



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический
университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –
проректор по учебной работе
Овчинников Д.Е.
«29» августа 2025 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

«Молекулярная химия воды»
(стартовый уровень)

Направленность программы: естественно-научная

Возраст обучающихся: 15-18 лет (10-11 класс)

Срок реализации: 1 год

Язык обучения: русский

Самара 2025 г.

Настоящая дополнительная общеразвивающая программа «Молекулярная химия воды» (далее – программа) является собственностью ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Настоящая программа не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и распространена в качестве официального издания без разрешения ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Содержание

Раздел 1. Пояснительная записка	
1.1. Направленность программы	
1.2. Уровень программы	
1.3. Актуальность программы	
1.4. Отличительная особенность программы	
1.5. Новизна программы	
1.6. Формы обучения и реализация	
1.7. Цель программы	
1.8. Задачи программы	
1.9. Планируемые результаты обучения	
1.10. Категория обучающихся	
1.11. Режим занятий	
1.12. Трудоемкость программы	
Раздел 2. Содержание программы	
2.1. Учебный план программы	
2.2. Календарный учебный график	
2.3. Рабочая программа	
Раздел 3. Форма аттестации и оценочные материалы	
Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы	
Раздел 5. Воспитательная направленность программы	

Раздел 1. Пояснительная записка

1.1. Направленность программы: естественно-научная.

1.2. Уровень программы: стартовый.

1.3. Актуальность программы

1.3.1. Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа составлена в соответствии с основными нормативными документами:

– Федеральным законом Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (редакция от 28.12.2024);

– Стратегией развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 29.05.2015 № 996-р.;

– Приказом Министерства просвещения РФ от 27 июля 2022 г. N 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

– Концепцией развития дополнительного образования детей до 2030 года (в редакции Распоряжения Правительства Российской Федерации от 15.05.2023 № 1230-р), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2022 г. № 678-р;

– Проектом Концепции воспитания и развития личности гражданина России в системе образования, разработанным ФГБНУ «Институт изучения детства, семьи и воспитания Российской Академии образования» в 2024 году;

– Национальным проектом «Молодежь и дети» на период 2025-2030 гг.;

– Санитарно-эпидемиологическими требованиями к организации воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи. СП 2.4.3648-20, утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 г. № 28;

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным (общеразвивающим) программам в институте дополнительного образования № П-937 от 27.10.2023 г. (в новой редакции взамен № П-560 от 30.09.2020 г.);

– Уставом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.12.2018 г. № 1216. Определение состава воды имеет большое значение для охраны окружающей среды. Анализ водных проб позволяет осуществлять контроль степени загрязнения водоемов, рек и океанов различными химическими веществами такими как, нефтепродукты, токсичные соединения и пестициды. Такой анализ помогает выявить и оценить экологическую угрозу и принять меры для предотвращения дальнейшего загрязнения природной среды.

В промышленности и сельском хозяйстве знание состава воды также играет важную роль. Для производства различных товаров, начиная от пищевых продуктов и напитков и заканчивая химическими веществами и фармацевтическими препаратами, необходимо использовать качественную воду определенного состава. Для сельскохозяйственных целей определение состава воды важно для определения оптимальных условий орошения, подбора удобрений и контроля качества почвы.

Кроме того, знание состава воды позволяет оптимизировать и улучшить технологические процессы в различных отраслях промышленности, таких как энергетика и производство. Оно помогает выбирать наиболее эффективные методы

очистки и обеззараживания воды, предотвращать образование отложений и коррозии в трубопроводах и оборудовании, а также повышать энергоэффективность процессов использования воды.

Таким образом, знание химии воды и анализ химических свойств воды востребованные знания и умения инженера-химика, что делает данную программу актуальной в современной экологической ситуации.

1.4. Отличительная особенность программы

Отличительная особенность программы состоит в возможности для обучающихся получить навыки проведения эксперимента в научно-исследовательской деятельности.

Образовательная деятельность обучающихся предусматривает следующие виды учебных занятий: лекция, демонстрация, практическое занятие, Workshop (рабочая мастерская – групповая работа, где все участники активны и самостоятельны), лабораторная работа и другие виды учебных занятий.

1.5. Новизна программы

Новизна программы состоит в том, что она имеет широкий спектр применения в различных областях, связанных с охраной окружающей среды, здравоохранением, инновациями и устойчивым развитием. Поэтому она является важной частью современного образования в области естественных наук и инженерии.

1.6. Формы обучения и реализация

Форма обучения: очная.

Особенности реализации: отдельные темы могут изучаться с применением дистанционных образовательных технологий с учетом возрастных, индивидуальных физиологических и психолого-педагогических особенностей обучающихся.

1.7. Цель программы

Целью программы является создание оптимальных педагогических условий для личностного развития, профессионального самоопределения, приобретения социальных и технологических знаний, необходимых для проектно-исследовательской деятельности в области химии и химической инженерии для решения реальных технологических задач.

1.8. Задачи программы

Обучающие (предметные) задачи:

- ознакомить с основными аспектами физической и химической составляющей воды;
- ознакомить с принципами и правилами лабораторной работы;
- научить решать задачи на водные растворы;
- ознакомить с и освоить методы определения ионов в воде;
- научить выявлять потребности в проекте;
- научить ставить цель и задачи научной работы;
- познакомить с методиками планирования и управления проектами;
- научить оформлять и представлять результаты научной работы.

Воспитательные (личностные) задачи:

- воспитывать лидерские качества;
- способствовать расширению кругозора, пониманию ценности саморазвития и осознанного подхода к образованию.

