

RU

## Практико-ориентированные занятия для обучающихся профильных химико-биологических классов по исследованию водной среды методами аналитической химии

Рогатых С. В., Кузнецова Т. П.

**Аннотация.** Цель исследования – обосновать необходимость включения элементов аналитической химии водной среды в процесс проведения практико-ориентированных занятий по химии в профильных химико-биологических 10-11 классах средних школ. В статье представлено, как простыми методами исследования водной среды можно привлечь обучающихся к выполнению индивидуальных проектов по исследованию качества воды, отобранных из различных источников, подготовить старшеклассников к изучению аналитической химии, к выбору будущей профессии. Самостоятельно поставленные учащимися в лаборатории химические эксперименты повышают уровень познавательного интереса школьников к изучению предмета. Научная новизна исследования состоит в том, что в нем впервые на основе руководящих документов и государственных стандартов по анализу воды определены методики проведения практических работ по химии, не требующие специального оборудования и материалов и соотнесенные с содержанием федеральной образовательной программы специально для учащихся профильных химико-биологических 10-11 классов. В результате исследования установлено, что включение методов «вузовской» химии (гравиметрии и титриметрии, построение градуировочных графиков, работа в малых группах на аналитическом оборудовании, ведение лабораторного журнала, оформление протокола исследований, выявление ошибок вычислений) повышает уровень познавательного интереса учащихся и стимулирует их к научно-исследовательской работе, к дальнейшему обучению в вузе.

EN

## Practically oriented lessons for pupils in specialized chemistry-biology classes on the study of the aquatic environment using analytical chemistry methods

S. V. Rogatykh, T. P. Kuznetcova

**Abstract.** The aim of the research is to justify the need to incorporate elements of analytical chemistry of the aquatic environment into the process of conducting practically oriented chemistry lessons in specialized chemistry-biology classes in grades 10-11 of secondary schools. The paper shows how simple methods of water environment research can engage pupils in carrying out individual projects on water quality research from various sources, prepare high school students for the study of analytical chemistry and for choosing a future profession. Independent chemical experiments set up by pupils in the laboratory increase the level of their cognitive interest in the study of the subject. The scientific novelty of the research lies in the fact that, for the first time, based on guiding documents and state standards for water analysis, methodologies for conducting practical chemistry work have been defined, which do not require special equipment or materials and are correlated with the content of the federal educational program specifically for pupils in specialized chemistry-biology classes in grades 10-11. As a result of the study, it was found that the inclusion of “university” chemistry methods (gravimetry and titrimetry, building calibration graphs, working in small groups on analytical equipment, keeping a laboratory journal, preparing research protocols, identifying computational errors) increases the level of pupils’ cognitive interest and stimulates their engagement in scientific research and further study at a university.

## Введение

Актуальность данного исследования обусловлена современными тенденциями в работе с обучающимися классов с углубленным изучением химии, в которых наибольшее внимание уделяется практической подготовке. Теоретические знания, предоставляемые на уроках, должны закрепляться навыками, практическим умением использования в своей работе теории, в том числе в их применении при осуществлении собственных научно-исследовательских проектов. В классах с углубленным изучением химии и биологии (предпрофессиональное медицинское направление) на уроках химии рассматривается роль химической науки в процессе изучения различных природных сред: воды, почвы, воздуха, растений и животных (Кузьменко, Рыжова, Лунин, 2005). Комплекс химических наук в настоящее время огромен, и за четыре года изучения химии в школе (даже на профильном уровне) не удается объять все ее направления. Аналитическая химия в школе почти не изучается. Между тем это важное направление комплекса химических наук: почти в каждый паспорт современных специальностей по ним включены такие направления исследований, как анализ, дизайн, синтез новых веществ и моделирование веществ и процессов, протекающих в природных средах (Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки РФ от 10 ноября 2017 г. № 1093; приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 24 февраля 2021 г. № 118. <https://base.garant.ru/400550248/>).

