive Virtual Laboratory and Practical Work in Subjects Studied at the Advanced Level of Basic General Education. Chemistry. Moscow: ISRO RAO. 2021: 77. Available at: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/11/metodicheskie_rekomendaczii_himiya.pdf (accessed: 19 August 2025) (in Russian).

15. Kinzhaltov M.A., Rostovsky N.V. Organic Chemistry: Practical Work for Schoolchildren: a teaching aid. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg University. 2019: 68 (in Russian).

Сведения об авторах

ШАРЬПОВА Надежда Владимировна – к. биол. н., доцент, заведующий кафедрой биологии и географии с методикой преподавания, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0003-0942-5630, e-mail: sharnadvla@yandex.ru

БРУСЯНИНА Александра Григорьевна – студент кафедры биологии и географии с методикой преподавания, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Российская Федерация, ORCID ID: 0009-0007-1514-8891, e-mail: alexa.brusyanina2003@gmail.com

БАТЕНЕВА Яна Андреевна – студент кафедры биологии и географии с методикой преподавания, ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», г. Шадринск, Российская Федерация, ORCID ID: 0009-0005-5845-8537, e-mail: ianamis@mail.ru

Information about the authors

SHARYPOVA Nadezhda Vladimirovna – Cand. Sci. (Biology), Associate Professor, Head of the Department of Biology and Geography with Teaching Methods, Shadrinsky State Pedagogical University, Shadrinsk, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0003-0942-5630

BRUSYANINA Alexandra Grigorievna – student, Department of Biology and Geography with Teaching Methods, Shadrinsky State Pedagogical University, Shadrinsk, Russian Federation, ORCID ID: 0009-0007-1514-8891

BATENEVA Yana Andreevna – student, Department of Biology and Geography with Teaching Methods, Shadrinsky State Pedagogical University, Shadrinsk, Russian Federation, ORCID ID: 0009-0005-5845-8537

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Authors' contribution

All authors made equivalent contributions to the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Корреспондент автор имеет право и полномочия выступать от имени всех авторов по этому исследованию.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest. The corresponding author has the right and authority to speak on behalf of all authors on this study.

Поступила в редакцию / Submitted 18.09.25

Поступила после рецензирования / Revised 01.12.25

Принята к публикации / Accepted 08.12.25