



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образова-
тельное учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический универ-
ситет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА

«ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ»
(стартовый уровень)

Направленность программы: естественно-научная

Возраст обучающихся: 16-18 лет

Срок реализации: 1 год

Язык обучения: русский

Самара 2025 г.

Настоящая дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Основы химического мониторинга природной и питьевой 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 Отличительные особенности программы
 - 1.5 Новизна программы
 - 1.6 Формы обучения и реализации
 - 1.7 Цель программы
 - 1.8 Задачи программы
 - 1.9 Планируемые результаты обучения
 - 1.9.1 Предметные образовательные результаты
 - 1.9.2 Личностные результаты
 - 1.9.3 Метапредметные результаты
 - 1.10 Категория обучающихся
 - 1.11 Режим занятий
 - 1.12 Трудоемкость программы
- Раздел 2. Содержание программы
 - 2.1 Учебный план
 - 2.2 Календарный учебный график
 - 2.3 Рабочая программа
- Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы
- Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы
- Раздел 5. Воспитательная направленность программы
- Приложение. Программа мастер-класса.

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.

1.3.2. Актуальность данной программы объясняется рядом факторов:

- государственным социальным заказом и / или запросом родителей (законных представителей) обучающихся с целью удовлетворения интеллектуальных потребностей обучающихся и развития у них познавательного интереса к химии.

Актуальность программы состоит в создании условий для осознанного и мотивированного выбора учебного заведения, в котором обучающиеся планируют продолжить обучение после окончания школы. Оказавшись в случайно выбранном вузе, выпускники школ плохо адаптируются к учебному процессу, в результате многие из них осознают отсутствие интереса к будущей специальности. Они либо уходят из вуза, либо обучаются ради получения высшего образования. Таким образом, отрасли экономики не получают высококвалифицированные кадры. Данная проблема может быть решена за счет реализации в выпускных классах профильных программ, знакомящих с основами будущей деятельности и высшим учебным заведением. Данная программа поможет обучающимся сделать сознательный выбор профессии. В последующем, изучая похожие предметы в

вузе, выпускники данной программы успешнее, по сравнению с другими обучающимися, осваивают дисциплины химико-аналитического цикла высшей школы. Проявляют интерес к выполнению научно-исследовательских работ, на более высоком уровне защищают курсовые и дипломные проекты.

- соответствием основным направлениям социально-экономического развития страны, современным достижениям науки, техники, искусства и культуры;

Теоретические знания и решение практических задач, кейсов в области химии будут полезны обучающимся, так как способствуют формированию системных и расширенных представлений об окружающем мире, понимания химических реакций веществ, причин превращения одних веществ в другие, смысла различных химических процессов, лежащих в основе жизнедеятельности человека, их закономерности. Кроме того, практико-ориентированная программа по химии позволит обучающимся осуществить раннюю профориентацию и создает условия для личной самореализации и профессионального самоопределения.

1.4. Отличительные особенности программы

Программа направлена на развитие предпрофессиональных компетенций и включению их в практическую деятельность в области экспериментирования и химического мониторинга.

Программа предполагает построение модели испытательной научно-исследовательской лаборатории по проведению химического мониторинга природной и питьевой воды с учетом социальной и промышленной инфраструктуры, экологических особенностей населенного пункта.

Особенность программы заключается в её реализации в рамках сетевого договора с опорным вузом Самарского региона, СамГТУ, с применением высокотехнологичной материальной базы.

1.5. Новизна программы

Новизна программы состоит в том, что обучающиеся изучат способы проведения химического мониторинга природной и питьевой воды с учетом специфики будущей профессиональной деятельности (аграрный сектор), что даст возможность ученикам в конце учебного года самостоятельно выбрать способ реализации собственного проекта в области химического исследования природной и питьевой воды. Обучение ведется с использованием материально-технической базы и лабораторно-исследовательского оборудования вуза. Обучающиеся ознакомятся с аграрной спецификой, лабораториями и преподавателями ВУЗа.

1.6. Формы обучения и реализации

Форма обучения: очная.

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

Программа предусматривает изучение теоретического материала, методик проведения лабораторных исследований, освоение и выполнение химических анализов и экспериментов с использованием специального лабораторного оборудования.

1.7. Цель программы

Создание условий для развития познавательного интереса к освоению программы аграрной направленности по дисциплинам химико-биологического профиля.

1.8. Задачи программы

Обучающие:

- сформировать навыки работы в химической лаборатории;
- научить применять на практике химические анализы почвы, воды, растений, урожая, продуктов питания;
- закрепить и совершенствовать знания органической и неорганической химии и смежных дисциплин;
- научить оформлять лабораторные и научно-исследовательские работы и представлять полученные результаты.

Развивающие:

- развивать умения излагать мысли в четкой логической последовательности, отстаивать свою точку зрения, анализировать ситуацию и самостоятельно находить ответы на вопросы путем логических рассуждений;
- развивать творческую инициативу и самостоятельность;
- развивать психофизиологические качества учеников: память, способность логически мыслить, анализировать, концентрировать внимание на главном;

Воспитательные:

- воспитывать личностные качества: ответственность, целеустремленность - стремление к получению качественного законченного результата работы;
- воспитывать бережное отношение к окружающему миру;
- сформировать умение работы в команде, доводить начатое дело до конца; сформировать профессиональные склонности и интересы к профессиям аграрного сектора.

1.9. Планируемые результаты обучения

1.9.1. Предметные образовательные результаты

- сформировано умение самостоятельно характеризовать физические и морфологические свойства почв, воды, роль элементов питания растений;
- освоены новые методики выполнения химических анализов водных образцов на продвинутом уровне;
- сформировано умение планировать и проводить лабораторные эксперименты с использованием комплексного специального оборудования.