В настоящее время в отечественной литературе проблеме конструирования новых практических работ по химии уделяется мало внимания, при этом организация практических работ по одному из важнейших направлений химии – аналитической – не только дает возможность учащемуся (будущему абитуриенту) соприкоснуться с передовыми химическими понятиями, но и позволяет помочь ему в дальнейшем обучении в вузе или на практике увидеть современные методы и приемы работы при анализе химического состава вещества.

Целесообразно осуществлять конструирование практических работ по химии в профильных химико-биологических десятых-одиннадцатых классах средних школ в части включения элементов аналитической химии водной среды.

Задачи исследования:

- раскрыть дидактический потенциал использования в образовательном процессе современных способов изучения водной среды методами аналитической химии;
- сконструировать на основе руководящих документов (ГОСТов, ПНД, СанПиН) некоторые практические работы, которые можно включить в содержание обучения химии в школе для учащихся профильных химико-биологических классов;
- оценить эффективность внедрения сконструированных практических работ в содержание обучения химии в школе для учащихся профильных химико-биологических классов.

Теоретическая база обусловлена поиском ответов на вопросы применения практико-ориентированных занятий по химии в школе. Этому аспекту посвящены работы Н. Е. Кузьменко, О. Н. Рыжовой, В. В. Лунина (2005), О. Д.-С. Кендиван (2009), В. В. Васильевой, И. Е. Кардия, И. В. Муштуковой (2022). Проблемы взаимодействия школы и вуза отражены в работах Т. Н. Литвиновой (2003) и С. Б. Пуховой, С. М. Сухановой, Ю. В. Ефимовой и др. (2023). Однако современные исследователи уделяют мало внимания конструированию новых практических работ, в основном они характеризуют различные подходы к проведению и оцениванию экспериментальной работы (Шабанова, Ковалева, 2022; Данилина, 2023), обсуждают различные технологии обучения и их характеристики при проведении химического эксперимента (Салохиддини, 2018). Отдельные исследователи рассматривают создание новых практических работ только в контексте подготовки к научно-практическим конференциям школьников, к выполнению ими индивидуального проекта (Пашкина, Ляпина, Жукова и др., 2020; Секисова, 2022), при подготовке к рейтинговым олимпиадам и конкурсам (Быковская, Шишлова, Шишлова и др., 2021; Ляпина, Капустина, Родионова и др., 2023), в качестве дополнительного материала в системе дополнительного образования учащихся (Федоров, 2023; Заживихина, Голова, Громыко, 2024). Проблемы познавательного интереса отразили в своих работах Г. И. Шукина (1968) и М. А. Якунчев, О. Ю. Гаврилюк, Н. Г. Семенова и др. (2021).

Для решения указанных задач в статье применяются следующие методы исследования: анализ научно-методической литературы по проблеме применения практико-ориентированных занятий в школе – для систематизации теоретических и эмпирических данных по теме исследования; описательный метод – для изложения и конструирования практических работ по гидрохимии; наблюдение за обучающимися с использованием анкетирования, а также обобщение накопленного педагогического опыта – для выявления оптимальных (и простых для использования в школе) практических работ и написания методических рекомендаций к ним.

Материалом для исследования послужили руководства по гидрохимическим лабораторным методам, государственные стандарты, требования к методам определения различных веществ (ГОСТ Р 56237-2014; ГОСТ Р 57164-2016; ГОСТ Р 59024-2020; ГОСТ Р 51232-98; ГОСТ 27384-2002; ГОСТ Р 54316-2020; ПНД Ф 14.1:2.101-97; ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97; ПНД Ф 14.1:2.4-95; ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010; РД 52.24.407-2017; СанПиН 1.2.3685-21) и содержание федеральной образовательной программы среднего общего образования по химии (Об утверждении федеральной образовательной программы среднего общего образования: приказ Минпросвещения России от 18.05.2023 № 371. <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307130017>).

Упрощение методик и приемов руководств по лабораторным методам исследования воды для их понимания учащимися и сопоставление их с содержанием программы среднего общего образования помогло нам сконструировать содержание одиннадцати практических работ, которые и будут представлены далее.

Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга совместно со средней школой № 28 им. Г. Ф. Кирдищева и средней школой № 33 с углубленным изучением отдельных предметов Петропавловска-Камчатского с 2021 года реализует сетевую образовательную программу по химии, в рамках которой учащиеся классов с углубленным изучением химии, физики и биологии посещают лаборатории вуза и под руководством преподавателей выполняют практические работы, не только представленные в статье, но и другие: по основам аналитической, пищевой, неорганической, органической химии. Описываемые ниже практические работы были апробированы на уроках химии среди этих учащихся.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования предлагаемых практических работ в рамках преподавания химии в классах с углубленным изучением предмета. Кроме того, представленный в статье опыт конструирования практических работ может найти применение в качестве базы для преподавания основ химического анализа и аналитической химии в средних профессиональных учебных заведениях.

## Обсуждение и результаты

Практико-ориентированный подход в обучении подразумевается как способ образования, предполагающий акцент на подлинных проблемах, с которыми могут столкнуться и сталкиваются будущие специалисты (Пухова, Суханова, Ефимова и др., 2023). В связи с этим перед учащимися, которые впервые встречаются с изучением основ аналитической химии в школе, ставятся некоторые задачи сертифицированных химико-аналитических лабораторий, например: виды методов анализа материала (в нашем случае анализ по количественному определению показателей качества воды) и способы представления результатов анализа. Для разных случаев создано несколько разных методов анализа материала: полевой (стандартный); сокращенный – состоит из 14 (иногда 19) пунктов, он раскрывает химический состав в общих чертах; полное исследование – проводится по 25 (иногда по 34) параметрам, более углубленно и детально раскрывает химический состав жидкости; и анализ по отдельным показателям – его проводят тогда, когда подозревают загрязнение определенными элементами, например хлоридами, углеводами, радионуклидами или нитратами (Горлачев, Головина (Кузнецова), Махова, 2015). Из нашего опыта работы в химической лаборатории количество показателей для того или иного вида анализа может варьироваться по согласованию с заказчиком.

Наиболее простой анализ – это *полевой (стандартный)*: включает определение pH,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , сухого остатка, суммы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ , жесткости общей и карбонатной, окисляемости. *Полный анализ воды содержит определение* физических свойств (запах, цвет, мутность, вкус), кремниевой кислоты *и определений из сокращенного анализа*. Он применяется для подробной характеристики окончательно установленных типичных вод района и позволяет производить контроль определений по сухому остатку и по суммам мг-экв катионов и анионов.

Результаты химического анализа воды могут быть представлены в разных формах: ионно-весовой (в мг/л или г/л воды), эквивалентной и процент-эквивалентной. Учащимся 10-11 классов на практических работах необходимо вычислять данные химического анализа в ионно-весовой форме, которая хотя и не дает полной характеристики, но позже сами школьники могут перевести ее в эквивалентную форму, например, для показа своего проекта или исследования на различных школьных конкурсах или конференциях.

Для исследований качества воды в ходе изучения курса основ аналитической химии учащимся необходимо владеть следующими понятиями: способы выражения концентрации растворов (процентная, молярная, нормальная концентрация веществ в растворах), лабораторная посуда и оборудование, сущность гравиметрического и титриметрического анализа, метод фотоэлектроколориметрии.

Для школьных исследовательских проектов по анализу воды наиболее простым и целесообразным будет изучение ее проб из близлежащих водоемов (река, ручей, озеро), а также из централизованной сети водоснабжения. Необходимо учитывать, что для каждого типа воды существуют свои особенности отбора проб (Шемякин, Герасимова, 2004).

