

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

по выполнению лабораторных работ

**ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и  
контролю качественных показателей**

**Раздел 1. Участие в выполнении химических и микробиологических  
анализов по контролю качества воды**

**МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод**

**Тема 1.1 Химия воды и микробиология**

для специальности

**08.02.04 Водоснабжение и водоотведение**

(учебный план 2023)

**Челябинск, 2023**

## **АКТ СОГЛАСОВАНИЯ**

**на методические указания по выполнению лабораторных работ  
по МДК 03.01 Очистка и контроль качества природных и сточных вод  
Раздел 1. Участие в выполнении химических и микробиологических  
анализов по контролю качества воды  
Тема 1.1 Химия воды и микробиология  
разработанные преподавателем ПЦК Водоснабжение и водоотведение  
Гущиной Ю.А., для студентов специальности  
08.02.04 Водоснабжение и водоотведение  
ГБПОУ «Южно-Уральский государственный технический колледж»**

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ предназначены для обучающихся специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Данные методические разработаны в соответствии с программой профессионального модуля, являющегося частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности СПО 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение базовой подготовки в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВДП): Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей.

Настоящие методические рекомендации по выполнению лабораторных работ представляют собой лабораторные задания и служат для закрепления у студентов знаний по химии воды и микробиологии.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по теме «Химия воды и микробиология» МДК 03.01 «Очистка и контроль качества природных и сточных вод» соответствуют установленным требованиям и могут быть рекомендованы для использования в учебном процессе.

Генеральный директор  
Маркштетера»



директор ООО  
*А.А. Маркштетер*

«Архитектурная Мастерская  
А.А. Маркштетер

## Оглавление

Пояснительная записка.....	5
Перечень практических работ.....	7
Критерии оценивания практических работ.....	7
Практические работы.....	10
Приложение А.....	34
Список литературы.....	35

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей предназначены для обучающихся по специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Лабораторные занятия являются важным элементом МДК. В процессе выполнения лабораторных работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения лабораторных работ по МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод.

Программой предусмотрено выполнение 6 лабораторных работ, направленных **на формирование элементов следующих компетенций:**

<i>Шифр и наименование компетенций</i>	<i>Умения</i>	<i>Знания</i>	<i>Код ЛР</i>
<b>ОК 1 . Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.</b>	Распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; Анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; Правильно определить и найти информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; Составить план действия, Определить необходимые ресурсы; Владеть актуальными методами работы в профессионально й и смежных сферах; Реализовать	Знать актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; Знать основные источники информации и ресурсов для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте. Знать актуальные стандарты выполнения работ в профессиональной и смежных областях; Знать актуальные методы работы в профессиональной и	ЛР 4 ЛР 11 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17

	составленный план; Оценить результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника).	смежных сферах.	
<b>ОК 2.</b> <i>Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.</i>	Определять задачи поиска информации. Определять необходимые источники информации Планировать процесс поиска Структурировать получаемую информацию Выделять наиболее значимое в перечне информации Оценивать практическую значимость результатов поиска Оформлять результаты поиска	Номенклатуру информационных источников применяемых в профессиональной деятельности Приемы структурирования информации Формат оформления результатов поиска информации	ЛР 4 ЛР 11 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17
<b>ОК 3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие</b>	Определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности	Содержание актуальной нормативно-правовой документации Современная научная и профессиональная терминология Возможные траектории профессионального развития и самообразования	ЛР 4 ЛР 11 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17
<b>ОК 4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами</b>	Организовывать работу коллектива и команды. Взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.	Психология коллектива Психология личности Основы проектной деятельности	ЛР 4 ЛР 11 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17
<b>ОК 6Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.</b>	описывать значимость своей специальности;применять стандарты антикоррупционного поведения	сущность гражданско-патриотической позиции, общечеловеческих ценностей; значимость профессиональной деятельности по специальности	ЛР 1 ЛР 2

<b>ОК 7.</b> <i>Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях</i>	Соблюдать нормы экологической безопасности Определять направления ресурсосбережения в рамках профессиональной деятельности по профессии (специальности)	Правила экологической безопасности при ведении профессиональной деятельности Основные ресурсы задействованные в профессиональной деятельности Пути обеспечения ресурсосбережения.	ЛР 10
<b>ОК9.</b> <i>Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.</i>	Применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач. Использовать современное программное обеспечение	Современные средства и устройства информатизации Порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности	ЛР 4 ЛР 11 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17
<b>ОК 10.</b> <i>Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.</i>	Понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые), понимать тексты на базовые профессиональные темы участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы, строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности, кратко обосновывать и объяснить свои действия (текущие и планируемые), писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы	Правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы, основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика), лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности, особенности произношения, правила чтения текстов профессиональной направленности	ЛР 4 ЛР 11 ЛР 13 ЛР 14 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17

ПК 3.1. Разрабатывать технологический процесс очистки природных и сточных вод

ПК 3.2. Выполнять химические анализы по контролю качества природных и сточных вод

ПК 3.3. Выполнять микробиологические анализы по контролю качества природных и сточных вод

**уметь:**

- выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;
- выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

**знать:**

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.





## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### ПМ.03 Выполнение работ по очистке природных и сточных вод и контролю качественных показателей

#### МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод специальность 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение

№ практической работы	Наименование	Формат	Кол-во часов
Лабораторная работа №1	Коагуляция коллоидных растворов	A4	2
Лабораторная работа №2	Исследование устройства микроскопа	A4	2
Лабораторная работа №3	Определение физических показателей воды	A4	2
Лабораторная работа №4	Определение pH воды	A4	4
Лабораторная работа №5	Определение щёлочности и жёсткости воды	A4	4
Лабораторная работа №6	Определение химического и биохимического потребления кислорода	A4	2
			16

### Критерии оценивания лабораторных работ

#### **5 баллов**

- 1) правильно определил цель опыта;
- 2) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- 3) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- 4) научно грамотно, логично описал наблюдения и сформулировал выводы из опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- 7) эксперимент осуществляет по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.

#### **4 балла**

- 1) опыт проводил в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений;
- 2) или было допущено два-три недочета;
- 3) или не более одной негрубой ошибки и одного недочета,
- 4) или эксперимент проведен не полностью;
- 5) или в описании наблюдений из опыта допустил неточности, выводы сделал неполные.

#### **3 балла**

1) правильно определил цель опыта; работу выполняет правильно не менее чем наполовину, однако объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;

2) или подбор оборудования, объектов, материалов, а также работы по началу опыта провел с помощью преподавателя; или в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки в описании наблюдений, формулировании выводов;

3) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью; или в отчёте были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т.д.) не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения; или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;

4) допускает грубую ошибку в ходе эксперимента (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с материалами и оборудованием), которая исправляется по требованию преподавателя.

#### **2 балла**

1) не определил самостоятельно цель опыта; выполнил работу не полностью, не подготовил нужное оборудование и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

2) или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно;

3) или в ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке "3";

4) допускает две (и более) грубые ошибки в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил техники безопасности при работе с веществами и оборудованием, которые не может исправить даже по требованию преподавателя.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

## **Коагуляция коллоидных растворов**

**Цель работы:** Приготовление дисперсных систем, которые в дальнейшем могут быть использованы для исследования их свойств.

В отчете указать способ получения золя, реакцию получения трудно растворимого соединения и формулу мицеллы, учитывая экспериментально найденный знак заряда коллоидной частицы.

### **Оборудование и материалы:**

1. Химические стаканчики ёмкостью 100 мл.
2. Пипетки ёмкостью 1, 2, 5, 10 мл.
3. Бюретка.
4. Мешочек для диализа.
5. Растворы солей.

### **уметь:**

— выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

### **знать:**

— методы и параметры контроля природных и сточных вод.

### **Ход работы**

#### **1. Физическая конденсация (метод замены растворителя)**

##### **ЗОЛЬ СЕРЫ**

К 50 мл воды добавляют при взбалтывании 1 мл насыщенного (без нагревания) раствора серы в ацетоне или этиловом спирте. Т. к. сера в воде нерастворима, то при этом образуются мельчайшие ее коллоидные частицы, взвешенные в воде. Наблюдается явление опалесценции.

Как построены мицеллы в этом золе — неизвестно. Роль стабилизирующего вещества, играют продукты окисления спирта и примеси,

имеющиеся в сере. Золи серы, полученные по этому методу, являются типичными лиофобными золями и легко коагулируют при добавлении электролита. Частицы серы заряжены отрицательно.

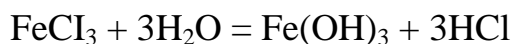
## **2. Химическая конденсация**

### **РЕАКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ. ЗОЛЬ ДИОКСИДА МАРГАНЦА**

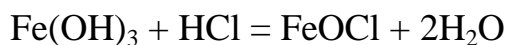
5 мл 1,5% раствора  $\text{KMnO}_4$  разбавляют водой до 50 мл. В разбавленный раствор вводят по каплям 1,5-2 мл 1% раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Образуется вишнево-красный золь диоксида марганца.

### **РЕАКЦИИ ГИДРОЛИЗА. ЗОЛЬ ГИДРОКСИДА ЖЕЛЕЗА (III)**

Реакция получения  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  идет по схеме:



Поверхностные молекулы агрегата  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  вступают в реакцию с  $\text{HCl}$ :



Молекулы  $\text{FeOCl}$ , подвергаясь диссоциации, образуют ионы  $\text{FeO}^+$  и  $\text{Cl}^-$ . Данное обстоятельство необходимо учесть при составлении формулы мицеллы. Для получения золя  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  к 50 мл кипящей воды по каплям добавляют 5-10 мл 2% раствора  $\text{FeCl}_3$ . Золь имеет интенсивный красно – коричневый цвет.

### **РЕАКЦИИ ДВОЙНОГО ОБМЕНА. ЗОЛИ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ**

а) К 20 мл 0,1% раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  прибавляют при энергичном взбалтывании 5-6 капель 2% раствора  $\text{FeCl}_3$ . Получают золь, окрашенный в темно – синий цвет.

б) К 20 мл 2%  $\text{FeCl}_3$  прибавляют при энергичном взбалтывании 5-6 капель 0,1% раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Получают золь, окрашенный в зеленый цвет.

Чем отличаются полученные золи? Ответ обоснуйте.