1.9.2. Личностные результаты

- сформировано критическое отношение к информации и избирательность ее восприятия;
- сформирована осознанность мотивов своих действий при выполнении заданий;
- развиты внимательность, настойчивость, целеустремленность, умения преодолевать трудности;
- приобщены к ценностям социальных норм, освоены правила поведения, ознакомлены и умеют включаться в роли и формы социальной жизни в группах и сообществах;
- сформирована коммуникативная компетентность как способность к продуктивному общению и эффективному сотрудничеству;
- приобретены навыки публичных выступлений.

1.9.3. Метапредметные результаты

- сформировано умение ставить цели и достигать их в рамках изучаемой программы;
- развита способность адекватно воспринимать оценку наставника и других обучающихся;
- развито умение осваивать способы решения проблем творческого характера в жизненных ситуациях;

- развиты мотивы стремления к получению качественного законченного результата работы.

1.10. Категория обучающихся

Возраст детей, участвующих в реализации программы 16-18 лет (обучающиеся 10-11 классов общеобразовательных учреждений, СПО).

Наполняемость учебной группы: 14 человек.

1.11. Режим занятий

Режим занятий: один раз в неделю, продолжительность занятия 2 академических часа с перерывом.

Формы организации деятельности: групповая, индивидуально-групповая и индивидуальная.

1.12. Трудоемкость программы

Программа рассчитана на 1 учебный год, объем составляет 72 часа.

Продолжительность 1 занятия: 2 академических часа. Академический час – 45 минут.

Раздел 2. Содержание программы

2.1. Учебный план

№ п/п	Название модуля	Количество часов				Форма контроля
		Всего	Теория	Практика	Самост. работа	
1.	Модуль 1. Определение органолептических свойств воды.	32	12	20	-	Беседа, наблюдение, коммуникативные игры, практические работы, опрос
2.	Модуль 2. Химическая диагностика. Определение физико-химических свойств воды.	36	4	32	-	Беседа, наблюдение, оформление практических работ. Защита учебно-исследовательской работы.
3.	Модуль 3. Воспитательная работа	4	1	3	-	Беседа
Итого:		72	17	55		

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 акад. часа

2.3. Рабочая программа

№ п/п	Наименование раздела (модуля), темы	Содержание	Количество часов		
			Всего	Теория	Практика
1	Модуль 1. «Определение органолептических свойств воды»		32	12	20
1.1	Вводное занятие	Теория:		2	2

	(игра на знакомства, диагностика навыков). Инструктаж по технике безопасности. Безопасность при химических экспериментах	проведение инструктажа по ТБ с обучающимися при проведении химических экспериментов. Инструктаж с обучающимися по пожарной безопасности при работе с лабораторным оборудованием. Практика: организация коммуникативных игр и проведение диагностических процедур, связанных с изучением первоначальных знаний, умений, навыков.	4		
1.2	Первичная оценка качества природной воды по классам (1, 2, 3, 4, класс)	Теория: ознакомление с методикой определения органолептических показателей качества воды в природном водном объекте. Практика: выполнение задания: определение состояния водного объекта путем непосредственного его осмотра (внешний вид, измерение температуры, фиксации наличия (отсутствия) осадка, запаха, цвета, прозрачности, мутности). Проведение фронтального опроса.	4	2	2
1.3	Закрепление навыков первичной оценки	Теория: закрепление умения определения органолептических показателей качества воды в природном водном объекте. Практика: выполнение задания: определение состояния водного объекта путем непосредственного его осмотра (внешний вид, измерение температуры, фиксации наличия (отсутствия) осадка, запаха, цвета, прозрачности, мутности). Проведение фронтального опроса.	4	2	2
1.4	Повторение гидрохимических показателей качества воды	Теория: Закрепление знаний о гидрохимических показателях качества воды. Практика: ознакомление с методикой качественного определения содержания химических веществ в природном водном объекте.	4	2	2
1.5	Подготовка водных	Практика:	2	0	2

	образцов к анализу	ознакомление с принципом работы батометра и формирование навыка отбора проб воды в открытых водоемах.			
1.6	Определение вкуса и запаха	Теория: Ознакомление с методами определения вкуса (pH) и запаха воды. Практика: выполнение задания: определение pH воды, интенсивности и характера запаха воды, а также факторов, влияющих на данные показатели.	4	2	2
1.7	Определение цветности и прозрачности.	Теория: Ознакомление с методами определения цветности и прозрачности воды. Практика: выполнение задания: определение цветности и прозрачности воды, а также факторов, влияющих на данные показатели.	4	2	2
1.8	Анализ образцов	Теория: закрепление навыка определения органолептических и гидрохимических показателей качества воды в природном водном объекте. Практика: выполнение лабораторной работы: определение состояния природной и питьевой воды. Проведение фронтального опроса.	6	0	6
2	Модуль 2. «Химическая диагностика. Определение физико-химических свойств воды»		36	4	32
2.1	Повторение теоретического материала по методикам анализа воды.	Инструктаж по технике безопасности. Безопасность при химических экспериментах. Теория: повторение методики анализа природной и питьевой воды.	4	4	0
2.2	Осуществление отбора образцов, подготовка образцов	Практика: закрепление навыка отбора проб воды и подготовки образцов для исследования.	2	0	2
2.3	Определение реакции воды	Практика: Определение реакции воды (pH) по универсальному индикатору.	2	0	2
2.4	Определение общей жесткости	Практика: определение общей жесткости	4	0	4