Развивающие (метапредметные) задачи:

- способствовать развитию различных типов мышления;
- развивать навыки работы в команде.

1.9. Планируемые результаты обучения

1.9.1. Предметные образовательные результаты

- сформированы представления об экологическом мониторинге, методах использования, охраны и защиты окружающей среды;
- усвоены принципы и методы мониторинга природных объектов и основы рационального природопользования;
- сформированы представления о структуре экосистемы и расширены знания обучающихся о разнообразии экосистем в природе.

1.9.2. Личностные результаты

- сформировано доброе отношение к окружающему миру и экологической культуре;
- развиты навыки самоорганизации и адекватной самооценки.

1.9.3. Метапредметные результаты

- развито стремление к овладению новыми знаниями о живой природе;
- развита инициатива в области охраны окружающей среды;
- сформированы навыки грамотного поведения на природе.

1.10. Категория обучающихся

Возраст детей, участвующих в реализации программы: 15-18 лет (обучающиеся 10-11 классов общеобразовательных учреждений).

Наполняемость учебной группы: до 14 человек.

1.11. Режим занятий

1 занятие в неделю; продолжительность одного занятия составляет 2 академических часа, включая 10-минутный перерыв.

Наполняемость учебной группы: составляет до 10 человек.

1.12. Трудоемкость программы

1 учебный год; объем составляет 72 часа.

Раздел 2. Содержание программы

2.1. Учебный план программы

№ п/п	Наименование модуля	Количество часов			Форма контроля
		всего	теория	практика	
1	Модуль 1 «Введение в молекулярную химию воды»	8	4	4	Практические задания
2	Модуль 2 «Примеси в природной воде и методы очистки»	14	6	8	Практические задания
3	Модуль 3 «Способы водоподготовки»	16	6	10	Практические задания
4	Модуль 4 «Проектно-исследовательская деятельность»	34	-	34	Проектные работы, собеседование
	Итого:	72	16	56	

2.2. Календарный учебный график

Год обучения	Дата начала обучения по программе	Дата окончания обучения по программе	Всего учебных недель	Кол-во часов	Режим занятий
2025-2026	01.09.2025	31.05.2026	36	72	1 занятие в неделю по 2 часа

2.3. Рабочая программа

№ п/п	Наименование раздела (модуля), темы	Содержание	Количество часов		
			Теория	Практика	Самост. работа
1	Модуль 1. «Введение в молекулярную химию воды»		4	4	-
1.1	Введение	Теория: Инструктаж по технике безопасности. Основные понятия и термины гидрохимии; Практика: Физико-химические показатели качества воды.	2	2	-
1.2	Свойства водных растворов	Теория: Температуры замерзания и кипения растворов; Диффузия и осмос; Методы химического анализа состава воды. Практика: Практическая работа №1. «Определение плотности воды»	2	2	-
2	Модуль 2 «Примеси в природной воде и методы очистки»		6	8	-
2.1	Примеси, загрязняющие воду	Теория: Основные вещества в воде: растворенные газы, минералы, органические и неорганические соединения; Практика: Жесткость воды и методы ее устранения.	2	4	-
2.2	Методы очистки воды	Теория: Физические, химические, осадительные и физико-химические методы очистки. Практика: Практическая работа №2. «Определение органолептических и физико-химических показателей качества воды».	2	2	-
2.3	Санитарные нормы качества питьевой воды	Теория: Оценка качества воды для питьевых целей; Особенности природных, речных,	2	2	-

		озерных и подземных вод. Санитарные нормы качества питьевой воды Практика: Практическая работа №3. «Определение сульфат-ионов» Практическая работа №4. «Определение щелочности воды»			
-3	Модуль 3 «Способы водоподготовки»		6	10	-
3- .1	Очистка воды для промышленного и бытового использования	Теория: Очистка воды от взвешенных частиц, железа и марганца, обессоливание, обеззараживание, удаление биологических загрязнений; Практика: Коррекция состава воды: щелочности или кислотности, содержание кальция, фтора, йода и др.	2	2	-
- 3.2	Доступность и качество природной воды как основа стабильности социальных систем	Теория: Водные ресурсы; Состояние водных экосистем; Основные направления водопользования. Практика: Практическая работа №5. «Определение жесткости воды и содержания кальция и магния».	2	4	-
3.3	Охрана водных экосистем от загрязнения и истощения	Теория: Нормирование загрязняющих веществ в водных объектах; Мониторинг водных объектов; Водоохранные зоны водных экосистем. Практика: Практическая работа №6. «Определение окисляемости воды». Практическая работа №7. «Умягчение воды».	2	4	-
4	Модуль 4 «Проектно-исследовательская деятельность»		0	34	-
4.1	Тема проекта	Практика: Формирование группы проектов по проблематике химии воды.	-	6	-
4.2	Описание проекта	Практика: Разработка цели, задачи, плана проекта в рамках тематики химии воды.	-	6	-
4.3	Экскурсия	Практика: Экскурсия на предприятие (структурное подразделение СамГТУ).	-	4	-
4.3	Проведение экспериментов	Практика: Проведение экспериментов по анализу воды на основные вещества.	-	6	-

4.4	Химические реагенты	Практика: Ознакомление с применяемыми химическими реагентами.	-	6	-
4.5	Интерпретация результатов	Практика: Интерпретация результатов анализа воды.	-	6	-
5	Итого:		16	56	-

Раздел 3. Форма аттестации и оценочные материалы

Для того, чтобы оценить уровень усвоения программы, используются следующие методы диагностики: наблюдение, выполнение отдельных заданий, тестирование, презентация результатов. По завершению учебного плана оценивание знаний проводится посредством защиты научно-исследовательской работы.