Для отбора проб воды можно использовать пластиковую или стеклянную бутылку, в которой ранее не хранились минеральная вода, сладкие, газированные, ароматизированные напитки. Мойка емкостей чистящими и моющими веществами не допускается. Вся тара должна быть снабжена плотно завинчивающимися пробками. Для определения органических веществ необходимы стеклянные емкости, предпочтительно темного стекла. Перед заполнением тару ополаскивают отбираемой для анализа водой не менее трех раз. Воду в бутылку необходимо залить под верхний обрез горлышка и плотно ввернуть пробку. Пробы воды снабжаются этикетками с указанием места, даты, времени отбора; проводят анализ до истечения 48-ми часов с момента взятия проб (ГОСТ Р 56237-2014; ГОСТ Р 59024-2020).

Далее рассмотрим некоторые теоретические и практические основы анализа, которые можно использовать в школьной лаборатории для оценки качества воды (Таблица 1). Это общеизвестные методики анализа, однако мы выбрали только те, применение которых в образовательном процессе может помочь учителю провести практикум, используя оборудование и материалы, имеющиеся в каждой школе, а также соотнесенные с содержанием федеральной образовательной программы среднего общего образования по химии.

Таблица 1. Практические работы по анализу водной среды с методическими рекомендациями

Название	Метод	Примечание, ссылка на использованный источник
Органолептические качества воды	Анализ воды по качествам, которые можно распознать органами чувств (цвет, запах, вкус, прозрачность)	Исследования можно провести без специальных средств и оборудования (Горлачев, Головина (Кузнецова), Махова, 2015; ГОСТ Р 57164-2016)
Определение pH	Метод визуальной колориметрии	По прилагаемой к универсальной индикаторной бумаге цветной шкале устанавливают значения pH (ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97)
Характеристика содержания в воде нелетучих растворенных и органических веществ	Гравиметрическое определение массовой концентрации сухого остатка в воде по разности масс выпарительных чашек с бумажными фильтрами	(ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010)
Определение растворенного в воде углекислого газа	Метод титрования раствором щелочи в присутствии фенолфталеина	Содержание растворенного углекислого газа вычисляют по произведению объема израсходованного гидроксида натрия на его нормальность и эквивалент, деленной на объем исследуемой воды (СанПиН 1.2.3685-21)
Определение содержания карбонатов и гидрокарбонатов	Метод двойного титрования соляной кислотой в присутствии индикаторов фенолфталеина и метилоранжа. Проведение двойного титрования и дальнейшие расчеты позволяют учащимся сформировать навыки бережного и точного взаимодействия с химической посудой, так как и при приливании титранта к определяемой жидкости и при расчетах можно легко совершить ошибку, что приведет к несоответствующим результатам и к повторному определению	Содержание карбонатов и гидрокарбонатов учащиеся вычисляют по закону эквивалентов, вспоминая при этом понятия «эквивалент» и «эквивалентная масса» (ГОСТ Р 51232-98; Шемякин, Герасимова, 2004)
Определение массовой доли хлоридов	Аргентометрический метод определения хлоридов качественной реакцией по появлению муты и количественное определение титриметрически нитратом серебра	Массовую концентрацию хлоридов рассчитывают по произведению массы одного моля хлорид-иона (35,453) на объем израсходованного нитрата серебра, на его молярность и на 10 (РД 52.24.407-2017). Учащиеся вспоминают качественные реакции, образование комплексных соединений
Определение в воде массовой концентрации железа	Качественная реакция с персульфатом аммония и количественное определение фотометрически на спектрофотометре	Навыки работы со спектрофотометром позволяют учащимся вспомнить элементы оптики школьного курса физики, а при построении для него калибровочного графика на миллиметровой бумаге – навыки расчета масштаба (ГОСТ 27384-2002; Горлачев, Головина (Кузнецова), Махова, 2015)
Определение массовой концентрации аммиака и ионов аммония	Количественное определение на спектрофотометре с использованием реактива Несслера	Построенные учащимися калибровочные графики можно использовать неоднократно: для проведения анализа количественного содержания азота в различных образцах почвы, воды, тканях животных и растений (ПНД Ф 14.1:2.4-95 Шемякин, Герасимова, 2004)
Определение нитратов	Фотометрически по методу с салициловокислым натрием в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты	При выполнении данной практической работы учащиеся демонстрируют свои знания не только по химии, но и по элементам содержания физики, геометрии и биологии (ПНД Ф 14.1:2.4-95; Горлачев, Головина (Кузнецова), Махова, 2015)
Определение нитритов	Метод, основанный на способности нитритов диазотировать сульфаниловую кислоту и на образовании красно-фиолетового красителя диазосоединения с 1-нафтиламином	(СанПиН 1.2.3685-21; Горлачев, Головина (Кузнецова), Махова, 2015)
Определение общей жесткости, кальция и магния	Метод титрования трилоном Б с использованием индикаторов эриохрома и мурексида	Вывод, который здесь получают учащиеся, выполняющие анализ воды, взятой с различных участков городского водопровода, позволяет им проанализировать состав и степень изношенности жилищно-коммунального сектора и получить новые знания по экологии человека (СанПиН 1.2.3685-21; Горлачев, Головина (Кузнецова), Махова, 2015)