	воды	воды путем анализа суммарного содержания катионов кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} независимо от анионов.			
2.5	Определение содержания аммиака (азота аммонийных солей)	Практика: определение содержания аммиака (азота аммонийных солей)	4	0	4
2.6	Определение содержания солей азотистой кислоты (нитритов)	Практика: определение содержания солей азотистой кислоты (нитритов)	4	0	4
2.7	Определение содержания солей азотной кислоты (нитратов)	Практика: определение содержания солей азотной кислоты (нитратов)	4	0	4
2.8	Определение содержания хлоридов (связанного хлора)	Практика: определение содержания хлоридов (связанного хлора)	4	0	4
2.9	Определение окисляемости воды	Практика: определение окисляемости воды	4	0	4
2.10	Закрепление навыка по определению органолептических свойств воды	Практика: закрепление навыка по определению органолептических свойств воды	2	0	2
2.11	Итоговое занятие, презентация учебно-исследовательских проектов	Практика: подготовка выставки проектов, обучающихся – готовых результатов экспериментального исследования. Подготовка выступления обучающихся и презентации продукта проектной деятельности. Защита проекта.	2	0	2
3	Модуль 3. «Воспитательная работа»		4	1	3
3.1	Тема 1. Путь к успеху.	Теория: Лекция «Университет, наука, профессия» (рассматриваемые вопросы: 1) возможности для обучающихся при прохождении программы ДООП; 2) олимпиады, конкурсы и конференции университетов, участие в мероприятиях. Практика: подготовка к участию в конкурсах.	2	1	1
3.2	Тема 2. Экскурсия. Реализация полученных знаний.	Практика: образовательная экскурсия по направлению программы на кафедру СамГАУ	2	-	2

Раздел 3. Формы аттестации и оценочные материалы

Формы контроля: наблюдение, беседа, опросы, лабораторные работы, учебно-исследовательский проект.

Особенности организации контроля

Промежуточный контроль результатов проектной деятельности осуществляется по итогам наблюдения за деятельностью обучающихся на занятии, проверки полученных экспериментальных данных в форме отчета по индивидуальному заданию (оформленной лабораторной работы). Итоговый контроль состоит в публичной демонстрации результатов проектной деятельности перед преподавателем и учебной группой, включая ответы на вопросы по содержанию проекта и методам исследований.

Оценочные материалы по программе

(на примере темы «Ознакомление с методами лабораторного анализа воды»)

I. Определение органолептических свойств воды.

1. Определение запаха и вкуса воды.

Запах воды определяется при обычной температуре (20 С) и при нагревании до 60С. Колбу емкостью 150-200 мл наполнить на 2/3 исследуемой водой. Накрыв ее часовым стеклом, интенсивно встряхнуть и затем, быстро открыв, определить запах воды по характеру (хлорный, землистый, гнилостный, болотный, нефтяной, аптечный, ароматический, неопределенный) и по интенсивности. *Количественно запах оценивается по пятибалльной шкале (табл. 1).* При определении запаха воды руки и одежда исследователя не должны иметь посторонних запахов (духов и проч.), воздух помещения должен быть чистым. При централизованной системе водоснабжения допускается запах воды, предназначенной для питья, не более 2 баллов при 20 С и 60 С и не более 3 баллов - при нецентрализованной (местной) системе водоснабжения. Специфические запахи, появляющиеся при хлорировании, не должны превышать 1 балла.

Вкус воды определяется только при уверенности, что она безопасна (отсутствуют ядовитые вещества и бактериальное загрязнение). Полость рта ополаскивается 10 мл исследуемой воды и, не проглатывая ее, определяют вкус («солонватый», «горький», «кислый», «сладкий»), привкус может быть «рыбный», «металлический», «неопределенный». *Интенсивность привкуса также оценивается в баллах (табл. 1).*

Таблица 1. Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

Интенсивность запаха или привкуса	Описание интенсивности запаха	Баллы
Никакого	Запах или привкус не ощущается	0
Очень слабая	Запах или привкус ощущается только в лаборатории опытным аналитиком	1
Слабая	Запах или привкус ощущается, если обратить на него внимание	2
Заметная	Запах или привкус легко обнаруживается	3
Отчетливая	Запах или привкус обращает на себя внимание и делает воду неприятной для питья	4

Очень сильная	Запах или привкус настолько сильный, что делает воду непригодной для питья	5
---------------	--	---

2. Определение прозрачности воды.

Прозрачность воды зависит от количества механических взвешенных нерастворимых в воде частичек (мути), химических соединений (например, гидрата окиси железа) или присутствия микроорганизмов и фитопланктона.

Прозрачность воды определяется обычно по высоте столба воды, через которую можно прочесть текст, напечатанный стандартным шрифтом Снеллена. Высота столба воды, измеряемая в сантиметрах, указывает на степень ее прозрачности.

Исследуемую воду взболтать и налить доверху в специальный градуированный стеклянный цилиндр высотой 30 см с плоским дном и выпускным краном у дна, на который надет резиновый наконечник с зажимом. Под цилиндр на высоте 4 см от его дна поместить шрифт Снеллена и попытаться различить буквы через столб воды в цилиндре.

Если вода мутная и шрифт прочесть не удастся, то с помощью зажима на резиновом наконечнике цилиндра нужно постепенно сливать воду в чашку Петри до тех пор, пока буквы шрифта станут различимыми. Отметить высоту столба воды в цилиндре, при которой возможно чтение шрифта Снеллена.

Питьевая вода должна иметь прозрачность не ниже 30 см. При прозрачности 20-30 см высоты водного столба вода признается слабо мутной, 10-20 см - мутной, менее 10 см - очень мутной.

Степень прозрачности воды можно характеризовать также ее обратной величиной - мутностью. *Количественно мутность определяется с помощью специального прибора - мутномера*, в котором исследуемую воду нужно сравнить с эталонным раствором, приготовленным из инфузорной земли или каолина на дистиллированной воде. Мутность воды выражается в миллиграммах взвешенного вещества на 1 л воды.

3. Определение цветности воды.

Цветность воды зависит от присутствия растворенных химических веществ, имеющих цвет, либо от наличия в воде микроорганизмов. *В соответствии с гигиеническими требованиями питьевая вода не должна иметь цветность и содержать различные невооруженным глазом водные организмы и поверхностную пленку.*

Определение цветности можно проводить с помощью фотоколориметра, но наиболее простым способом является визуальная оценка с помощью шкалы цветности, при этом *цветность воды измеряется в условных градусах цветности*. Шкала цветности представляет набор цилиндров объемом 100 мл, заполненных эталонным раствором окрашивающего вещества различного разведения.