## **3. Методы диспергирования (пептизация)**

**ЗОЛЬ БЕРЛИНСКОЙ ЛАЗУРИ.** В пробирку к 5 мл 2%-го раствора  $\text{FeCl}_3$  прибавляют 1 мл насыщенного раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Осадок отфильтровывают и промывают дистиллированной водой. При обработке осадка на фильтре 3 мл 0.1н раствора щавелевой кислоты (пептизатор) фильтруется золь берлинской лазури, окрашенный в синий цвет. Анион  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  сильно адсорбируется на

частицах осадка, сообщая им заряд и агрегативную устойчивость. Напишите формулу мицеллы.

#### **4. Значение концентрации реагирующих веществ для получения коллоидных растворов**

Размеры частиц при реакциях двойного обмена, в результате которого получаются нерастворимые продукты, зависят от концентрации реагирующих веществ. При очень высоких и очень низких концентрациях получают высокодисперсные (коллоидные) системы. В первом случае это объясняется возникновением одновременно очень большого количества центров кристаллизации (зародышевых центров), что связано с расходом всего реагирующего вещества. Возможность дальнейшего роста частиц этим ограничивается.

В случае низких концентраций весь возможный избыток вещества расходуется на возникновение сравнительно немногочисленных центров кристаллизации, и дальнейший рост частиц тем самым исчерпывается. При средних концентрациях реагирующих веществ получаются грубодисперсные частицы, выпадающие в осадок.

а) В стакан на 100 мл наливают 5 мл 0.005н раствора  $\text{FeCl}_3$  и добавляют 5 мл 0.005н раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Разбавляют полученный раствор 50 мл дистиллированной воды. Получается прозрачный золь берлинской лазури.

б) Выполняют то же, что и в опыте а), беря растворы концентрацией 0.1н. Из мутного раствора выпадает осадок берлинской лазури.

в) В стакан на 100 мл наливают 5 мл насыщенного раствора  $\text{FeCl}_3$  и 10 мл насыщенного раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Образуется студнеобразный осадок. Часть полученного осадка переносят в стакан со 100 мл дистиллированной воды и размешивают. Получается устойчивый золь берлинской лазури.

#### **5. Получение гидрофильных золь. Золь крахмала**

Лиофильные золи получают путем растворения ВМС в соответствующем растворителе: белков - в воде, каучука - в бензоле, целлюлозы - в эфире и т.д.

Лиофильные золи обладают значительно большей устойчивостью по сравнению с лиофобными, поэтому они могут быть получены в сравнительно высоких концентрациях и обладают большой вязкостью и осмотическим давлением. Повышение концентрации лиофильных золь приводит к их застудневанию – переходу в гели.

0.5 г крахмала тщательно растирают в фарфоровой ступке, переносят в фарфоровую чашечку и перемешивают с 10 мл дистиллированной воды, после чего добавляют еще 90 мл воды. Затем при постоянном помешивании доводят полученную смесь крахмала в воде до кипения. После нескольких вскипаний получается 0.5% опалесцирующий золь крахмала. Золь сохраняют для дальнейшей работы.

## 2.Коагуляция

**ЦЕЛЬ:** определить знак заряда коллоидных частиц и определить пороги коагуляции золя (по указанию преподавателя) при действии ионов различного заряда, проверить правило Шульце – Гарди.

Признаком коагуляции служит помутнение золя и дальнейшее образование осадка. Минимальная концентрация электролита, вызывающая явную коагуляцию, называется порогом коагуляции золь (ммоль/л). Порог коагуляции зависит как от природы электролита, так и от валентности коагулирующего иона. Порог коагуляции  $\gamma$  вычисляется по формуле:

$$\gamma = \frac{c_{эл} V_{эл}}{V_{золь}}, \quad (1)$$

где  $V_{золь}$  – объем золя, взятого для коагуляции,  $C_{эл}$  – молярная концентрация раствора электролита,  $V_{эл}$  – объем электролита, пошедшего на коагуляцию золя.

$\gamma^I : \gamma^{II} : \gamma^{III} = 730 : 11 : 1$  – правило Шульце – Гарди.



В три чистые пробирки наливают по 1 мл испытуемого золя. Затем в пробирки добавляют по каплям растворы следующих солей: 3н раствор KCl, 0.25 н раствор K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 0.001 н раствор K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>].

После каждого добавления электролита пробирки с золем встряхивают, наблюдая за положением золя. Явное помутнение золя принимают за коагуляцию и определяют порог коагуляции.

### **3. Сравнение устойчивости гидрофильных и гидрофобных золей к действию электролитов**

В две пробирки помещают по 5 мл полученных ранее золей берлинской лазури (или золя гидроксида железа) и крахмала. В каждую из пробирок по каплям добавляют насыщенный раствор (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до коагуляции золей. Определяют и сравнивают пороги коагуляции.

#### **Вопросы коллоквиума**

1. Понятие дисперсной системы. Особенности коллоидного состояния.
2. Классификация дисперсных систем.
3. Способы получения дисперсных систем.
4. Способы очистки золей.
5. Строение мицеллы гидрофобного золя.
6. Понятие коагуляции. Коагуляция электролитами. Правило Шульце – Гарди.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**

### **Исследование устройства микроскопа**

**Цель работы:** изучить строение микроскопа

**Приборы и материалы:** микроскоп лабораторный.



**уметь:**

– выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;

**знать:**

– методы и параметры контроля природных и сточных вод.