Представленные практические работы являются средством повышения качества обучения среди учащихся профильных химико-биологических классов, развития их учебного и познавательного интереса к предмету аналитической химии.

Сам процесс будет более эффективным, если в ходе выполнения практических работ по гидрохимии учитель ориентируется и опирается на конкретные понятия и элементы, изучаемые на базовом уровне, и системно-**деятельностный** подход в обучении. Развитие общей культуры (работа с лабораторным оборудованием и реактивами), закрепление естественно-научной (задания базового и повышенного уровня сложности) и функциональной грамотности (работа с методикой проведения практической работы и выполнение ее самостоятельно, опираясь на собственные знания), овладение углубленными знаниями в конкретной предметной области на основе сформированных ранее знаний и умений, в том числе общеучебных и межпредметных, позволило учащимся выполнить представленные практические работы и на их основе создать свои собственные школьные проекты, например: исследование качества воды, отобранной из разных мест города, из местных водоемов; сравнение содержания хлоридов или нитратов различных водоемных источников и другие. Это также повышает уровень научно-исследовательских способностей учащихся.

В целях выявления и анализа возможностей применения представленных практических работ мы в 2022-2023 и 2023-2024 учебных годах провели педагогический эксперимент среди учащихся 11-х классов школы № 28 Петропавловска-Камчатского. Принимали участие два класса с разными профилями обучения: в химико-биологическом классе (26 учащихся) раз в две недели применялись представленные практические работы по гидрохимии, а также по анализу почвы и пищевых продуктов; в классе с историко-правовым профилем (28 учащихся) занятия проводились по традиционным вариантам (по федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования; <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/>). На контрольном этапе эксперимента осуществлялась итоговая диагностика уровня познавательного интереса к химии посредством анкетного опроса. В анкете были представлены 10 вопросов в форме межпредметных заданий по способности учащихся использовать приобретенные в ходе обучения химии знания для решения жизненных задач. Для вопросов взяты переработанные задания, предложенные авторами публикаций (Храмова, Лобанова, Басалаева и др., 2021; Ковалева, Пентин, Заграничная и др., 2023). Например:

- в сутки человек вдыхает приблизительно 25 кг воздуха. На каждые 100 км пути автомобиль расходует 1,825 т кислорода. Сколько суток сможет дышать человек воздухом, если на улицах города одна из машин проедет на 100 км меньше? (Ответ дать в числовой форме);
- картофель, выращенный вблизи дорог в окрестностях крупного города содержит соединения свинца из выхлопных газов автомобилей. В пересчете на металл в 1 кг такого картофеля было обнаружено 0,001 моль свинца. Во сколько раз превышено предельно допустимое содержание свинца, значение которого равно 0,5 мг/кг? (Ответ дать в числовой форме);
- какое соединение образуется в результате химической реакции связывания растворенного в океане углекислого газа карбонатными осадками? (Выбрать один ответ из предложенных).

Уровни познавательного интереса учащихся характеризовали по Г. И. Шукиной (1968). Данные не соотносились с улучшением (или ухудшением) качества обучения по результатам годового внутришкольного учета из-за разных профилей обучения и разных предметов, сданных учащимися на Едином государственном экзамене.