В качестве эталонного используют хромово-кобальтовый раствор. Исходный хромово-кобальтовый эталонный раствор (0,0875 г двуххромовокислого калия $K_2Cr_2O_7$ и 2 г сернокислого кобальта $CoSO_4$ на 1 л дистиллированной воды добавлением 1 мл химически чистой серной кислоты H_2SO_4 удельного веса 1,84) имеет максимальную цветность – 500 градусов цветности. Разведение исходного эталонного раствора бесцветным водным раствором H_2SO_4 в соотношениях, приведенных в табл. 2, дает шкалу цветности.

Для определения цветности 100 мл испытуемой воды налить в колориметрический цилиндр, сравнить ее окраску с окраской эталонов шкалы цветности при рассматривании воды в цилиндре сверху вниз через столб воды на белом фоне и определить цветность исследуемой воды в градусах цветности, выбрав эталон с водой, имеющей идентичную интенсивность окрашивания.

Гигиеническое заключение о качестве исследуемой пробы воды делается на основании сравнения с гигиеническим нормативом: цветность питьевой воды допускается не более 20 град. при централизованном, 30 град. - при нецентрализованном водоснабжении.

Таблица 2. Шкала для определения цветности воды

Номер цилиндра	Количество основного раствора, мл	Подкисленная дистиллированная вода, мл	Цветность, град.
1	0	100	0
2	1	99	5
3	2	98	10
4	3	97	15
5	4	96	20
6	5	95	25
7	6	94	30
8	8	92	40
9	10	90	50
10	12	88	60
11	14	86	70
12	16	84	80

II. Определение физико-химических свойств воды.

Химическое исследование воды следует начинать с методов качественного определения, чтобы получить общее представление о ее составе. Затем проводят количественное определение тех ингредиентов, которые обнаружены при качественном исследовании.

1. Определение реакции воды.

Природная вода обычно имеет слабощелочную реакцию. Кислую реакцию вода приобретает при наличии гуминовых веществ, при загрязнении воды промышленными сточными водами реакция воды также меняется. Качественно реакция (pH) определяется по универсальному индикатору. Для этого в пробирку налить исследуемую воду и слегка смочить в ней кончик полоски индикаторной бумаги.

Затем индикаторную бумагу вынуть из пробирки, отметить изменение ее цвета и сравнить окраску с эталоном шкалы универсального индикатора. Питьевая вода должна иметь pH = 6-9.

2. Определение общей жесткости воды.

Жесткость воды зависит от содержания солей кальция и магния (так называемых **солей жесткости**) главным образом в виде двууглекислых, сернокислых, хлористых, азотисто- и азотнокислых соединений. Различают три вида жесткости: общую, постоянную и устранимую. Общая жесткость воды определяется суммарным содержанием катионов кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} независимо от анионов. **Карбонатная, или устранимая жесткость**, обусловлена присутствием в воде бикарбонатов кальция и магния, превращающихся при кипячении в нерастворимые соединения (монокарбонаты), которые выпадают в осадок. **Постоянная (некарбонатная) жесткость** определяется присутствием в воде сульфатов и хлоридов кальция и магния.

Жесткая вода обладает рядом негативных потребительских качеств. Так, овощи и мясо плохо развариваются в жесткой воде, при этом усвояемость названных продуктов снижается за счет образования нерастворимых соединений солей кальция с белками. Качество и вкусовые свойства чая, заваренного жесткой водой, снижены. Увеличивается расход моющих средств при стирке в жесткой воде. В нагревательных приборах и системах горячего водоснабжения жесткая вода образует нерастворимый осадок, что затрудняет их эксплуатацию и быстро выводит из строя. У лиц с высокой чувствительностью жесткая вода может вызвать раздражение и болезненную сухость кожи. Возможна роль солей жесткости питьевой воды в образовании мочевых камней.

Общая жесткость воды измеряется в мг-экв/л или градусах (С) жесткости по содержанию окиси кальция СаО (или MgO):

1 мг-экв соответствует 28 мг СаО/л (20,6 мг MgO/л);

1 град. жесткости соответствует 10 мг СаО/л;

отсюда: 1 мг-экв/л = 2,8 град. (1 град. и 0,357 мг-экв/л).

Гигиенический норматив общей жесткости воды составляет: 7 мг-экв/л = 19,5 град. жесткости. Вода считается мягкой при жесткости до 3,5 мг-экв/л (10 град.), средней жесткости - от 3,5 до 7 мг-экв/л (10-20 град.) и жесткой - свыше 7 мг-экв/л (более 20 град.).

Общая жесткость воды определяется комплексонометрическим (трилонометрическим) методом. Комплексонометрический способ позволяет по цвету воды после **добавления эрихрома черного** качественно обнаружить наличие ионов кальция и магния или их отсутствие.

При наличии ионов кальция и магния в присутствии эрихрома черного вода приобретает красный цвет, а при их отсутствии - синий с зеленоватым оттенком. В случае повышенной жесткости воды при ее окрашивании в красный цвет проводится количественное определение общей жесткости воды. Определение основано на способности трилона Б (двуназиевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты) связывать ионы Са и Mg в прочные комплексы. Измерение количества трилона Б, пошедшего на связывание ионов кальция и магния в прочный комплекс, что приводит к изменению цвета воды с красного на синий с зеленоватым оттенком, используется для расчета жесткости анализируемой воды.