### **Порядок работы**

1 подложка основания,

2- основание с выключателем,

- 3.осветитель,
4. конденсор Аббе,
- 5-предметный столик с измерительным нониусом,
- 6 держатель препарата,
- 7- объект ивы,
- 8- револьверная головка,
- 9- окуляры,
- 10- адаптер видео/фото насадки,
- 11- тринокулярная насадка,
- 12 - регулятор яркости осветителя

Устройство:

При работе в проходящем свете луч, отраженный от вогнутого зеркала проходящий через диафрагму и предметное стекло, освещает прозрачный препарат, накрытый покровным стеклом.

Микро объектив (8х, 20х или 40х) образует изображение препарата в фокальной плоскости окуляра.

Увеличение микроскопа определяется умножением увеличений окуляра объектива.

Микроскоп состоит из следующих основных частей: основания, крошите, тубусодержателя, предметного столика с механизмом перемещения, револьверный головки с объективами, тубуса с панкратическим окуляром, осветительного устройства.

Примечание: В связи с постоянной работой по совершенствованию микроскопа в конструкцию могут быть внесены не принципиальные изменения, не отраженные в настоящем издании.

Основание представляет собой литую деталь, к которой при помощи шарнира крепится кронштейн - тубусодержатель. К нижней (опорной) плоскости основания прикреплены ножки из пластика, предотвращающие скольжение микроскопа по наклонной поверхности и защищающие поверхность стола от повреждений.

Кронштейн-тубусодержатель - литая деталь, жестко соединяющая основные узлы и детали микроскопа: механизм перемещения предметного столика, револьверную головку с панкратическим окуляром и осветительное устройство.

- переключатель светового потока,
- штатив,
- ручка грубой настройки,
- ручка точной настройки,
- коаксиальная ручка перемещения препарата.

Шарнир позволяет изменять угол наклона кронштейна-тубусодержателя, а следовательно, и тубуса от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .

Тубус с панкратическим окуляром - металлическая трубка с несъемным панкратическим

Револьверная головка представляет собой полусферическую деталь, в которую закреплены микрообъективы. Поворотом револьверной головки возможно попеременно использовать объективы, совмещая их оптические оси с оптической осью микроскопа. Фиксация положения объективов обеспечивается фиксатором, расположенным внутри револьверной головки.

Предметный столик имеет в центре отверстие для наблюдения препарата в проходящем свете. Снизу к предметному столику крепится дисковая диафрагма с отверстиями диаметрами 2, 4, 8 и 16 мм, которые могут фиксировано устанавливаться соосно с отверстием в предметном столике. Кроме этого, диафрагма имеет пятое фиксированное рабочее положение, при котором полностью перекрывается отверстие в предметном столике и свет от осветительного устройства не попадает на препарат. В этом положении имеется возможность при достаточном освещении рассматривать препараты в отраженном свете.

На верхней плоскости столика имеются два держателя для фиксации препарата.

При помощи маховиков механизма перемещения предметный столик перемещается вдоль оптической оси.

С целью предохранения рассматриваемого препарата от механических повреждений корпусом объектива 40х, перемещение столика вверх ограничивается упором.

Осветительное устройство представляет собой вогнутое зеркало в оправе. Оправа вставляется в вилкообразный поворотный держатель. Возможность вращения осветительного устройства, вокруг двух взаимно перпендикулярных осей позволяет наилучшим образом направить свет от источника освещения на исследуемый препарат.

Микроскоп может комплектоваться осветителем, работающим от сети через блок питания и на батарейках, позволяющим рассматривать исследуемые объекты в слабо освещенных помещениях. При работе осветителя в автономном режиме используются две пальчиковые батарейки размером АЛЛ 1,5 В.. время непрерывной работы осветителя -30 минут, при периодическом отключении 1,5-2 часа,

Батарейки, имеющие в комплекте осветителя, к моменту покупки предназначены только для пробы. Возможно, что они не выработают весь срок службы.

Для замены батареек выдвинуть верхнюю крышку корпуса, необходимо соблюдать установленную полярность.

Подготовка к работе:

При получении нового микроскопа проверьте сохранность упаковки.

После транспортирования (или хранения) при низких температурах микроскоп в транспортной таре выдержи те в помещении при Температуре  $20 \pm 5$  не менее 4 часов и затем распаковывайте.

Внимание! Для сохранности прибора при хранении и транспортировке произведена консервация головок крепежных деталей. Перед работой необходимо удалить следы консервационной смазки.

Освободив микроскоп от упаковки, при необходимости осторожно вернуть тубус в кронштейн-тубусодержатель - прибор готов к работе.

Порядок работы:

Качество изображения в микроскопе в значительной степени зависит от: освещения, поэтому настройка освещения является важной подготовительной операцией.

Свет источника (окно, лампа) должен освещать зеркало равномерно и направляться последним через диафрагму на препарат. Наблюдая в окуляр, поворачивайте зеркало до тех пор, пока все поле зрения не окажется равномерно освещенным.

Если в качестве источника света взята лампа, то может вырисоваться светящаяся нить лампы. Избавьтесь от этого, даже если при этом произойдет уменьшение яркости освещения поля изображения. Для равномерного освещения объекта поставьте между лампой и зеркалом экран из папиросной бумаги или матовое стекло. Чтобы свет не слепил наблюдателя и зеркало не закрывалось предметным столиком, лампу ставьте дальше от микроскопа.

