

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 25.09.2022 16:27:05

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра теплогазоводоснабжения



### ХИМИЯ РАБОЧИХ ТЕЛ

Методические указания к лабораторным работам для студентов направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 08.04.01 «Строительство», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Курск 2017

УДК 628.1

Составитель: В.А. Жмакин

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры  
теплогазоводоснабжения В.С. Ежов

**Химия рабочих тел:** методические указания к лабораторным работам для студентов направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 08.04.01 «Строительство», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А. Жмакин. – Курск, 2017. – 28 с.: ил. 7, табл. 12. – Библиогр.: с. 28.

Приводятся методики выполнения лабораторных работ и вопросы для самоконтроля и к защите лабораторных работ по химии воды и водоподготовке для теплогенераторов и систем теплоснабжения, а также необходимый справочный материал в виде таблиц.

Методические указания предназначены для студентов направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 08.04.01 «Строительство», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» очной и заочной формы обучения и могут быть.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ.л. Уч. изд.л. Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

### Содержание

Общие указания.....	4
Охрана труда и техника безопасности при выполнении лабораторных работ.....	5
Лабораторная работа 1.....	7
Лабораторная работа 2.....	10
Библиографический список.....	16
Приложение.....	17

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Перед выполнением работ необходимо изучить основные теоретические положения, ознакомиться с лабораторными стендами, записать метрологические характеристики используемых средств измерений (в лабораторных работах 1, 2, 3 и 5 следует записать диапазон измерения, цену деления и допускаемую погрешность бюреток, мерных стаканов и колб; в лабораторной работе 4 - диапазон измерения, цену деления и класс точности рН-метра).

После завершения лабораторных работ каждый студент должен составить отчет, в котором приводятся основные теоретические положения, рисунок лабораторной установки, по результатам опытов следует выполнить расчеты и сопроводить их необходимыми пояснениями, дать оценку погрешности измерения каждого параметра, а численные значения погрешностей занести в таблицы для записи результатов измерений и расчетов. Отчет завершается аргументированным выводом. Методы оценки результатов измерений и расчетов приведены в описании работ.

Отчет представляется студентом при сдаче зачета по данной дисциплине.

Приведенные в лабораторных работах методики могут использоваться при оценке показателей качества воды для следующих целей водопользования: для хозяйственно-питьевого водоснабжения; при подготовке добавочной воды для электростанций, работающих на органическом топливе; при подготовке добавочной воды для электростанций, работающих на ядерном топливе; при подготовке добавочной воды для паровых котлов различного назначения, для подпитки тепловых сетей.

Выполнение лабораторных работ и обработка результатов опытов позволяют оценить качество воды. В реальных условиях эксплуатации знание характеристик используемой воды, необходимо для организации оптимальных режимов работы теплоэнергетического оборудования. При анализе результатов лабораторных опытов целесообразно отметить:

1. К какому типу водопользования следует отнести анализируемую пробу воды;

2. Влияние исследуемой воды, учитывая полученные в опытах характеристики, на работу теплоэнергетического оборудования (образование накипи, шлама, коррозии);

3. Рекомендации по обработке исходной воды для получения воды с нормированными характеристиками.

Некоторые справочные материалы, необходимые для анализа, приведены в приложениях 1-3.

Вместо лабораторных работ, предложенных в данных указаниях, студенты могут выполнить работы исследовательского характера, связанные с подготовкой и использованием воды в условиях своего предприятия, направленные на совершенствование работы водоподготовительного оборудования и оборудования котельного цеха (котельная установка, деаэраторы, различного типа подогреватели). Содержанием этих исследовательских работ может быть:

а) определение характеристик воды (солесодержания, кремнесодержания, содержания свободной углекислоты, хлоридов, сульфатов, кислотности, общей жесткости и др.);

б) рассмотрение технологии обессоливания воды (химического, термического, электроионитного и др.); определение присоса охлаждающей воды в конденсаторе паровой турбины; влияние существующей подготовки воды на работу котельной установки;

в) теплехимические испытания котельной установки и др.

## **ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Организация безопасной работы при выполнении лабораторных работ по кафедре теплоэнергетики производится в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ "Опасные и вредные производственные факторы. Классификация", ГОСТ 12.1.004-85. ССБТ. "Пожарная безопасность. Общие требования", ГОСТ 12.1.005-76. ССБТ. "Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования", ГОСТ 12.1.010-76. ССБТ. "Взрывобезопасность. Общие требования", ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. "Электробезопасность. Общие требования".