Для определения общей жесткости в коническую колбу емкостью 250-300 мл налить 100 мл анализируемой воды, добавить 5 мл аммиачно-буферного раствора и 6 капель индикаторного раствора эрихрома черного, смесь хорошо перемешать легкими круговыми движениями, после чего титровать 0,1 н. раствором трилона Б, интенсивно перемешивая до изменения окраски воды в голубовато-зеленую. Каждый миллиметр 0,1 н. раствора трилона Б соответствует 0,1 мг - экв. жесткости.

Жесткость анализируемой воды (Н) вычисляется по формуле:

$$H = a \cdot K \cdot N \cdot 1000 / V \text{ мг-экв/л,}$$

где: а - количество 0,1 н. раствора трилона Б, пошедшее на титрование, мл;

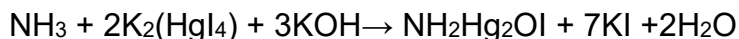
К - коэффициент поправки 0,1 н. раствора трилона Б; 1000 - коэффициент для пересчета на 1 л воды; N - титр трилона Б, равный 0,9806; V - объем пробы воды, мл.

Пример. Для титрования 100 мл воды потребовалось 2,4 мл 0,1 н. раствора трилона Б, коэффициент поправки трилона Б равен 0,9806, тогда жесткость воды будет:

$$\bullet H = 2,4 \cdot 0,9806 \cdot 0,1 \cdot 10 = 2,152 \text{ мг-экв / л, или } 6,2 \text{ град.}$$

3. Определение содержания аммиака (азота аммонийных солей)

Принцип определения аммиака в воде основан на его способности вступать в химическую реакцию с реактивом Несслера, в результате которой образуется йодистый меркураммоний $\text{NH}_2\text{Hg}_2\text{IO}$, который окрашивает раствор в красно-бурый цвет. О наличии и ориентировочном содержании аммиака в воде можно судить по интенсивности этой окраски. Реакция идет по уравнению:



Соли Ca, Mg, Al, Fe также могут вступать в реакцию с реактивом Несслера, образуя окрашенный осадок, поэтому их необходимо **предварительно связать раствором сегнетовой соли $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$** .

А. Качественное определение.

В пробирку налить 10 мл исследуемой воды, 0,2 мл сегнетовой соли и после перемешивания добавить 0,2 мл реактива Несслера. Появление желтой окраски указывает на присутствие аммиака, количество которого можно приблизительно определить по табл. 3.

Таблица 3. Ориентировочное определение содержания аммиака в воде

Окрашивание при рассматривании пробирки сбоку	Окрашивание при рассматривании пробирки сверху вниз	Содержание аммиака, мг/л
Нет	Нет	Менее 0,05
Нет	Чрезвычайно слабое, желтоватое	0,1
Чрезвычайно слабое, желтоватое	Слабо-желтоватое	0,25
Очень слабо-желтое	Желтоватое	0,5
Слабо-желтоватое	Светло-желтое	1,0
Светло-желтое	Желтое	2,5
Желтое	Интенсивно желтовато-буроватое	5,0
Мутное, резко-желтое	Мутное, бурое	10,0
Мутное, бурое	Мутное, интенсивно-бурое	25,0

Б. Количественное определение.

Количественное определение аммиака в воде проводят с помощью фотоэлектроколориметра (ФЭК).

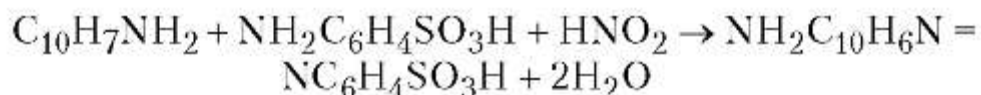
Таблица 4. Содержание аммиака в воде в зависимости от оптической плотности растворов

Оптическая плотность растворов (по ФЭК)	Содержание аммиака, мг/л	Оптическая плотность растворов (по ФЭК)	Содержание аммиака, мг/л
0,063	0,1	0,130	1,8
0,070	0,2	0,138	2,0
0,080	0,4	0,146	2,2
0,085	0,6	0,153	2,4
0,092	0,8	0,161	2,6
0,100	1,0	0,168	2,8
0,108	1,2	0,176	3,0
0,115	1,4	0,183	3,2
0,123	1,6	0,191	3,4

В колбу налить 50 мл исследуемой воды, прилить 1 мл сегнетовой соли, 1 мл реактива Несслера и тщательно перемешать. Через 5 мин часть содержимого колбы перелить в 10-миллиметровую кювету и измерить оптическую плотность на ФЭКе с синим светофильтром, используя в качестве контрольного раствора дистиллированную воду. Результат сопоставляют с данными табл. 4.

4. Определение содержания солей азотистой кислоты (нитритов)

Принцип определения азота нитритов в воде основан на способности азотистой кислоты вступать в реакцию с реактивом Грисса с образованием азокрасителя розового цвета. О наличии и ориентировочном содержании нитритов можно судить по интенсивности окрашивания раствора образующимся азокрасителем. Реакция протекает по уравнению:



А. Качественное определение.

В пробирку с 10 мл исследуемой воды прилить 0,5 мл реактива Грисса и нагреть в водяной бане при 70 град.С в течение 5 мин. Появление розового окрашивания указывает на наличие аниона NO_2 , количество которого можно определить примерно по табл. 5.

Таблица 5. Ориентировочное определение содержания азота нитритов в воде

Окрашивание при рассматривании пробирки сбоку	Окрашивание при рассматривании пробирки сверху вниз	Содержание аниона NO_2 , (мг/л)
Нет	Нет	Менее 0,001
Едва заметное розовое	Чрезвычайно слабо-розовое	0,002
Очень слабо-розовое	Слабо-розовое	0,004
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,02
Светло-розовое	Розовое	0,04
Розовое	Ярко-розовое	0,07
Ярко-розовое	Красное	0,2
Красное	Ярко-красное	0,4

Б. Количественное определение.