Применяется 3-х балльная система оценки знаний, умений и навыков обучающихся «Светофор». Данной системой выделяется три уровня: красный - ниже среднего, желтый - средний, зеленый - выше среднего.

Красный уровень освоения программы - ниже среднего – ребёнок овладел менее чем 50% предусмотренных знаний, умений и навыков, испытывает серьёзные затруднения при работе с учебным материалом; в состоянии выполнять лишь простейшие практические задания педагога.

Желтый уровень освоения программы- средний– объём усвоенных знаний, приобретённых умений и навыков составляет 50-70%; работает с учебным материалом с помощью педагога; в основном, выполняет задания на основе образца; удовлетворительно владеет теоретической информацией по темам ОП, умеет пользоваться литературой.

Зеленый уровень освоения программы - выше среднего – учащийся овладел на 70-100% учебным планом; работает с учебными материалами самостоятельно, не испытывает особых трудностей; выполняет практические задания с элементами творчества; свободно владеет теоретической информацией по ОП, умеет анализировать литературные источники, применять полученную информацию на практике.

Формы контроля качества образовательного процесса:

1. наблюдение;
2. выполнение отдельных заданий;
3. тестирование;
4. собеседование;
5. проектные работы.

Оценочные материалы

Для выявления результатов освоения программы используются следующие контрольные задания:

Модуль 1. «Введение в химию воды»

Практическая работа №1. «Определение плотности воды».

Цель работы: определить плотность воды при комнатной температуре.

Необходимое оборудование:

1. Пикнометр на 10 мл; 10 шт;

2. Мерная пипетка, 10 мл; 10 шт;
3. Весы с точностью до 0,01 г;
4. Спринцовка, 10 шт;
5. Мерный стакан 100 мл, 10 шт;
6. Термометр
7. Вода

Порядок выполнения работы:

1. Взвесить пустой пикнометр на весах и записать его массу (m_1);
2. Пипеткой отобрать 10 мл пробы воды и поместить ее в пикнометр;
3. Взвесить пикнометр с водой и записать его массу (m_2);
4. Измерить температуру воды с помощью термометра и записать ее значение (T).

Плотность воды можно вычислить по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V};$$

где ρ - плотность воды, m_2 - масса пикнометра с водой, m_1 - масса пустого пикнометра, V - объем воды (10 мл).

После вычисления плотности воды, сравнить полученное значение с табличными данными (1 г/см³ при температуре 20°C). Если значения отличаются, провести анализ возможных причин погрешности измерений.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Модуль 2. «Примеси в природной воде и методы очистки»

Практическая работа №2. «Определение органолептических и физико-химических показателей качества воды».

Цель: ознакомиться с методами определения органолептических и физико-химических показателей качества питьевой воды.

Необходимое оборудование:

1. Аналитические весы;
2. Шпатель или лопаточка для взвешивания;
3. Дихромат калия кристаллический $K_2Cr_2O_7$;
4. Гептагидрат сульфата кобальта кристаллический;
5. Концентрированная серная кислота плотностью 1,84 г/см³;
6. Растворы №1 и №2;
7. Мерные колбы вместимостью 100 мл;

8. Конические колбы вместимостью 100 мл (13 шт.);
9. Пипетки градуированные вместимостью 1 мл, 20 мл;
10. Цилиндр мерный вместимостью 100 мл;
11. Химический стакан вместимостью 100 мл;
12. Пипетатор.

Приготовление раствора №1: В мерную колбу вместимостью 100 мл помещают 0,0875 г дихромата калия и 2,0 г гептагидрата сульфата кобальта, взвешенных на аналитических весах, добавляют пипеткой 1 мл концентрированной серной кислоты, доводят до метки дистиллированной водой, тщательно перемешивают. Раствор соответствует цветности в 500°.

Приготовление раствора №2: В мерную колбу вместимостью 1 мл пипеткой помещают 1 мл концентрированной серной кислоты, доводят дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.

Порядок выполнения работы:

Определение запаха воды при 20 °С. В две конические колбы вместимостью 250 мл отмеривают цилиндром по 100 мл питьевой воды температурой 20 °С. Колбы закрывают пробками, перемешивают, после чего колбы открывают и определяют интенсивность запаха.

Определение запаха воды при 60 °С. В две колбы вместимостью 25 мл отмеривают по 100 мл испытуемой воды. Колбы накрывают часовым стеклом и подогревают на водяной бане до температуры 60 °С. Содержимое колб перемешивают, после чего открывают и определяют интенсивность запаха.

Определение вкуса. В стеклянный стакан вместимостью 100 мл цилиндром помещают 30-35 мл воды исследуемой питьевой воды. Воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая, задерживают на 3-5 сек. Интенсивность вкуса и привкуса определяют по пятибалльной шкале.

Определение цветности воды:

В 12-и конических колбах вместимостью 100 мл с помощью пипеток приготовить шкалу цветности, смешивая растворы №1 и №2 в различных соотношениях.

В 13-ю колбу поместить цилиндром 100 мл испытуемой воды и сравнить с растворами, определяющими шкалу цветности.

По итогам практической работы сделать выводы о физико-химических и органолептических показателях исследуемой воды.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Практическая работа №3. «Определение сульфат-ионов»

Цель: Определить содержание сульфат-ионов в питьевой и водопроводной воде.