К работе на лабораторных установках допускаются студенты, имеющие теоретическую подготовку по дисциплине, прошедшие

инструктаж по технике безопасности и расписавшиеся в соответствующем журнале.

При проведении лабораторных работ необходимо строго выполнять следующие правила:

1. **Запрещается** заливать воду в емкости, содержащие концентрированный раствор серной кислоты.

2. При попадании кислоты высокой концентрации на открытые участки тела необходимо удалить сухой тряпкой или ватой кислоту с пораженного участка, промыть место ожога 2% раствором бикарбоната натрия или водой, срочно обратиться в пункт медицинской помощи. Если кислота попала на слизистую оболочку глаза, его необходимо промыть большим количеством воды, затем 0,5% раствором бикарбоната натрия и срочно обратиться в пункт медицинской помощи.

3. В случае попадания щелочи на открытые участки тела или в глаза для промывания можно использовать соответственно 1% раствор уксусной кислоты и 2% раствор борной кислоты.

4. **Запрещается** использовать лабораторную посуду не по назначению.

5. **Запрещается** исследовать реактивы на вкус.

6. При определении запаха следует воздух с парами веществ подгонять к носу взмахами ладони.

7. Во время работы с огнеопасными веществами необходимо следить, чтобы поблизости не было открытого огня или сильно нагретых предметов.

8. При ожогах пораженные участки нельзя промывать водой и вскрывать волдыри.

По окончании лабораторных работ необходимо привести в порядок рабочее место.

Студенты, не выполняющие правила техники безопасности, отстраняются от проведения лабораторных работ.

## Лабораторная работа № 1

### Определение молярной массы диоксида углерода

**Цель работы** - нахождение молярной массы диоксида углерода по плотности газа на основе уравнения Менделеева – Клапейрона.

**Приборы и материалы:** аппарат Кипа, колбы конические, технические весы, мерный цилиндр, калькулятор, соляная кислота, мрамор.

#### **Теоретический материал, необходимый для выполнения работы:**

Молярная масса - это масса одного моля вещества. Моль любого газообразного вещества при нормальных условиях ( $P_0=101,3$  кПа,  $T_0=273$ К) занимает 22,4 л. Эта величина называется молярным объемом газа при нормальных условиях.

Определение молярной массы газа может быть выполнено несколькими способами. Чаще всего определяют, исходя из абсолютной и относительной плотности газа.

Абсолютной плотностью газа называется масса единицы объема газа при нормальных условиях: за единицу объема газа обычно принимают 1л. Зная массу 1л газа при нормальных условиях ( $\rho$ ) и его молярный объем 22,4л, определяют молярную массу газа  $\mu$ :

$$\mu = \rho \cdot 22,4 \quad (1.1)$$

Для приведения газа к нормальным условиям используют уравнение газового состояния:

$$\frac{V \cdot P}{T} = \frac{V_0 \cdot P_0}{T_0}$$

или  $V_0 = \frac{V \cdot P \cdot T_0}{P_0 \cdot T}$  (1.2)

где  $V$  – объем газа, измеренный при реальных условиях, то есть при атмосферном давлении  $P$  и температуре  $T$ ;  $V_0$  – объем газа при нормальных условиях - давлении  $P_0$  и температуре  $T_0$ .

Молярную массу газа можно вычислить также, пользуясь уравнением Менделеева – Клапейрона:

$$V \cdot P = \frac{m}{\mu} \cdot R_{\mu} \cdot T$$

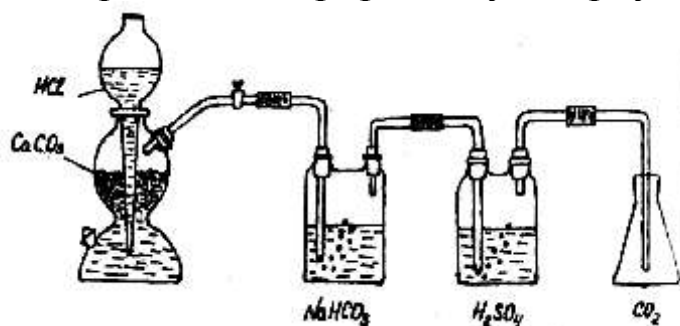
$$\mu = \frac{m \cdot R_{\mu} \cdot T}{V \cdot P}, \quad (1.3)$$

где  $P$  - давление, кПа;  $V$  - объем, л;  $m$  - масса, г;  $\mu$  - молярная масса, г/моль;  $R_{\mu}$  - молярная газовая постоянная; равная 8,314 л·кПа/(моль К);  $T$  - абсолютная температура. Часто в лабораторной практике применяют следующие числовые значения:  $R_{\mu} = 0,082$  л·атм/град моль;  $R_{\mu} = 62360$  мл·мм рт.ст./град моль).