Количественное определение нитритов в воде проводится с помощью ФЭКа с использованием зеленого светофильтра. В качестве контроля используется дистиллированная вода. Результаты оцениваются по калибровочной кривой.

5. Определение содержания солей азотной кислоты (нитратов).

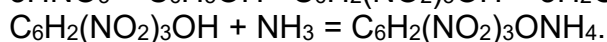
А) Качественное определение.

Качественная реакция на соли азотной кислоты проводится с дифениламином $\text{NH}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ или бруцином $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_4$. В фарфоровую чашечку налить 2 мл исследуемой воды, внести стеклянной палочкой 2-3 кристаллика дифениламина или бруцина и осторожно из пипетки с грушей наслить несколько капель концентрированной серной кислоты. В присутствии солей азотной кислоты при реакции с дифениламином появляется синее окрашивание, при реакции с бруцином - ярко-розовое, переходящее в желтое. Если в воде содержатся соли азотистой кислоты, реакция может оказаться ошибочной, так как они также дают с дифениламином синее окрашивание.

В таких случаях к 100 мл исследуемой воды следует добавить несколько капель концентрированной H_2SO_4 и 2-3 кристаллика мочевины $\text{CO}_2 (\text{NH}_2)_2$ и оставить раствор при комнатной температуре на 10-15 мин. Азотистая кислота разлагается с выделением газообразного азота.

Б. Количественное определение.

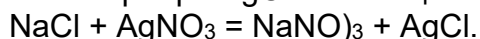
Количественное определение нитратов в воде основано на том, что азотнокислые соли в присутствии фенола и серной кислоты образуют пикриновую кислоту, которая с помощью аммиака превращается в пикрат аммония $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{ONH}_4$ желтого цвета. Реакция идет по уравнению:



Количество нитратов определяется с помощью ФЭКа. 10 мл исследуемой воды нужно выпарить в фарфоровой чашечке. После охлаждения в эту чашечку прилить 1 мл сульфифенолового реактива и через 5 мин смесь развести 10-20 мл дистиллированной воды, перелить в цилиндр на 100 мл и добавить туда 10 мл 10% раствора аммиака. Чашечку 2-3 раза ополоснуть дистиллированной водой и также слить в цилиндр. Объем воды в цилиндре довести до 100 мл. При наличии нитратов в воде раствор в цилиндре приобретает желтый цвет, так как образуется пикрат аммония. Полученную жидкость налить в кювету емкостью 30 мм³ и измерить оптическую плотность на ФЭКе с синим светофильтром. В качестве контроля используется дистиллированная вода. Результат сравнивается с данными табл. 6.

6. Определение содержания хлоридов (связанного хлора)

Принцип метода определения хлоридов в воде (NaCl , KCl , CaCl_2 и др.) основан на способности нитрата серебра AgNO_3 осаждать их с образованием хлористого серебра AgCl белого цвета, нерастворимого в воде и азотной кислоте:



Для того чтобы в осадок не выпадали одновременно углекислые и фосфорнокислые соли, их нужно растворить прибавлением азотной кислоты.

Таблица 6. Содержание нитратов в воде в зависимости от оптической плотности растворов

Оптическая плотность растворов (по ФЭК)	Содержание аммиака, мг/л	Оптическая плотность растворов (по ФЭК)	Содержание аммиака, мг/л
0,060	5,0	0,215	25,0
0,080	7,5	0,250	27,5
0,110	10,0	0,272	30,0
0,125	12,5	0,294	32,5
0,142	15,0	0,316	35,0
0,163	17,5	0,336	37,5
0,183	20,0	0,358	40,0
0,200	22,5	0,372	42,5

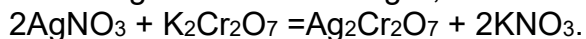
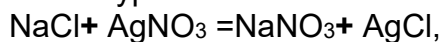
А. Качественное определение.

В пробирку налить 10 мл исследуемой воды, прибавить 2 капли концентрированной азотной кислоты, пользуясь для этого пипеткой с грушей, и 2-3 капли 10% нитрата серебра. В присутствии хлоридов образуется белый осадок или помутнение раствора.

Б. Количественное определение.

Для количественного определения хлоридов используется титрованный раствор нитрата серебра, 1 мл которого соответствует 1 мг хлоридов. По

количеству раствора, пошедшего на титрование, судят о содержании хлоридов в воде. В качестве индикатора для титрования применяется бихромат калия $K_2Cr_2O_7$, который вступает в реакцию с нитратом серебра, образуя бихромат серебра $Ag_2Cr_2O_7$, окрашивающий раствор в красно-бурый цвет. Появление такой окраски при титровании указывает на завершение осаждения хлоридов. Реакция протекает по уравнению:



В колбу объемом 250-300 мл налить 100 мл исследуемой воды, добавить 1 мл раствора индикатора бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и осторожно перемешать круговыми движениями. Затем налить раствор нитрата серебра $AgNO_3$ в бюретку и титровать этим раствором исследуемую пробу до появления устойчивой, не исчезающей, но очень слабой красной окраски раствора. Отметить количество миллилитров нитрата серебра, пошедшее на титрование, и произвести расчет **по формуле:**

$$X = K n \cdot 1000 / V,$$

где: X - содержание хлоридов в воде, мг/л;

K - титр раствора азотнокислого серебра, равный 1 мг/мл;

n - количество $AgNO_3$, пошедшее на титрование, мл;

V - объем исследуемой воды, мл;

1000 - коэффициент для перерасчета на 1 л воды.

7. Определение окисляемости воды

Метод основан на том, что раствор перманганата калия в присутствии серной кислоты выделяет кислород, окисляющий при кипячении органические вещества воды. По количеству разложившегося $KMnO_4$ вычисляется количество кислорода (в мг), расходуемого на окисление органических веществ, находящихся в 1 л воды. Для определения используется 0,01 н. раствор $KMnO_4$, 1 мл которого выделяет 0,08 мг кислорода.