Настроив зеркало, и правильно расположив источник освещения, производите фокусировку. Фокусировка осуществляется вращением маховиков. Вращая маховики опустите столик, положите на него исследуемый препарат и зафиксируйте его прижимами. Затем, поднимая столик, следите, чтобы он переместился несколько выше своего рабочего положения, т. е. покровное стекло оказалось бы от передней линзы объектива 8х на расстоянии 6-8 мм, а для объектива 20х- 1мм, для объектива 40х- 0,5 мм. Наблюдая в окуляр, очень медленно опускайте столик до тех пор, пока в поле зрения не появится изображение объекта. При фокусировке полезно осторожно передвигать исследуемый объект, т.к. подвижное изображение гораздо легче заметить, чем неподвижное. Найдя изображение, еще более медленным вращением ручек добейтесь наиболее резкого изображения объекта.

При появлении объекта или его признаков в поле зрения (при фокусировке) попробуйте менять освещение, изменяя наклон зеркала. Часто

бывает так, что объект видимый плохо в прямом свете, хорошо виден при косом падении лучей. Иногда исследуемый объект лучше виден при слабом освещении. В этих случаях полезно применять диафрагму.

Фокусировка может считаться законченной, когда будут устранены все недостатки изображения в виде полос, пятен, бликов. Хорошей фокусировкой можно назвать такую, при которой глаз совершенно не утомляется.

Упор в микроскопе при выпуске с завода отрегулирован на толщину препарата, обычно принятого в средних школах: предметное стекло толщиной от 1 до 1,9 мм и покровное стекло толщиной 0,17 мм. При этом упор обеспечивает достаточный зазор между корпусом объектива и поверхностью покровного стекла.

При толщине, препаратов, отличной от вышеуказанной, соблюдайте осторожность при фокусировке, так как рабочее расстояние не велико, у объектива 8х-8,9 мм, у объектива 20х-1.8 мм; 40х-0,73.мм. При постоянной работе с препаратами, имеющими толщину, отличную от вышеуказанной, следует произвести перерегулировку упора путем ослабления винта, удерживающего пластину упора подвижкой на нужную высоту внутренней (подвижной) пластины упора 1 последующей затяжки ослабленного ранее винта.

При изучении препаратов рекомендуется следующий порядок работ Сначала; используйте окуляр наименьшего увеличения и объектив 8х поисков установит препарат в центре поля зрения (иначе он может выйти из поля зрения при смене объективов), затем используйте объектив большего увеличения - рабочий. После смены объективов производите подфокусировку. Для получения наибольшей увеличения используйте окуляр с большим увеличением.

Рекомендуется наблюдать объект в микроскоп попеременно обоими глазами и оставлять открытым свободный глаз, что предупреждает его утомления

Правила эксплуатации

Микроскоп выпускается тщательно проверенным и может безотказно служить: продолжительное время, но для этого необходимо содержать его в чисто предохранять от механических повреждений и соблюдать правила эксплуатации. Для сохранения внешнего вида микроскопа периодически протирайте салфеткой, слегка смоченной бескислотной смазкой (вазелином), предварительно удалив пыль, а затем насухо протирайте чистой салфеткой

Содержите чистоте салфетки, предназначенные для ухода за микроскопом.

Тщательно удаляйте жидкости, попадающие на микроскоп во время работ. Обращайте особое внимание на чистоту оптических деталей, особенно: объективов. Не касайтесь пальцами поверхностей линз. Для чистки внешних поверхностей линз от пыли используйте салфетку или мягкую обезжиренную кисточку. Если после удаления пыли поверхность линзы все же остается и достаточно чистой, то протрите ее мягкой салфеткой, слегка смоченной спиртом и эфиром, не допуская сильного увлажнения поверхности линз этими жидкостями во избежание расклейки и выпадению линз. Пыль с поверхности глубоко сидящей оправе линзы объектива удаляйте ватой накрученной на палочку из древесины, не содержащей смол (береза, дуб, осина) и слегка смоченной в спирте или эфире.

Заметив, что смазка в подвижных частях микроскопа сильно загрязнилась загустела, смойте бензином и вытрите те трущиеся поверхности чистой салфеткой, затем смажьте их бескислотной смазкой.

Не рекомендуется вывинчивать тубус из тубусодержателя во избежание порчи мелкошаговой резьбы.

Разбирать объектив нельзя - он будет испорчен!

Работа с иммерсионными объективами

При работе с объективом с масляной иммерсией (100х ми) необходимо предварительно нанести стеклянной палочкой на фронтальную линзу объектива и на препарат по капле иммерсионного масла.



**ВНИМАНИЕ!** Нельзя применять взамен иммерсионного масла суррогаты, так как это может значительно ухудшить качество изображения.

После нанесения иммерсионного масла на фронтальную линзу объектива и на препарат поднять предметный столик, используя рукоятку грубой фокусировки до соприкосновения капель иммерсии. Добиться резкого изображения поверхности исследуемого препарата с помощью тонкой фокусировки.

После окончания работы с иммерсионным объективом снять с фронтальной линзы объектива и препарата иммерсионное масло чистой тряпочкой или фильтровальной бумагой, протереть его загрязнённые поверхности ватой, навёрнутой на деревянную палочку и слегка смоченной спиртовой смесью или эфиром.