Необходимое оборудование:

1. Электроплитка;
2. Колбы конические термоустойчивые на 250 мл, 10 шт.;
3. Мерные колбы на 50 мл, 10 шт.;
4. Пипетки на 1 и 5 мл, 10 шт.;
5. Бюретка на 25 мл;
6. Кислота соляная 0,1 Н раствор;
7. Гидроксид натрия 0,1 Н раствор;
8. Хлорид магния и бария;
9. Аммиачный буферный (рН = 10);
10. Трилон Б 0,05 Н;
11. Эриохром черный Т (индикатор);
12. Метилловый красный (индикатор).

Порядок выполнения работы:

Содержание сульфат-ионов в воде вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V_1 + V_2 - V_3) \cdot N \cdot \text{Э} \cdot 1000}{V_4};$$

где V_1 — объем раствора трилона Б, необходимый для титрования 1 мл раствора хлорида бария, мл; V_2 — объем раствора трилона Б, необходимый для титрования раствора, содержащего ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , мл; V_3 — объем раствора трилона Б, необходимый для титрования раствора, содержащего SO_4^{2-} ; N — нормальность раствора трилона Б; Э — миллиграмм-эквивалент ионов SO_4^{2-} ; V_4 — объем исследуемой воды, мл.

Для определения V_3 в коническую колбу на 250 мл отмеряют цилиндром 50 мл исследуемой воды, прибавляют 1–2 капли раствора индикатора метилового красного и подкисляют 1 мл 0,1 Н раствора соляной кислоты. Затем этот раствор кипятят в течение 3–5 мин для удаления углекислого газа. К кипящему раствору прибавляют 1 мл раствора хлорида бария, содержащего ионы магния, и кипятят еще 10–15 с. Наличие ионов Mg^{2+} необходимо для более четкого определения конца титрования трилоном Б.

Часть ионов Ba^{2+} расходуется на связывание ионов в сульфат бария. Через 10–15 мин исследуемую воду нейтрализуют 0,1 Н раствором гидроксида натрия, прибавляя его осторожно, по каплям, до перехода красной окраски раствора в желтую. Затем прибавляют 5 мл аммиачного буферного раствора, несколько капель индикатора эриохрома черного Т и титруют 0,05 Н раствором трилона Б. Окраска переходит из сиреневой в темно-синюю.

Для нахождения V_1 определяют объем раствора трилона Б, необходимого для титрования 1 мл раствора хлорида бария, содержащего ионы Mg^{2+} . Для этого отмеряют пипеткой 1 мл раствора и помещают в мерную колбу на 50 мл, доводят до метки дистиллированной водой. Приготовленный раствор переливают в коническую колбу на 250 мл, добавляют 2,5 мл аммиачного буферного раствора, 3–4 капли эриохрома и титруют 0,05 Н раствором трилона Б до перехода окраски из малиново-красной в синевато-серую.

Для определения V_2 в отдельной пробе исследуемой воды (50 мл) определяют объем раствора трилона Б, необходимого для титрования раствора, содержащего ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . Ход определения аналогичен определению V_1 .

По итогам практической работы сделать выводы о содержании сульфат-ионов в питьевой и водопроводной воде.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Практическая работа №4. «Определение щелочности воды».

Цель: Определить общую и карбонатную щелочность исследуемой воды методом титрования.

Необходимое оборудование:

1. Колбы конические вместимостью 250 мл, 10 шт.;
2. Бюретки вместимостью 25 мл, 10 шт.;
3. Пипетки вместимостью 10 мл, 10 шт.;
4. Индикатор фенолфталеин;
5. Индикатор метиловый оранжевый;
6. Индикатор метиловый красный;
7. Индикатор бромкрезоловый зеленый;
8. Раствор соляной кислоты (0,1 н);
9. Раствор гидроксида натрия (0,1 н);
10. Вода дистиллированная;

Порядок выполнения работы:

В коническую колбу на 250 мл помещают мерным цилиндром 100 мл исследуемой воды, добавляют три капли раствора метилового оранжевого и титруют 0,1 раствором HCl до перехода окраски индикатора из желтой в золотисто-розовую.

Общую щелочность ($Щ_0$) (в мг-экв/дм³) вычисляют по формуле:

$$Щ_0 = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2}, \text{ моль/дм}^3;$$

Где V_1 — объем 0,1 HCl, пошедший на титрование, мл; N — нормальность раствора кислоты; V_2 — объем воды, взятой для определения, мл; 1000 — коэффициент перевода дм³ в см³.

Для определения карбонатной щелочности в коническую колбу на 250 мл помещают 100 мл исследуемой воды, добавляют 2–3 капли фенолфталеина. Титруют 0,1 раствором HCl до исчезновения розовой окраски. Записывают объем кислоты, пошедший на титрование (V_1). Затем в эту же колбу добавляют 0,1 мл смеси индикаторов бромкрезолового зеленого и метилового красного. Продолжают титровать раствором соляной кислоты до изменения сине-зеленой окраски на серую, определяя таким образом (V_2). Вычисляют общий объем кислоты, пошедший на титрование $V_{\text{общ}}$.

При этом если объем HCl при титровании с фенолфталеином (V_1) получается равным объему HCl при титровании с метиловым оранжевым (V_2), то в воде присутствуют только карбонатные ионы и карбонатную щелочность (Щк) (в мг-экв/дм³) вычисляют по формуле:

$$\text{Щк} = \frac{V_{\text{общ}} \cdot N \cdot 1000}{V_3}, \text{ моль/дм}^3;$$

где — нормальность раствора кислоты; V_3 — объем исследуемой пробы, мл.