1-й этап: установление титра $KMnO_4$

Раствор $KMnO_4$ не стоек, поэтому перед определением окисляемости необходимо установить его титр по точному 0,01 н. раствору щавелевой кислоты: в колбу емкостью 250-300 мл налить 100 мл дистиллированной воды, 5 мл 25% раствора H_2SO_4 , нагреть до кипения и титровать 0,01 н. раствором $KMnO_4$ до появления розового окрашивания. Затем в этот раствор, не содержащий неокисленных органических веществ, из бюретки прилить 10 мл 0,01 н. раствора щавелевой кислоты и вновь титровать раствором $KMnO_4$ до розового окрашивания. Записать объем 0,01 н. раствора $KMnO_4$, израсходованный на титрование раствора щавелевой кислоты, и вычислить коэффициент поправки **по формуле:**

$$K = 10 / V,$$

где: K - коэффициент поправки;

V - объем 0,01 н. раствора $KMnO_4$, израсходованный на титрование.

2-й этап: определение окисляемости воды

Из колбы, в которой проводилось определение титра $KMnO_4$, вылить жидкость. Не ополаскивая ее, налить 100 мл исследуемой воды, 5 мл 25% H_2SO_4 и 10 мл $KMnO_4$. Нагреть до кипения и кипятить в течение 10 мин. Сняв колбу, прилить в горячую жидкость 10 мл 0,01 н. раствора щавелевой кислоты и после обесцвечивания содержимое колбы титровать раствором $KMnO_4$ до появления розовой окраски. Вычисление окисляемости воды производится **по формуле:**

$$X = (V_1 - V) K \cdot 0,08 \cdot 10,$$

где: X - окисляемость воды, мг/л;

V1 - суммарный объем 0,01 н. раствора KMnO_4 , пошедший на титрование и прибавленный первоначально (10 мл);

V - объем KMnO_4 , пошедший на окисление 10 мл раствора щавелевой кислоты при установке титра, мл;

K - коэффициент поправки к титру KMnO_4 ;

0,08 - количество кислорода, которое выделяется 1 мл 0,01 н. раствора KMnO_4 , мг;

10 - коэффициент перерасчета на 1 л воды.

Заключение (образец)

При исследовании пробы воды, взятой из ... (указать, откуда взята вода: река, озеро, колодец, водопровод и пр.), установлено, что по органолептическим свойствам вода удовлетворяет (не удовлетворяет) требованиям нормативных документов. Химический состав воды указывает на отсутствие (наличие) загрязнения источника органическими веществами, в воде обнаружено (не обнаружено) присутствие солей аммиака, нитритов, нитратов и т.д. Такая вода пригодна (не пригодна) для хозяйственно-питьевого потребления при условии хороших бактериальных показателей ее состава и радиационной безопасности.

Раздел 4. Организационно-педагогические условия реализации программы

Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

В программе применяется системно-деятельный подход к организации и реализации образовательного процесса, а также компетентностный для развития познавательных способностей обучающихся и формирования знаний, умений, навыков и компетенций в предметной области химии.

На занятиях используются методы обучения:

- словесные (беседа, лекция, инструктаж);
- наглядные (демонстрация учебного материала, экскурсия в тепличное хозяйство, ознакомление с территорией участка)
- практические (работа в химической лаборатории, оформление практических работ)

В конце занятий происходит совместное обсуждение полученных результатов. После выполнения отдельных лабораторных работ оценивается оформленный отчет.

Итоговый контроль включает в себя защиту учебно-исследовательской работы по одной из выбранных тем.

Теоретический материал представлен в виде лекций, наглядных презентаций. Дидактическое обеспечение – методический и учебный материал для выполнения практических и лабораторных работ.

Основная литература:

1. Белкина Е.И., Орехова С.М. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: Учебно-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2017 – 123 с.
2. Лабораторный практикум по агрохимии: учебное пособие / Есаулко А.Н., Голосной Е.В., Ожередова, А.Ю. и др.; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2019 – 170 с.
3. Сельскохозяйственная экология: учеб. пособие / Г.А. Демиденко, Н.В. Фомина; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019 – 330 с.

Дополнительная литература:

1. Бермус, А. Г. Практическая педагогика. Учебное пособие. - М.: Юрайт, 2020. - 128 с.
 2. Блинов, В. И. Введение в педагогическую деятельность. - М.: Юрайт, 2023. - 130 с.
 3. Блинов, В. И. Профессиональная педагогика. - М.: Юрайт, 2024. - 692 с.
 4. Гликман, И.З. Теория и методика воспитания. Воспитатика. - М.: НИИ школьных технологий, 2008. - 320 с.
 5. Егоров, А.С., Чернышев, В.Н. Химия: пособие репетитор для поступающих в вузы, 59-е издание. - Ростов на Дону: Феникс, 2019 - 762 с.
 6. Качалова, Г.С., Багавиева, Т.К., Бутаков, В.В., Опарин, Р.В. Технология смешанного обучения химии: учебно-методическое пособие. - Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2021. - 106 с.
 7. Качалова, Г.С. Задания для формирования и оценки сформированности естественно-научной грамотности (на материале химии): учебно-методическое пособие. - Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2021. - 111 с.
 8. Клементьева М. В. Психология развития и возрастная психология: учебные задания. — М.: Прометей. 2023. 114 с.
 9. Лукашевич. В. В, Пронина. Е.Н. Психология и педагогика. Учебник. - М.: Юрайт, 2019. - 296 с.
 10. СклЯрова, Т. В., Носкова, Н. В. Общая, возрастная и педагогическая психология. — М.: Юрайт. 2023. 236 с.
 11. Концепция воспитания человека в Российской Федерации. Проект / Под ред. чл.-корр. РАО В.И. Слободчикова. – М., 2022. 35 с.
- Электронные источники:*
ГОСТ 18876-73 Вода питьевая.„

Раздел 5. Воспитательная направленность программы

Цель воспитательной работы – создание условий для развития, саморазвития и самореализации личности обучающихся через создание практикоориентированных учебных и исследовательских ситуаций в процессе выполнения практических задач, межличностного и делового общения участников группы.