**Отчет:**

Описать основные составляющие микроскопа;

Зарисовать микроскоп.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3**

### **Определение физических показателей воды**

**Цель** данной работы сводится к освоению навыков определения физических и химических показателей качества воды.

**Приборы и материалы:** стаканы лабораторные объемом 200 мл, плитка лабораторная.

**уметь:**

- выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;
- выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

**знать:**

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.

**Ход работы:**

Определение цветности.

Цветность измеряют в градусах платиново-кобальтовой шкалы цветности путём сравнения исследуемой воды с эталоном. В эталонную колбу наливают примерно 500 мл воды и рассматривают сбоку на белом фоне на расстоянии двух метров, подбирая к цвету пробы цвет более подходящий колбы шкалы цветности.

Определение прозрачности.

Прозрачность воды зависит от количества и степени дисперсности, находящихся в воде взвешенных веществ (глины, ила и органических взвесей).

Прозрачность выражается в сантиметрах водяного столба, через который видны линии толщиной в 1 мм, образующие крест (определение по «кресту») или шрифт № I (по Снеллену).

Определение прозрачности "по шрифту" проводят в специально градуированном стеклянном цилиндре (высота градуированной части больше 30 см) с припаянным внизу крапом и плоским, хорошо отшлифованным дном. Воду наливают в цилиндр, подкладывают стандартный шрифт № 1 на расстоянии 4 см от дна просматривают его сверху через слой воды, отливая или добавляя её и отмечая высоту столба, через который чтение шрифта ещё невозможно. Высота воды в цилиндре, отсчитанная в сантиметрах, выражает степень прозрачности воды. Определение производят при хорошем освещении, но не на прямом солнечном свете.

При незначительном содержании взвешенных веществ в воде (менее 2 мг/л) определяются её мутность (мг/л).

При наличии в воде большого количества взвешенных веществ их определяют весовым путём.

**Отчет:**

1. Описать характеристику показателя мутности исследуемой воды;
2. Зарисовать опыт.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Определение pH воды

**Цель** данной работы сводится к освоению навыков определения химических показателей качества воды.

**Приборы и материалы:** стаканы лабораторные объемом 200 мл, pH-метр.

**уметь:**

- выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;
- выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

**знать:**

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.

#### 1. Активная реакция воды (pH).

Активная реакция воды, т.е. степень её кислотности или щелочности характеризуется количественно концентрацией водородных ионов. Отрицательный логарифм концентрации водородных ионов принято обозначать pH. Для химически чистой воды при температуре 22 С pH - нейтральная реакция, при  $\text{pH} < 7$  - кислая, при  $\text{pH} > 7$  щелочная.

Для определения pH могут быть использованы два метода: колориметрический и электролитический. Колориметрическое определение используют для бесцветных вод. Этот метод основан на свойстве индикаторов менять свою окраску в зависимости от концентрации водородных ионов.

а) Определение pH универсальным индикатором.

Универсальный индикатор (комбинированный) представляет собой смесь несколько простых индикаторов, которая даёт гамму окрасок.

Широко распространённый универсальный индикатор ЗИВ-1 представляет собой смесь пяти индикаторов.

Для определения pH используют также несколько сортов индикаторной бумаги ("Рижская", "Рифан", "Мультифан" и др.), которая представляет собою обычную фильтровальную бумагу, пропитанную раствором того или иного универсального индикатора. Например, универсальная индикаторная бумага "Рижская" рассчитана на определение величины pH в интервале от 1 до 10. каждой пачке индикаторной бумаги обычно прилагается цветная шкала, показывающая окраску бумаги при различных pH.

Пользование индикаторной бумагой очень удобно для грубых,

б) Электролитический метод определения pH.

Этот метод основан на применении обратимых электродов, потенциал которых зависит от концентрации ионов водорода в исследуемом растворе. Определяют потенциал электрода производят, измеряя электродвижущую силу (ЭДС) концентрационной цепи, состоящей из стандартного электрода с постоянным потенциалом и исследуемого с неизвестным потенциалом, зависящим от концентрации водородных ионов в исследуемом растворе.

При измерении pH электролитическим методом применяются pH-метры типа ЛПУ-01, pH-340. Для определения pH раствора на приборе pH-340 необходимо включить прибор в сеть и прогреть в течение 30 мин. Убрать из-под электродов стаканчик с дистиллированной водой, высушить, промокая их чистой фильтровальной бумагой. После этого можно приступить к измерению pH исследуемого раствора.

#### **Ход работы:**

1. Погрузить электроды в стаканчик с раствором.

2. По нижней шкале pH-метра замерить приближенное значение pH - раствора. Для нахождения точного (до сотых) значения pH нужно переключатель «Пределы измерений» поставить на тот диапазон, в который попадает

приближённое значение. Если рН около 7, то поставить переключатель на диапазон 5-8, затем включить «размах» в среднее положение и снять с точностью до сотых показатель по верхней шкале: к значению «5» прибавив показания по верхней шкале. Снимать показания рН нужно только тогда, когда остановится стрелка на приборе. (Обычно стрелка устанавливается в течение 0,5-1 мин., а если раствор концентрированный — в течение 2 мин.). Замерив и записав показание прибора, выключить тумблеры «размах» и «Пределы измерения», убрать стаканчик с исследуемой водой, высушить фильтровальной бумагой электроды, как в начале опыта, погрузить их в стаканчик с дистиллированной водой.