По итогам практической работы сделать выводы о щелочности исследуемой воды и сравнить показатели с СанПин.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Модуль 3. «Экологические проблемы воды»

Практическая работа №5. «Определение жесткости воды и содержания кальция и магния».

Цель: определить жесткость питьевой воды и бытового назначения.

Необходимое оборудование:

1. Колбы конические вместимостью 250, 500 мл, 10 шт.;
2. Пипетки вместимостью 2, 5, 100 мл, 10 шт.;
3. Бюретки вместимостью 25 мл;
4. Мерный цилиндр вместимостью 500 мл;
5. Воронка химическая;
6. Фильтры бумажные;
7. Электроплитка
8. Трилон Б (комплексон III, двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) — 0,05 Н;
9. Аммиачный буферный раствор (рН = 10);
10. Индикатор эриохром черный Т — сухая смесь;

11. 0,1%-ный раствор метилоранжа
12. Соляная кислота HCl — 0,1 Н раствор;
13. Гидроксид натрия NaOH — 1 Н раствор.

Порядок выполнения работы:

Определение общей жесткости. К 100 мл исследуемой воды, отмеренным мерным цилиндром в коническую колбу на 250 мл, приливают пипеткой 5 мл буферного раствора. После тщательного перемешивания прибавляют 0,2 г сухой смеси индикатора эриохром черный Т и медленно титруют 0,05 Н раствором трилона Б при интенсивном перемешивании до перехода красной окраски в фиолетовую, а затем по каплям до синей окраски исследуемого раствора. Титрование не должно продолжаться более 5 мин.

Общую жесткость воды (J_0) (в мг-экв/дм³) вычисляют по формуле:

$$J_0 = \frac{V_1 \cdot N \cdot K \cdot 1000}{V_2};$$

где V_1 — количество раствора трилона Б, израсходованное на титрование, мл; N — нормальность раствора трилона Б; K — поправочный коэффициент к нормальности трилона Б; V_2 — объем воды, взятой для определения, мл.

Определение карбонатной и некарбонатной жесткости. В коническую колбу на 250 мл помещают 100 мл исследуемой воды, добавляют 2–3 капли метилового оранжевого и титруют 0,1 Н раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски в оранжевую.

Карбонатную жесткость (J_K) (в мг-экв/дм³) вычисляют по формуле:

$$J_K = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V_2};$$

где V_1 — объем раствора соляной кислоты, пошедший на титрование пробы, мл; N — нормальность раствора кислоты; V_2 — объем исследуемой пробы воды, мл.

Некарбонатную жесткость ($J_{нк}$) (в мг-экв/дм³) вычисляют по формуле:

$$J_{нк} = J_0 - J_K$$

Определение кальциевой и магниевой жесткости и содержания ионов кальция и магния. В коническую колбу на 250 мл отмеряют цилиндром 100 мл исследуемой воды. Прибавляют 2 мл 10 % раствора NaOH и 0,2 г смеси индикатора мурексида. После добавления индикатора раствор приобретает розовую окраску. Пробу титруют 0,05 Н раствором трилона Б до появления сине-фиолетовой окраски. Кальциевую жесткость (J_{Ca}) (в мг-экв/дм³) вычисляют по формуле:

$$J_{Ca} = \frac{V_1 \cdot N \cdot K \cdot 1000}{V_2};$$

где V_1 — объем раствора трилона Б, пошедший на титрование, мл; N — нормальность раствора трилона Б; K — поправочный коэффициент концентрации раствора трилона Б; V_2 — объем воды, взятой для определения, мл.

Магниевую жесткость (J_{Mg}) (в мг-экв/дм³) вычисляют как разность между общей и кальциевой жесткостью исследуемой воды:

$$J_{Mg} = J_0 - J_{Ca}$$

Содержание ионов кальция и магния (в мг/дм³) вычисляют по формулам:

$$C_{Ca} = 20,04 \cdot J_{Ca}$$

$$J_{Mg} = 12,16 \cdot J_{Mg}$$

где 20,04 и 12,16 соответственно грамм-эквиваленты кальция и магния.

По итогам практической работы сделать выводы о жесткости воды.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Практическая работа №6. «Определение окисляемости воды».

Цель: Определить перманганатную окисляемость водопроводной воды.

Необходимое оборудование:

1. Колбы конические плоскодонные термоустойчивые вместимостью 250 мл, 10 шт.;
2. Пипетки на 5, 10 мл, 10 шт.;
3. Воронки стеклянные маленькие, 10 шт.;
4. Бюретки на 25 мл;
5. Цилиндр мерный на 100 мл, 10 шт.;
6. Плитка электрическая;
7. Перманганат калия 0,01 Н раствор;
8. Щавелевая кислота 0,01 Н раствор;
9. Серная кислота разбавленная 1:2;
10. Дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы:

В коническую колбу на 250 мл отмеряют мерным цилиндром 100 мл воды, приливают 5 мл раствора разбавленной серной кислоты и точно 10 мл 0,01 раствора перманганата калия. Колбу закрывают воронкой, нагревают содержимое на плитке до кипения и кипятят 10 мин. Сняв колбу с плитки, вливают в нее 10 мл 0,01 Н щавелевой кислоты, перемешивают и титруют обесцвеченную жидкость раствором перманганата до слабо-розового окрашивания.