Обработка анкет показала следующие результаты: в химико-биологическом классе высокий уровень познавательного интереса (высокая заинтересованность, желание продолжить изучать химию) показали 72% учащихся, 24% – продемонстрировали средний уровень (наличие незначительного интереса), 4% – низкий (отсутствие инициативности и заинтересованности); в историко-правовом классе: 53% – высокий, 36% – средний, 11% – низкий.

## Заключение

Таким образом, мы приходим к следующим выводам. При включении различных методов и приемов аналитической химии (даже на примитивном уровне, без применения дорогостоящего оборудования и реактивов, а только тех, которые есть в каждом школьном химическом кабинете) процесс формирования познавательного интереса и уровня научно-исследовательских способностей учащихся станут более эффективными.

На основе руководящих документов (ГОСТов, ПНД, СанПиН) сконструированы одиннадцать практических работ, которых включены в содержание обучения химии в школе для учащихся профильных химико-биологических классов.

Проведенное исследование продемонстрировало, что применение в образовательном процессе вышперечисленных практических работ по исследованию качества водной среды показало свою эффективность в ходе выполнения учащимися собственных научно-исследовательских проектов и повысило уровень познавательного интереса. Представленные в статье практические работы по исследованию качества воды были апробированы на уроках химии среди учащихся школ № 28 и № 33 Петропавловска-Камчатского, и по итогам годовых отчетов выпускных классов этих школ результаты среднего балла по химии и биологии с 2018 года

значительно выросли, многие учащиеся смогли выполнить научно-исследовательские проекты и представить их на различные конкурсы и школьные конференции. Можно утверждать, что включение основных различных методов «вузовской» химии (гравиметрии и титриметрии, построение градуировочных графиков, работа в малых группах на аналитическом оборудовании, ведение лабораторного журнала, оформление протокола исследований, выявление ошибок вычислений, другой временной формат занятий) и приемов организации практической работы повышает уровень познавательного интереса учащихся и стимулирует их к научно-исследовательской работе, к дальнейшему обучению в вузе.

В качестве перспектив дальнейшего изучения заявленной проблематики можно назвать разработку и апробирование практических работ других видов анализа (например, для исследования почвенной среды, пищевых продуктов) для развития познавательного интереса к дисциплинам естественно-научного цикла.