**Отчет:**

1. Описать характеристику кислотности исследуемой воды;
2. Зарисовать опыт.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Определение общей щёлочности воды

**Цель работы:** освоение навыков определения общей щелочности воды.

**Приборы и материалы:** стаканы лабораторные объемом 200 мл, плитка лабораторная, соляная кислота, индикаторы.

**уметь:**

- выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;
- выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

**знать:**

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.

Общая щелочность воды обусловлена суммой содержащихся в воде ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{OH}^-$  и других солей слабых кислот, вступающих в реакцию с сильными.

Щёлочность, обусловленная присутствием сильных оснований (гидратов), называется гидратной. Щёлочность, обусловленная присутствием ионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  называется бикарбонатной, или карбонатной. Для природных вод характерна бикарбонатная щёлочность.

Щёлочность выражается в мг-экв/л. Практически щёлочность природных вод соответствует концентрации гидрокарбонатных ионов  $\text{HCO}_3^-$ , если в воде отсутствуют карбонаты  $\text{CO}_3$ .

Определение общей щелочности основано на реакции образования нейтральных солей при титровании воды соляной кислотой. Ионы  $\text{OH}^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  титруют соляной кислотой в присутствии индикатора фенолфталеина; они обу-

сравнивают щёлочность воды по фенолфталеину. При этом протекают следующие реакции:



Ионы  $\text{HCO}_3^-$  титруют соляной кислотой в присутствии индикатора метилоранжа. При этом происходит реакция:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Если щёлочность по фенолфталеину равна нулю, то общая щёлочность обусловлена только  $\text{HCO}_3^-$  и равна карбонатной жёсткости, так как в природных водах ионы  $\text{HCO}_3^-$  связаны только с ионами Ca и Mg: .

### **Ход работы:**

К 100 мл испытуемой воды, отмеренной цилиндром в коническую колбу, приливают 2-3 капли фенолфталеина. Если окраска не появилась, то в ту же колбу добавляют 2-3 капли метилоранжа и титруют 0,1 % раствором соляной кислоты до перехода окраски из соломенно-жёлтой в оранжевую. Если же окраска появилась, то раствор надо оттитровать соляной кислотой 0,1 % до исчезновения кислоты, пошедшее на титрование и есть общая щелочность воды. Титрование нужно вести на белом фоне, Общую щелочность воды находят по формуле:

$$\text{Щ} = N V 1000, \text{ мг-экв} \quad (2)$$

где V - количество кислоты, израсходованной на титрование 100 мл воды, мл;

N - нормальность раствора кислоты.

### **Отчет:**

- 1.Описать характеристику щелочности исследуемой воды:
- 2.Зарисовать опыт.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### «Определение химического и биохимического потребления кислорода»

#### Цель работы:

1. Систематизировать знания по химическим методам анализа сточных вод
2. Получить практический навык по определению окисляемости сточных вод по методу Кубеля

Для определения окисляемости воды по методу Кубеля применяется перманганатометрический метод.

#### уметь:

- выполнять химические и микробиологические анализы по контролю технологических процессов и качества очистки природных и сточных вод;
- выполнять контроль за соблюдением экологических стандартов и нормативов по охране окружающей среды;

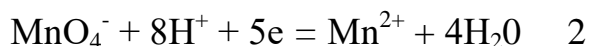
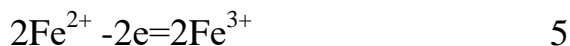
#### знать:

- гигиенические требования к качеству питьевой воды и санитарные нормы очищенным сточным водам и водам водоёмов различного назначения;
- методы и параметры контроля природных и сточных вод.

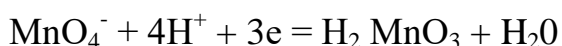
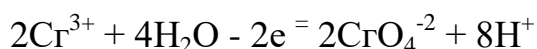
**Сущность метода.** Перманганатометрией называют метод объемного анализа, при котором рабочим раствором служит  $\text{KMnO}_4$ . В процессе титрования анализируемого раствора малиново-фиолетовая окраска  $\text{KMnO}_4$  обесцвечивается. Однако после достижения эквивалентной точки первая же избыточная капля раствора  $\text{KMnO}_4$  окрашивает титруемую жидкость в бледно-малиновый цвет. Индикатором в данном случае является сам  $\text{KMnO}_4$ . Поэтому при перманганатометрических определениях посторонние индикаторы не добавляют.

Перманганат калия проявляет окислительные свойства в кислой, в щелочной и нейтральной средах. При титровании кислых растворов  $Mn^{7+}$  входящий в состав  $KMnO_4$ , восстанавливается до бесцветных катионов  $Mn^{2+}$

Например:  $10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 = 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$



При титровании в щелочной (или нейтральной) среде  $Mn^{7+}$  восстанавливается только до  $Mn^{4+}$  например до марганцевой кислоты:



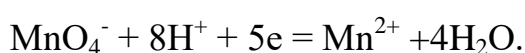
Образующаяся  $H_2MnO_3$  представляет собой бурый осадок, присутствие которого в растворе затрудняет фиксирование эквивалентной точки. Кроме того, окислительная активность  $KMnO_4$  в кислой среде гораздо выше, чем в щелочной. По этим соображениям титрование перманганатом калия чаще всего производят в кислых растворах. Перманганатометрию используют для количественного определения, как окислителей, так и восстановителей.