Если раствор при кипячении обесцветился или побурел или расход на титрование превысил 6 мл, определение повторяют с разбавленной пробой (при этом расход перманганата должен быть не менее 2 мл). Если определение производится с разбавлением пробы, то проводят холостой опыт, т. е. параллельно с определением окисляемости анализируемой воды таким же образом определяют окисляемость дистиллированной воды в объеме, взятом для разбавления пробы.

Перманганатную окисляемость (O_n) (в мг/дм³) вычисляют по формуле:

$$O_n = \frac{0,08 \cdot K \cdot V_1 \cdot 1000}{V};$$

где 0,08 — количество кислорода, соответствующее 1 мл 0,01 Н раствора перманганата калия; K — поправочный коэффициент перманганата калия; V_1 —

расход 0,01 раствора перманганата калия на титрование избытка щавелевой кислоты, мл; V — объем анализируемой воды, взятой для определения, мл.

По итогам практической работы сделать вывод о перманганатной окисляемости водопроводной воды.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Практическая работа №7. «Умягчение воды».

Цель: освоить методы умягчения водопроводной воды

Необходимое оборудование:

1. Колбы конические вместимостью 250, 1000 мл, 10 шт.;
2. Пипетки вместимостью 5, 10 мл, 10 шт.;
3. Бюретка вместимостью 25 мл;
4. Мерный цилиндр вместимостью 100 мл;
5. Воронка химическая;
6. Фильтры бумажные;
7. Сода сухая и 0,03 Н раствор;
8. Известь гашеная или негашеная;
9. Трилон Б — 0,05 Н раствор;
10. Аммиачный буферный раствор (рН = 10);
11. Индикатор эриохром черный Т — сухая смесь.

Порядок выполнения работы:

Умягчение воды содой. Умягчение воды можно производить содой, взяв ее в избытке против эквивалентного значения по общей жесткости на 1 мг-экв/дм³. Для определения количества соды, необходимой для умягчения воды в исследуемой пробе, определяют общую жесткость. Количество соды (в мг-экв), добавляемое на 100 мл пробы воды, рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{соды}} = \frac{J_{\text{общ}} + 1}{10}$$

Объем 0,03 раствора соды (в мл), необходимый для умягчения воды, составит:

$$V_{\text{соды}} = C_{\text{соды}} \cdot N_{\text{соды}}$$

В коническую колбу на 250 мл помещают 100 мл пробы воды, в которой определена общая жесткость. В колбу добавляют рассчитанный объем раствора

сода и нагревают до 40–50 °С. Через 10 мин исследуемую воду фильтруют через бумажный фильтр. Фильтр перед этим необходимо три раза промыть дистиллированной водой и эту воду отбросить. После окончания фильтрования фильтр еще раз промывают дистиллированной водой, присоединяя промывную воду к фильтрату. В фильтрате определяют общую жесткость и сравнивают ее с общей жесткостью в исходной пробе воды.

По итогам практической работы сделать вывод о методе умягчения воды.

Критерии оценки

№	Критерии	Оценка	Количество баллов
1	Соблюдение техники безопасности	- Использование СИЗ - Корректная работа с оборудованием и реактивами.	До 2 баллов
2	Следование протоколу	- Выполнение всех этапов протокола без отклонений - Фиксация параметров	До 3 баллов
3	Документирование результатов	- Запись в лабораторный журнал - Структурированное оформление отчета	До 3 баллов

Менее 2 баллов – неудовлетворительно;

3-4 баллов – удовлетворительно;

5-6 баллов – хорошо;

7-8 баллов – отлично.

Модуль 4. «Проектно-исследовательская деятельность»

Для выполнения проектного модуля учащимся будет предложено на выбор несколько тем для работы:

1. Исследование качества воды из различных источников (крановая вода, вода из реки, озера, колодца) с использованием химических анализов и определение уровня загрязнения.

2. Определение жесткости воды в зависимости от ее происхождения и разработка методов для ее смягчения.

3. Исследование влияния загрязнений воды на экосистему водоемов и предложение методов очистки воды.

4. Изучение взаимодействия воды с различными веществами (соли, кислоты, щелочи) и исследование их растворимости.

5. Исследование процессов фильтрации и обезвоживания воды с использованием различных фильтров и адсорбентов.

6. Изучение свойств воды как растворителя, ее реакций с другими веществами и решение химических задач на эту тему.

Проектным модулем предусматривается постановка цели и задачей исследования, объекта и предмета исследования, проведение экспериментальной части, оформление результатов проекта и его защита в виде презентации.

Критерии оценивания проекта обучающегося

Критерий	Балл
Критерии оценивания содержания проекта обучающегося:	
1. Способность к логическому мышлению:	