### **Выполнение работы:**

ОПЫТ 1: Определение молярной массы диоксида углерода.

Диоксид углерода получают в аппарате Кипа (рис. 1) действием раствора соляной кислоты на мрамор  $\text{CaCO}_3$ . Полученный диоксид углерода очищают от брызг соляной кислоты путем промывания раствором гидрокарбоната натрия  $\text{NaHCO}_3$  и осушают, пропуская через концентрированную серную кислоту.



**Рис. 1.** Аппарат Кипа

Чистую и сухую колбу плотно закройте резиновой пробкой до метки и взвесьте на технохимических весах с точностью до 0,001 г.

Наполните колбу диоксидом углерода, получаемым в аппарате Кипа в течении 3-4 минут. Затем очень медленно выньте газоотводную трубку из колбы.

Закройте колбу пробкой и снова взвесьте. Наполнение и взвешивание колбы необходимо производить 2-3 раза до постоянной массы, т. е. когда два последовательных результата



либо одинаковы, либо отличаются друг от друга не более чем на 0,01 л.

Определите объем колбы, заполнив ее водой до метки и перелив воду в мерный цилиндр.

Запишите в журнал (см. таблица 1.1) массу колбы с воздухом ( $m_1$ ), массу колбы с диоксидом углерода ( $m_2$ ), объем колбы ( $V$ ), давление и температуру, при которых производился опыт.

По полученным данным рассчитайте:

1. Массу диоксида углерода в объеме колбы, учитывая, что этим газом из колбы был вытеснен равный объем воздуха.

$$m_{\text{CO}_2} = m_2 - m_1 + m_{\text{в}} \quad (1.4)$$

где  $m_1$ ,  $m_2$  – определены экспериментально,  $m_{\text{в}}$  – массу воздуха находим по уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$m_{\text{в}} = PV\mu_{\text{в}} / (R_{\mu}T) \quad (1.5)$$

Так как средний молекулярный вес воздуха равен  $\mu_{\text{в}} = 29$  г/моль, а  $T = 273 + t$ , то масса воздуха

$$m_{\text{в}} = 29 \cdot P \cdot V / R_{\mu} (273 + t). \quad (1.6)$$

Затем определите массу диоксида углерода по формуле (1.4).

2. Вычислите молекулярный вес двуокиси углерода по уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$\mu_{\text{CO}_2} = m_{\text{CO}_2} \cdot R_{\mu} \cdot T / (P \cdot V) \quad (1.7)$$

3. Подсчитайте ошибку опыта в процентах:

$$\varepsilon = (\mu_{\text{теор}} - \mu_{\text{эк}}) \cdot 100\% / \mu_{\text{теор}}, \quad (1.8)$$

где  $\mu_{\text{теор}}$  – теоретическое значение молярной массы диоксида углерода 44 г/моль.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

№ п/п	Масса колбы с воздухом $m_1$ , г	Масса колбы с диоксидом углерода $m_2$ , г	Объем колбы $V$ , мл	Давление $P$ , мм рт .ст	Температура $t$ , °С
1					
2					
3					

### Контрольные вопросы и задания

1. Что называется молекулярной массой вещества? В каких единицах она выражается?
2. Что называется молем? Какое количество молекул вещества содержится в одном моле?
3. Что называется относительной плотностью газа?
4. Описание лабораторной установки. Ход проведения опыта.
5. Рассчитайте молярную массу газа, если масса 1мл его равна 1,96мг (условия нормальные).
6. Методика расчета молярной массы диоксида углерода.
7. Рассчитайте массу 10 л азота при нормальных условиях.
8. Вычислите молекулярную массу вещества, если установлено, что масса 60мл его паров при температуре 87 °С и давлении 524 мм рт. ст. равна 0,13 г.

### Лабораторная работа № 2

#### Определение жесткости воды и методы умягчения воды

**Цель работы:** проведение анализа воды на жесткость и устранение карбонатной жесткости воды.

**Приборы и материалы:** бюретка для титрования, конические колбы, соляная кислота, раствор комплексона III, метилоранж, эриохром черный Т, водопроводная вода.