### Источники | References

1. Быковская Н. В., Шишлова М. А., Шишлова Т. М., Рейм Т. А., Вязовец Д. А. Химико-генетическое исследование водотоков урбанизированных территорий в проектной деятельности школьников // *Современные проблемы науки и образования*. 2021. № 3.
2. Васильева В. В., Кардия И. Е., Муштукова И. В. Интегрированное занятие «состав и свойства шампуня» // *Химия в школе*. 2022. № 1.
3. Горлачев В. Ю., Головина (Кузнецова) Т. П., Махова Т. И. Определение качества воды: лабораторный практикум. Петропавловск-Камчатский: Камчатский политехнический техникум, 2015.
4. Данилина Т. В. Возможности дидактической игры в структурировании учебного материала // *Педагогическое образование*. 2023. Т. 4. № 10.
5. Заживихина Е. Ю., Голова П. М., Громыко К. Н. Методика организации практических работ по химии // *Профессиональная ориентация*. 2024. № 2-1.
6. Кендиван О. Д.-С. Практико-ориентированные задания в обучении химии // *Химия в школе*. 2009. № 8.
7. Ковалева Г. С., Пентин А. Ю., Заграничная Н. А., Никишова Е. А., Семенова Г. Ю., Вергелес К. П. Естественно-научная грамотность: сборник эталонных заданий: учебное пособие. Изд-е 3-е, стер. М. – СПб.: Просвещение, 2023. Вып. 2.
8. Кузьменко Н. Е., Рыжова О. Н., Лунин В. В. Проблемы реформирования отечественного химического образования // *Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование*. 2005. № 2.
9. Литвинова Т. Н. Об организации системы довузовского обучения химии на базе вуза // *Химия в школе*. 2003. № 7.
10. Ляпина О. А., Капустина Ю. Ф., Родионова Л. В., Бурова А. И. Организация исследовательской деятельности школьников по химии на примере изучения качества подсолнечных масел // *Учебный эксперимент в образовании*. 2023. № 1 (105).
11. Пашкина В. В., Ляпина О. А., Жукова Н. В., Чурашова В. С. Организация экспериментариумов по химии: на примере деятельности научно-образовательного центра «Академия успеха» // *Гуманитарные науки и образование*. 2020. Т. 11. № 2 (42).
12. Пухова С. Б., Суханова С. М., Ефимова Ю. В., Шишкина Т. Р. Взаимодействие школы и вуза в контексте формирования функциональной грамотности обучающихся // *Вопросы педагогики*. 2023. № 2-1.
13. Салохиддини С. Методы проведения химического эксперимента // *Вестник Института развития образования*. 2018. № 1 (21).
14. Секисова К. А. Работа с одаренными в рамках подготовки их к научно-практическим конференциям и проектной деятельности по химии // *Региональное образование XXI века: проблемы и перспективы*. 2022. № 1 (31).
15. Федоров Ю. В. Формы и средства проектирования ситуационных задач для развития регулятивных универсальных учебных действий учащихся средней школы при дистанционном обучении химии // *Управление образованием: теория и практика*. 2023. Т. 13. № 10-1. <https://doi.org/10.25726/c2298-1477-3178-q>
16. Храмова Л. Н., Лобанова О. Б., Басалаева Н. В., Фирер А. В., Ефиц О. А., Шмульская Л. С., Киргизова Е. В., Сотникова А. В. Банк заданий по формированию функциональной грамотности: практикум. Красноярск: Литера-принт, 2021.
17. Шабанова И. А., Ковалева С. В. Оценивание деятельности обучающихся на практических работах по химии // *Научно-педагогическое обозрение*. 2022. № 2 (42). <https://doi.org/10.23951/2307-6127-2022-2-7-15>
18. Шемякин В. Н., Герасимова Л. А. Химический анализ воды: методические указания по выполнению лабораторных работ. СПб.: Санкт-Петербургский горный институт им. Г. В. Плеханова, 2004.
19. Шукина Г. И. Познавательный интерес как педагогическая проблема: дисс. ... д. пед. н. Л., 1968.
20. Якунчев М. А., Гаврилюк О. Ю., Семенова Н. Г., Киселева А. И. К проблеме формирования познавательного интереса обучающихся при изучении биологии в школе // *Современные проблемы науки и образования*. 2021. № 2. <https://doi.org/10.17513/spno.30581>

**Информация об авторах | Author information****RU****Рогатых Станислав Валентинович<sup>1</sup>**, к. биол. н., доц.**Кузнецова Татьяна Петровна<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский<sup>2</sup> Средняя школа № 28 им. Г. Ф. Кирдищева Петропавловска-Камчатского**EN****Stanislav Valentinovich Rogatykh<sup>1</sup>**, PhD**Tatiana Petrovna Kuznetcova<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky<sup>2</sup> Secondary School No. 28 named after G. F. Kirdishchev of Petropavlovsk-Kamchatsky<sup>1</sup> [rogatykhsv@ya.ru](mailto:rogatykhsv@ya.ru), <sup>2</sup> [tanya.59.59@list.ru](mailto:tanya.59.59@list.ru)**Информация о статье | About this article**

Дата поступления рукописи (received): 22.07.2024; опубликовано online (published online): 03.09.2024.

**Ключевые слова (keywords):** профильная школа; гидрохимия; химический эксперимент; обучающиеся профильных химико-биологических 10-11 классов; практические работы по химии для учащихся; specialized school; hydrochemistry; chemical experiment; 10th-11th grade pupils in specialized chemistry-biology classes; practical chemistry work for pupils.