<i>1.1. Поиск, отбор и использование информации</i>	
Работа содержит незначительный объем подходящей информации из ограниченного числа однотипных источников	0
Работа содержит достаточный объем подходящей информации из однотипных источников	1
Работа содержит достаточно полную информацию из разнообразных источников	2
<i>1.2. Постановка проблемы</i>	
Проблема сформулирована, но гипотеза отсутствует. План действий фрагментарный	0
Проблема сформулирована, обоснована, выдвинута гипотеза (гипотезы), но план действий по доказательству/опровержению гипотезы не полный	1
Проблема сформулирована, обоснована, выдвинута гипотеза (гипотезы), дан подробный план действий по доказательству/опровержению гипотезы	2
<i>1.3. Актуальность и значимость темы проекта</i>	
Актуальность темы проекта и ее значимость для обучающегося обозначены фрагментарно на уровне утверждений	0
Актуальность темы проекта и ее значимость для обучающегося обозначены на уровне утверждений, приведены основания	1
Актуальность темы проекта и ее значимость раскрыты и обоснованы исчерпывающе, тема имеет актуальность и значимость не только для обучающегося, но и для общества	2
<i>1.4. Анализ хода работы, выводы и перспективы</i>	
Анализ заменен кратким описанием хода и порядка работы	0
Представлен развернутый обзор работы по достижению целей, заявленных в проекте	1
Представлен исчерпывающий анализ ситуаций, складывавшихся в ходе работы, сделаны необходимые выводы, намечены перспективы работы	2
<i>1.5. Личная заинтересованность автора/команды, творческий подход к проекту</i>	
Работа шаблонная. Автор/команда проявил/а незначительный интерес к теме проекта, но не продемонстрировал самостоятельности в работе, не использовал возможности творческого подхода	0
Работа самостоятельная, демонстрирующая серьезную заинтересованность автора/команды, предпринята попытка представить личный взгляд на тему проекта, применены элементы творчества	1
Работа отличается творческим подходом, собственным оригинальным отношением автора/команды к идее проекта	2
<i>1.6. Полезность и востребованность продукта</i>	
Проектный продукт полезен после доработки; круг лиц, которыми он может быть востребован, указан неявно	0
Проектный продукт полезен, круг лиц, которыми он может быть востребован, указан. Названы потенциальные потребители и области использования продукта	1

Продукт полезен. Указан круг лиц, которыми он будет востребован. Сформулированы рекомендации по использованию полученного продукта, спланированы действия по его продвижению	2
2. Сформированность навыков проектной деятельности	
2.1. Соответствие выбранных способов работы цели и содержанию проекта	
Часть используемых способов работы не соответствует теме и цели проекта, цели могут быть до конца не достигнуты	0
Использованные способы работы соответствуют теме и цели проекта, но являются недостаточными	1
Способы работы достаточны и использованы уместно и эффективно, цели проекта достигнуты	2
2.2. Глубина раскрытия темы проекта	
Тема проекта раскрыта фрагментарно	0
Тема проекта раскрыта, автор/команда показал/а знание темы в рамках программы	1
Тема проекта раскрыта исчерпывающе, автор/команда продемонстрировал/а глубокие знания, выходящие за рамки школьной программы	2
2.3. Качество проектного продукта	
Проектный продукт не соответствует большинству требований качества (эстетика, удобство использования, соответствие заявленным целям)	0
Продукт не полностью соответствует требованиям качества	1
Продукт полностью соответствует требованиям качества (эстетичен, удобен в использовании, соответствует заявленным целям)	2
3. Сформированность навыков коммуникативной, учебно-исследовательской деятельности, критического мышления	
3.1. Четкость и точность, убедительность и лаконичность	
Содержание всех элементов выступления дает представление о проекте; присутствует культура речи, наблюдаются отступления от заявленной темы в ходе выступления	0
Содержание всех элементов выступления дает представление о проекте; присутствует культура речи, отступления от заявленной темы в ходе выступления отсутствуют	1
Содержание всех элементов выступления дает представление о проекте; наблюдается правильность речи; точность письменной речи; четкость речи, лаконизм, немотивированные отступления от заявленной темы в ходе выступления отсутствуют	2
3.2. Умение осуществлять учебное сотрудничество в группе	
Работает в группе, оказывает взаимопомощь, задает вопросы, необходимые для организации собственной деятельности	0
Работает в группе сверстников, оказывает взаимопомощь, выстраивает продуктивное взаимодействие со сверстниками и взрослыми. Может брать инициативу на себя.	1
Организует учебное сотрудничество со сверстниками и взрослыми, самостоятельно определяет цели и функции участников, успешно справляется с конфликтными ситуациями внутри группы	2

Критерии оценивания защиты проекта обучающегося:	
<i>1. Качество выступления</i>	
Доклад зачитывается	1
Доклад пересказывается, но не объяснена суть работы	2
Доклад пересказывается, суть работы объяснена	3
Кроме хорошего доклада показывает владение иллюстративным материалом	4
Текст доклада объясняется своими словами, суть работы объяснена, прослеживается логика	5
<i>2. Качество ответов на вопросы</i>	
Нет четкости ответов на большинство вопросов. Ответы на поставленные вопросы однословные, неуверенные. Автор/команда не может защищать свою точку зрения	0
Ответы на большинство вопросов. Автор/команда уверенно отвечает на поставленные вопросы, но не до конца обосновывает свою точку зрения	1
Ответы на все вопросы убедительно, аргументированно. Автор/команда проявляет хорошее владение материалом, уверенно отвечает на поставленные вопросы, доказательно и развернуто обосновывает свою точку зрения	2
<i>3. Оформление демонстрационного материала</i>	
Представлен плохо оформленный демонстрационный материал	0
Демонстрационный материал хорошо оформлен, но есть отдельные претензии	1
К демонстрационному материалу нет претензий	2
<i>4. Использование демонстрационного материала</i>	
Представленный демонстрационный материал не используется в докладе. Не выдержаны основные требования к дизайну презентации	1
Представленный демонстрационный материал используется в докладе. Средства наглядности используются, выдержаны основные требования к дизайну презентации, отсутствует логика подачи материала, нет согласованности между презентацией и текстом доклада	2
Представленный демонстрационный материал используется в докладе, информативен, автор свободно в нем ориентируется. Средства наглядности используются, выдержаны основные требования к дизайну презентации, подача материала логична, презентация и текст доклада полностью согласованы	3
<i>5. Соблюдение регламента защиты (не более 5 минут) и степень воздействия на аудиторию</i>	
Материал изложен с учетом регламента, однако выступающему не удалось заинтересовать аудиторию	1
Выступающему удалось вызвать интерес аудитории, но он вышел за рамки регламента	2
Выступающему удалось вызвать интерес аудитории и уложиться в регламент	3

Для итогового контроля проектной деятельности применяется трёхуровневая система оценки знаний, умений и навыков обучающихся: низкий уровень, средний уровень, высокий уровень.