#### *Теоретический материал, необходимый для выполнения работы:*

Жесткость воды обусловлена присутствием в ней солей кальция, магния и железа (карбонатами, гидрокарбонатами, сульфатами, хлоридами и др.). Воду с растворенными в ней солями называют жесткой, а совокупность свойств такой воды — жесткостью.

Жесткость — один из главных технологических показателей, принятых для характеристики состава и качества природных вод. Согласно ГОСТ 6055-86 различают карбонатную, некарбонатную и общую жесткость.

Сумма концентраций ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  является количественной мерой жесткости воды:

$$\text{Ж} = \text{C}(\text{Ca}^{2+}) + \text{C}(\text{Mg}^{2+}). \quad (2.1)$$

Единицей измерения жесткости является ммоль/л.

Карбонатная жесткость (Жк) — это совокупность свойств воды, обусловленных присутствием в ней в основном гидрокарбонатов кальция, магния и железа и незначительной части их карбонатов.

Она отвечает той части содержащихся в воде катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , которая эквивалентна содержащимся в ней анионам  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Часть карбонатной жесткости, которая может быть устранена кипячением, называют устранимой или временной.

Некарбонатная жесткость (Ж<sub>нк</sub>) — совокупность свойств воды, обусловленных присутствием в ней сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов кальция, магния и железа.

Все соли, оставшиеся в растворенном состоянии после кипячения, обуславливают так называемую постоянную или неустранимую жесткость воды (Ж<sub>нк</sub>). Она отвечает той части содержащихся в воде катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , которая эквивалентна содержащимся в ней анионам  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и др.

Общая жесткость (Ж<sub>общ</sub>) складывается из карбонатной и некарбонатной жесткости. Она равна суммарной (общей) концентрации содержащихся в воде катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ .

Общую жесткость также можно рассматривать как сумму постоянной и временной жесткости:

$$\text{Ж}_{\text{общ}} = \text{Ж}_{\text{к}} + \text{Ж}_{\text{нк}}. \quad (2.2)$$

### *Методы анализа:*

При контроле качества воды определяют ее жесткость. Анализ воды на жесткость предполагает обычно:

#### **а) определение общей жесткости, Ж<sub>о</sub>.**

Для определения общей жесткости используют метод комплексонометрии. В основе этого метода лежит титрование воды в присутствии аммиачного буферного раствора (pH=10,0) и индикатора раствором комплексона III до перехода розовой окраски в голубую.

При анализе применяют один из индикаторов: кислотный хром синий К или эриохром черный Т. В присутствии ионов жесткости  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  эти индикаторы окрашиваются в розовый цвет, в отсутствии – в голубой.

Комплексон III - двузамещенная натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты. При титровании жесткой воды раствором комплексона III образуется внутрикомплексное соединение, т.е. связываются ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Поэтому в конце титрования индикатор изменяет окраску, раствор становится голубым.

### **Определение общей жесткости воды комплекснометрическим способом.**

Отберите мерным цилиндром 100 мл воды и перенесите его в коническую колбу. Добавьте к исследуемой пробе 5мл аммиачного буферного раствора и 5-7 капель индикатора кислотности хром синего К или несколько кристалликов (на кончике шпателя) эриохром черного Т.

Приготовленную пробу при постоянном помешивании оттитруйте раствором комплексона до перехода розовой окраски индикатора в голубую. Результаты титрования запишите. Повторите титрование еще раз. Если результаты двух титрований совпадут ( $\Delta V \leq 0,1 \text{мл}$ ), рассчитайте общую жесткость воды. В противном случае, оттитруйте еще одну пробу. Найдите среднее значение объема комплексона III, израсходованное на титрование воды.

Общую жесткость воды рассчитывают по формуле:

$$J_{\text{общ}} = N_2 V_2 \cdot 1000 / V_1, \text{ [ммоль/л]}, \quad (2.3)$$

где  $V_1$  - объем анализируемой воды, мл;  $V_2$  - объем раствора комплексона III, мл;

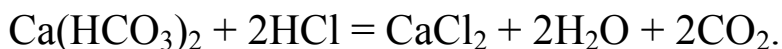
$N_2$  - молярная концентрация раствора комплексона III, моль/л;

1000 - коэффициент перевода моль/л в ммоль/л.