**Сущность работы.** Под окисляемостью воды понимают способность веществ, содержащихся в воде, реагировать с окислителями. Количество кислорода, требуемого на окисление органических веществ и восстановителей ( $Fe^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $H_2S$  и др.), дает величину ХПК – химического потребления кислорода.

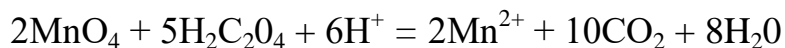
ХПК - это масса кислорода в (миллиграммах), необходимая для окисления веществ, содержащихся в 1 л исследуемой воды (мг(О)/л).

Методика определения ХПК зависит от концентрации хлорид-ионов в воде. Если содержание  $Cl^-$  - ионов меньше 100 мг/л, ХПК определяют в кислой среде (метод Кубеля). При значительном содержании  $Cl^-$  используют метод Шульца (окисление в щелочной среде).

Восстановление  $KMnO_4$  в кислой среде протекает по уравнению



Избыток введенного стандартного раствора  $\text{KMnO}_4$  титруют раствором щавелевой кислоты:



Воду, предназначенную для определения ХПК, предварительно фильтруют через бумажный фильтр, промытый горячей дистиллированной водой.

### **Реактивы, посуда**

Перманганат калия  $\text{KMnO}_4$  – 0,01 М (1/5  $\text{KMnO}_4$ ) раствор. Щавелевая кислота  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  – 0,01 М (1/2  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) раствор. Серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  - 4М раствор.

Колба коническая вместимостью 250-300 мл. Цилиндр мерный на 100 мл. Пипетка вместимостью 10 мл. Бюретка на 25 мл. Воронка.

### **Ход работы:**

В коническую колбу вместимостью 250-300 мл отмеривают пипеткой 100 мл исследуемой воды, прибавляют 10 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , из бюретки 15 мл стандартного раствора перманганата калия. Должна появиться интенсивная розовая окраска. Колбу закрывают маленькой воронкой, бросают несколько стеклянных бусинок, нагревают до кипения в течение 10 мин, наблюдая за окраской: если окраска жидкости во время кипячения сильно ослабевает, то прибавляют еще несколько миллилитров раствора перманганата калия и снова кипятят. Необходимо добиться такого положения, чтобы при кипячении сохранялась розовая окраска раствора. Фиксируют суммарный объем прибавленного перманганата калия ( $V_1$ ).

Затем раствор снимают с плитки и к горячей жидкости осторожно прибавляют пипеткой 10 мл стандартного раствора щавелевой кислоты: перемешивают до тех пор, пока раствор не обесцветится. Избыток прибавленной щавелевой кислоты в горячем растворе оттитровывают тем же раствором  $\text{KMnO}_4$  ( $V_2$ ). По результатам заполнить протокол.

№ опыта	Объём раствора KMnO <sub>4</sub> , (V <sub>1</sub> ) мл	Объём раствора KMnO <sub>4</sub> , (V <sub>2</sub> ) мл	Объём р-ра H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , мл	ХПК
1				
2				
3				
4				

$$XPK = \frac{(c \cdot (\frac{1}{5} KMO_4) \cdot (V_1 + V_2) - c(\frac{1}{2} H_2C_2O_4) \cdot V \cdot (H_2C_2O_4)) \cdot 1000}{V_{\text{воды}}} \cdot M(\frac{1}{2} O) \quad (3)$$

### Вопросы, предлагаемые для защиты работы

1. Какой метод используют для определения окисляемости сточных вод по методу Кубеля?
2. В чем заключается сущность методики определения окисляемости сточных вод по методу Кубеля?
3. Как проводится пробоподготовка сточных вод для анализа?
4. Что такое ХПК и как рассчитывают этот показатель?

## **Приложение А**

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

### **ОТЧЕТ**

по выполнению лабораторных работ

**МДК 03.01. Очистка и контроль качества природных и сточных вод**

Выполнил: \_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Челябинск, 20\_\_

## Список литературы

### Основные источники:

1. СП 32.13330.2018. Актуализированный СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004 - 87 с. (действующий)
2. СП 31.13330.2016 СНиП 2.04.02.-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/ Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004 – 80 с. (действующий)
3. Базавлук, В. А. Инженерное обустройство территорий. Мелиорация : учебное пособие для СПО / В. А. Базавлук. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 139 с.
4. Клиорина, Г. И. Инженерная подготовка городских территорий : учебник для СПО / Г. И. Клиорина, В. А. Осин, М. С. Шумилов. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 331 с.
5. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник и практикум для СПО / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 380 с.
6. Феофанов, Ю. А. Инженерные сети: современные трубы и изделия для ремонта и строительства М. : Издательство Юрайт, 2018. — 157 с. -5-534-04929-9.
7. Каракеян, В. И. Очистные сооружения в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для СПО / В. Б. Кольцов, О. В. Кондратьева ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 277 с.
8. Каракеян, В. И. Очистные сооружения в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для СПО / В. Б. Кольцов, О. В. Кондратьева ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 311 с.

### Дополнительные источники:

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001.