Приоритетные направления воспитательной деятельности:

- 1) гражданско-патриотическое воспитание (воспитание патриота и гражданина на содержании тем проектов и учебных заданий);
- 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).

Реализация учебно-исследовательского проекта по химическому мониторингу природной и питьевой воды будет способствовать развитию творческих способностей обучающихся, развитию «мягких навыков» и «цифровых навыков».

Формы воспитательной работы – мероприятия (организация занятий, на которых учащиеся могут проявить свои творческие способности; посещение экскурсии); 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). Практическую направленность программе придают такие формы воспитательной работы, как беседы, дискуссии.

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

1. Методы формирования сознания: беседы о целях каждого обучающегося и сформированной команды, лекция о методике анализа природной и питьевой воды.

2. Методы организации деятельности и формирования опыта общественного поведения: упражнение в играх и использовании программного обеспечения, воспитывающие ситуации (целенаправленно создаются на практических занятиях).

3. Методы стимулирования поведения: соревнования (командный и индивидуальный формат), поощрение за лучшие результаты.

4. Методы контроля, самоконтроля и самооценки: беседы, практические задания, анализ результатов деятельности.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ МАСТЕР-КЛАСС
«Основы химического мониторинга воды»

Направленность: химия

Возраст обучающихся: 14-18 лет

Продолжительность: 2 часа

Язык обучения: русский

Настоящий образовательный мастер-класс «Основы химического мониторинга воды» является собственностью ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Настоящий Образовательный мастер-класс не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

1. Аннотация образовательного мастер-класса

Актуальность: данный мастер-класс может быть интересен для познавательно-исследовательской деятельности студентов. В ходе проведения мастер-класса будут продемонстрированы опыты с некоторыми материалами, а также атрибуты для его проведения.

Ориентированность на возрастные особенности обучающихся

Технологии, методы и приемы

Оборудование

Практикоориентированность

Профориентационная составляющая

Связь с ДООП «» («Раздел 5. Воспитательная направленность программы»)

2. Цель и задачи образовательного мастер-класса

Цель – повысить уровень предпрофессиональной компетенции обучающихся к области химического анализа воды.

Задачи:

Обучающие – научить основам проведения опытов в экспериментальной деятельности.

Развивающие – развивать навыки проведения эксперимента детского экспериментирования

Воспитательные – повысить мотивацию на использование в воспитательно - образовательном процессе экспериментальную деятельность.

3. Категория участников

Возраст детей, участвующих в образовательном мастер-классе: 14-18 лет.

Количество участников: до 14 чел.

4. Форма, особенности реализации и трудоемкость освоения

Форма обучения: очная.

Трудоемкость: 2 академических часа.

5. План проведения образовательного мастер-класса

Таблица 1

№ п/п	Структура	Продолжительность, мин	Вид, форма проведения
1.	Организационная часть (приветствие, инструктаж по ТБ)	15 мин	Беседа
2.	Вводная часть (теоретическая, демонстрационная)	30 ми	Эксперимент
3.	Основная часть (практическая)	50мин	Эксперимент
4.	Заключительная часть	10 мин	Беседа

6. Содержание образовательного мастер-класса

Ход мастер-класса (в соответствии со структурой):

1. Вступительная часть.

Приветствие. Педагог представляется и знакомится с участниками мастер-класса. Обучающиеся занимают свои рабочие места. Педагог проводит инструктаж по технике безопасности.

Объявление темы и цели мастер-класса. Содержание мастер-класса в целом и его отдельных составных частей.

2.Теоретическая часть.

Осмотр образцов природной воды из различных источников и водопроводной воды из разных населенных пунктов. Ознакомление с понятием жесткости воды и ее влиянии на качество воды. Ознакомление с самыми простыми способами определения жесткости воды.

3. Практическая часть.

Проверка воды на жесткость методом простого кипячения. Методом заваривания чая. Методом выпаривания капель на стекле. Методом омыления. Подсчет жесткости определенной по градусам жесткости. Определение жесткости воды тестовыми полосками.

5. Подведение итогов.

Сравнение результата по методу простого омыления и результата тест полосок.

7. Организационно-педагогические условия реализации образовательного мастер-класса

7.1. Кадровое обеспечение

Кадровое обеспечение: занятие проводит педагог, соответствующий требованиям профессионального стандарта «Педагог дополнительного образования детей и взрослых» (утвержден Приказом Минтруда России от 22.09.2021 № 652н).

7.2. Учебно-методическое обеспечение, информационное и материально-техническое обеспечение

Материально-техническое оснащение: для проведения аудиторных занятий используются учебные аудитории, оснащенные техническими средствами обучения (мультимедийным и презентационным оборудованием) для представления учебной информации.

Расходные материалы:

Хозяйственное мыло 72% - 4 пачки, дистиллированная вода 4 литра, банка стеклянная объем 1 литр – 4 шт, стакан диаметром 6 см - 4 шт, спиртовка для подогрева воды 4 шт, чашка петри – 4 шт, Тест капельный НИЛПА для определения общей жесткости 1 шт. Штатив лабораторный 4 шт.

Основная литература:

1. Дорман, В.Н. Экономика организации. Ресурсы коммерческой организации : учебное пособие / В. Н. Дорман ; под редакцией Н. Р. Кельчевской. - Москва : Юрайт ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019 – 134с.

Интернет-ресурсы:

<https://tetrashop.ru/shop/folder/testy-i-reagenty/> - интернет магазин товаров для аквариумов.

7.3. Участники образовательного мастер-класса могут быть поощрены сертификатом и/или сувенирной продукцией.