### **б) определение карбонатной жесткости, $J_{\text{к}}$ .**

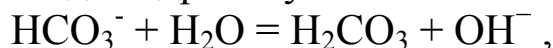
Определение карбонатной жесткости воды -  $J_{\text{к}}$  сводится к определению концентрации гидрокарбонат-иона  $\text{HCO}_3^-$  и, тем самым, эквивалентной этим ионам концентрации ионов жесткости

$\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Способ основан на реакции между соляной кислотой и гидрокарбонатами:



Анализ проводят методом нейтрализации. В основе этого метода лежит титрование воды в присутствии индикатора метилового оранжевого раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски индикатора в оранжевую. При титровании кислотой, добавленной в воду, индикатор метилоранж изменяет свою окраску, когда в растворе появляется небольшой избыток кислоты. Метилоранж — кислотно-основной индикатор, изменяющий свою окраску от красной при  $\text{pH} < 3,1$  до желтой при  $\text{pH} > 4,4$ . В точке перехода 3,1 метилоранж имеет оранжевую окраску.

Анион  $\text{HCO}_3^-$  - в воде гидролизуеться:



Поэтому при условии  $\text{Жк} > 0$  вода имеет щелочную реакцию среды и метилоранж в ней окрашен в желтый цвет. При титровании раствором  $\text{HCl}$  такой воды протекает реакция нейтрализации:



Ион  $\text{H}^+$  нейтрализует количество ионов  $\text{OH}^-$  а, эквивалентное концентрации иона  $\text{HCO}_3^-$ .

**Определение карбонатной жесткости воды методом нейтрализации.**

Отмерьте с помощью мерного цилиндра в две колбы по 50 мл воды и прибавьте в каждую по 2-3 капли метилоранжа. Одна из колб будет служить контрольной. Во вторую колбу приливают из бюретки по каплям децинормальный раствор соляной кислоты до тех пор, пока от одной капли кислоты окраска из желтой перейдет в оранжевую (цвет сравнивают с цветом в контрольной колбе).

Титрование повторяют 2-3 раза. Для расчетов принимают средний результат. Расчет карбонатной (временной) жесткости воды проводят по формуле:

$$\text{Ж}_к = C_k \cdot V_k \cdot 1000 / V_B , \quad [\text{ммоль/л}], \quad (2.4)$$

где:  $V_k$  - объем раствора кислоты, израсходованного на титрование,

$C_k$  - нормальная концентрация раствора кислоты,

$V_B$  - объем воды, мл.

**в) вычисление некарбонатной жесткости  $J_{нк}$ .**

Некарбонатная жесткость вычисляется как разность между общей жесткостью и карбонатной:

$$J_{нк} = J_{общ} - J_{к}. \quad (2.5)$$

**Выполнение работы:****1) Приготовление раствора:**

Наполнить пробирку на 1/2 объема известковой водой и пропустить через нее двуокись углерода, полученную в аппарате Киппа. После появления осадка карбоната кальция продолжать пропускать  $CO_2$  до растворения осадка, которое происходит вследствие образования кислой соли. В качестве исходного раствора можно взять водопроводную воду. Полученный раствор разделить на три части.

Определить общую, карбонатную и некарбонатную жесткость 1-й порции исходного раствора, пользуясь приведенными методами анализа. Результаты занести в таблицу.

**2) Устранение жесткости химическим методом:**

Ко второй порции раствора добавить NaOH, получить осадок. Объяснить, пользуясь правилом произведения растворимости, растворение карбоната кальция в воде, содержащей  $CO_2$ . При этом следует учесть, что двуокись углерода с водой образует слабую угольную кислоту, которая диссоциирует главным образом по первой ступени.

Определить общую, карбонатную и некарбонатную жесткость умягченной воды, пользуясь приведенными методами анализа.

Результаты занести в таблицу.

**3) Устранение жесткости кипячением.**

Колбу с 3-й порцией раствора из первой части опыта закрепить в штативе и, осторожно нагревая, кипятить раствор до образования осадка карбоната кальция. Записать уравнение реакции и объяснить причину смещения равновесия вправо при повышении температуры.

При нагревании воды происходит удаление части  $CO_2$ , среда становится менее кислой и равновесие диссоциации иона  $HCO_3^-$  (из гидрокарбоната) смещается вправо:  $HCO_3^- = H^+ + CO_3^{2-}$ .

Концентрация  $\text{HCO}_3^-$  увеличивается и становится достаточной для образования осадка  $\text{CaCO}_3$  (концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  становится равной произведению растворимости):



Определить общую, карбонатную и некарбонатную жесткость умягченной воды, пользуясь приведенными методами анализа. Результаты занести в таблицу 2.1.