Уровень оценки знаний, умений и навыков обучающихся	Сумма баллов
низкий	0-19
средний	20-28
высокий	29-37

Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы

В программе применяется системно-деятельностный подход к организации и реализации образовательного процесса, а также компетентностный подход для формирования предпрофессиональных знаний, умений и навыков (компетенций) и для развития познавательных способностей обучающихся и формирования знаний, умений, навыков и компетенций в области биотехнологии.

Занятия проходят в учебной аудитории, оснащенной достаточными рабочими местами для проведения занятий лекционного и практического типа. Во время занятий обеспечивается доступ к сети Интернет.

Аудитория оснащена мультимедийным оборудованием (интерактивная панель или проектор с экраном, ноутбуки); мебелью (столы, стулья, шкаф) и др. расходными материалами применительно к содержанию модулей по реализации программы.

Для проведения лабораторного практикума аудитория оборудована шкафом с химическими реактивами, титровальными установками, аптечкой, средствами индивидуальной защиты, мебелью (столы, стулья, шкаф).

Занятия осуществляет преподаватель, соответствующий требованиям профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых», утвержденный Приказом Минтруда России от 22.09.2021 № 652н.

Так как программа носит практическую направленность для ее реализации необходима помощь лаборанта, который сопровождает обучающихся для проведения занятий, а также помогает преподавателю ЦРСК ДНУ СамГТУ контролировать поведение и соблюдение техники безопасности.

Список необходимого оборудования и расходных материалов:

1. Пикнометр на 10 мл; 10 шт;
2. Мерная пипетка, 10 мл; 10 шт;
3. Весы с точностью до 0,01 г;
4. Спринцовка, 10 шт;
5. Мерный стакан 100 мл, 20 шт;
6. Термометр
7. TDS-метр, 10 шт;
8. Бюретка 50 мл, 10 шт;
9. Пипетка 10 мл, 10 шт;
10. Индикатор фенолфталеин;
11. Индикатор метиловый оранжевый;
12. Раствор соляной кислоты (0,1 Н) из стандарт-титров;
13. Раствор натрия гидроксида (0,1 Н) из стандарт-титров;
14. Вода дистиллированная;

15. Колба плоскодонная коническая, 250 мл; 10 шт
16. Раствор соляной кислоты (0,1 Н) из стандарт-титров;
17. Воронка 100 мл, 5 штук;
18. Фильтровальная бумага, 1 набор.
19. Активированный уголь; 10 упаковок
20. Вода питьевая негазированная, 5л;
21. Вода питьевая газированная, 5л;
22. Вода водопроводная, 5л;
23. Вода питьевая соленая (лечебная), 5л.
24. Тест-комплект «Сульфиды и сероводород» ЗАО Кристал+ ;
25. Тест-комплект «Окисляемость перманганата» ЗАО Кристал+ ;
26. Тест-комплект «Общая жесткость» ЗАО Кристал+ ;
27. Халаты химические, 10 шт;
28. Перчатки лабораторные нитриловые, 1 упаковка 100шт;
29. Ножницы.

Список литературы:

1. Качалова, Г.С. Химия воды: учебное пособие / Г.С. Качалова, Е.Ю. Казанцева. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2019. – 160 с.
2. Шачнева Е.Ю. Водоподготовка и химия воды // Учебно-методическое пособие. – Издательство «Лань». – 3-е изд., стер. 2020. – 104 с.
3. Шиян Л.Н. Коллоидно-химические свойства природных вод и особенности водоподготовки // Учебное пособие. – Томский политехнический университет. – 2-е изд., испр. и доп. 2021. – 131 с.

Раздел 5. Воспитательная направленность программы

Цель воспитательной работы – развитие у обучающихся ответственного отношения к выбору и потреблению воды, осознание важности знаний о составе и свойствах воды для поддержания здорового образа жизни, а также формирование навыков самоконтроля и саморегуляции в области питания.

Приоритетные направления воспитательной деятельности:

- 1) гражданско-патриотическое воспитание (формирование / воспитание патриота и гражданина при работе над проектом и учебными заданиями, которые носят социальный характер);
- 2) воспитание положительного отношения к труду и творчеству;
- 3) здоровьесберегающее воспитание (соблюдение требований правил по работе с компьютером, сохранению физического здоровья сформирует потребность к ведению здорового образа жизни);
- 4) профориентационное воспитание (экскурсии на кафедру или в лаборатории университета).

Формы воспитательной работы – мероприятия (организация занятий, на которых учащиеся могут проявить свои творческие способности; посещение экскурсий); собрание с родителями (организация встреч с родителями для передачи информации о текущей образовательной программе, планах и мероприятиях; проведение индивидуальных встреч с родителями для обсуждения индивидуальных особенностей учащегося).

Методы воспитания – методы формирования сознания, организации деятельности и формирования опыта общественного поведения.