**Вывод:** Результаты всех определений занести в таблицу. Сравнить жесткость исходного раствора и жесткость растворов, умягченных различными методами.

Таблица 2.1 - Результаты измерений

Раствор	Общая жесткость	Карбонатная жесткость	Некарбонатная жесткость
Исходный			
После устранения жесткости реагентным методом			
После устранения жесткости кипячением			

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие ионы определяют жесткость воды?
2. Что такое жесткость воды?
3. Назовите методы устранения жесткости воды.
4. В чем сущность метода умягчения воды с помощью ионного обмена?
5. Как определяют общую жесткость воды?
6. Как определяют карбонатную жесткость воды?
7. При определении общей жесткости воды на титровании 200мл воды израсходовано 8 мл 0,1 М раствора комплексона III. Вычислить общую жесткость воды.
8. Вычислить карбонатную жесткость воды, если на титрование 200 мл воды израсходовано 8 мл 0,05 М раствора НС1.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теплогенерирующие установки [Текст] : учебник / Г. Н. Делягин [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Бастет, 2010. - 624 с.
2. Теплогенерирующие установки [Электронный ресурс] : учебник / Г. Н. Делягин [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Бастет, 2010. - 624 с.
3. Федоров, А. А. Методы химического анализа объектов природной среды [Текст] : учебник / А. А. Федоров, Г. З. Казиев, Г. Д. Казакова. - М. : КолосС, 2008. - 118 с.
4. Водное хозяйство промышленных предприятий [Текст] : справочное издание / под ред. В. И. Аксенова. - М. : Теплотехник, 2007 - Кн. 3. - 368 с.
5. Водное хозяйство промышленных предприятий [Текст] : справочное издание / под ред. В. И. Аксенова. - М. : Теплотехник, 2007 - Кн. 4. - 240 с.
6. ГОСТ 52769-2007. Вода [Текст] : методы определения цветности / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, ЗАО "Центр Исследования и Контроля Воды". - Изд. офиц. введен впервые, введен 26.10.2007. - М. : Стандартинформ, 2007. - 7 с. - (Национальный стандарт РФ).
7. Джирард, Дж. Е. Основы химии окружающей среды [Текст] / пер. с англ. В. И. Горшкова; под ред. В. А. Иванова. - М. : Физматлит, 2008. - 640 с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ПРАВИЛА РАБОТЫ С КИСЛОТАМИ И ЩЕЛОЧАМИ

1. Все концентрированные растворы кислот должны храниться в специальных бутылках (склянках) с притертыми пробками, поверх которых необходимо надевать притертый колпачок.

2. Щелочи следует хранить в широкогорлых банках из темного стекла, закрытых корковыми пробками, которые залиты поверх слоем парафина.

3. Посуда, в которой хранятся щелочи и кислоты, должна иметь четкие надписи.

4. Открывать сосуды с концентрированными кислотами и щелочами и готовить растворы из них разрешается только в вытяжных шкафах с включенной принудительной вентиляцией.

5. Щелочи следует брать только с помощью шпателей.

6. Бутыли с кислотами и другими едкими веществами следует переносить вдвоем в специальных корзинах или ящиках или подвозить их на специальных тележках.

7. При приготовлении растворов из кислот *кислоту следует прибавлять в воду*, а не наоборот, во избежание разбрызгивания раствора.

8. При работе с кислотами и щелочами категорически запрещается насасывать эти жидкости ртом; для этого следует использовать пипетки и резиновые груши.

9. Нюхать вещества не рекомендуется; при необходимости это следует делать крайне осторожно, держа склянку с веществом на расстоянии и движением руки направляя к себе пары вещества.

10. Пролитую кислоту необходимо сразу засыпать сухим песком, затем снять его лопаточкой и засыпать карбонатом натрия на несколько минут для нейтрализации остатков кислоты. После того как сода будет убрана, участок, на который была пролита кислота, следует промыть большим количеством воды.

11. Если была пролита щелочь, то ее необходимо сначала засыпать опилками, а затем, после удаления последних, этот участок заливают обильным количеством разбавленной уксусной или соляной кислоты, после чего хорошо промывают водой.

12. Если на кожу попала кислота, то после смыва водой пораженный участок следует промыть дополнительно 3 %-ным раствором гидрокарбоната натрия. При ожоге щелочью пораженный участок кожи после смыва проточной водой смачивают 2 %-ным раствором борной или уксусной кислоты.