

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 31.12.2020  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e9450f4a4851da56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



## ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ И МЕТОДЫ ЕЁ УМЯГЧЕНИЯ

Методические указания для выполнения лабораторной работы  
по дисциплине «Общая и неорганическая химия»  
для студентов направления подготовки  
18.03.01 (240100.62) «Химическая технология»

КУРСК 2015

УДК 546

Составитель: О.В. Бурыкина

Рецензент

доктор химических наук, профессор Ниязи Ф.Ф.

**Жесткость воды и методы её устранения:** методические указания по дисциплине "Общая и неорганическая химия" / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.В. Бурыкина Курск, 2015, 10с., Библиогр.: 10с.

Излагаются методические указания по проведению лабораторной работы по теме «Жесткость воды и методы её устранения» курса «Общая и неорганическая химия». Рассматриваются методики определения различных видов жесткости, различные виды устранения жесткости.

Методические указания предназначены для студентов 1 курса дневного отделения направления подготовки 18.03.01 (240100.62) «Химическая технология», выполняющих лабораторную работу по теме «Жесткость воды и методы её устранения» дисциплины «Общая и неорганическая химия» согласно рабочего учебного плана направления подготовки 18.03.01 (240100.62) «Химическая технология».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Форма 60x84 1/16.

Усл. печ. л.    Уч.-изд.л.    Тираж 30 экз.    Заказ.    Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Вопросы для самоподготовки.....	4
1. Жесткость воды и её виды.....	5
2. Методы умягчения воды.....	6
Лабораторная работа	
Жесткость воды и методы её умягчения.....	7
Библиографический список.....	10

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ**

1. Что такое жесткость? Какие она имеет единицы измерения?
2. Какие Вы знаете виды жесткости?
3. Какая жесткость называется общей?
4. Какая жесткость называется карбонатной?
5. Какая жесткость называется некарбонатной?
6. Какая жесткость называется кальциевой, а какая магниевой?
7. Приведите классификацию вод по жесткости.
8. Приведите формулы, которые используются при определении жесткости воды.
9. Какие основные методы умягчения воды Вы знаете? Приведите уравнения соответствующих реакций.

## **1. Жесткость воды и её виды**

Одним из актуальных вопросов современного мира является чистота и качество воды. Не существует человека, который бы не сталкивался с такой проблемой. Одним из показателей качества воды является жесткость. Для того чтобы иметь представление о жесткости воды, достаточно заглянуть на дно чайника. Особенно чувствительна данная проблема в тех местах, где используется артезианская вода.

**Жесткость воды** – это совокупность свойств, обусловленных содержанием в воде ионов кальция и магния.

Питьевая вода с повышенной жесткостью обладает горьковатым привкусом. Употреблять такой вид воды опасно для организма, поскольку она нарушает работоспособность органов пищеварения и влияет на организм в целом. В домашнем хозяйстве данная вода способна вывести из строя такие приборы как чайник, стиральная машина и бойлер. Она способствует засорению, а также разрушает сантехнические трубы. В жесткой воде хуже растворяются вещества, не мылится мыло.

Единицы измерения жесткость - ммэкв/л.

По величине жесткости вода классифицируется:

менее 4 ммэкв/л - вода мягкая,

4-8 ммэкв/л – вода средней жесткости,

8-12 ммэкв/л – вода жесткая,

более 12 ммэкв/л – вода очень жесткая.

Жесткость бывает общая, карбонатная, некарбонатная, кальциевая, магниевая.

Суммарная концентрация ионов кальция и магния называется **общей жесткостью**.

Карбонатная жесткость обусловлена наличием гидрокарбонатов кальция и магния, не карбонатная – наличием в воде солей кальция и магния, кроме гидрокарбонатов.

$$Ж_{\text{общ}} = Ж_{\text{карб}} + Ж_{\text{некарб}}$$

Жесткость, обусловленная наличием в воде только солей кальция, называется кальциевой, а обусловленная наличием в воде только солей магния – магниевой.

## 2. Методы умягчения воды:

1) термический:

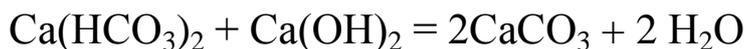
нагреванием удаляют гидрокарбонаты:



2) реагентный:

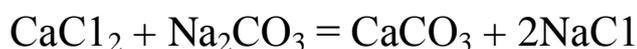
- **известковый**

устраняют карбонатную жесткость введением  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в количестве необходимом для полной нейтрализации гидрокарбонатов:



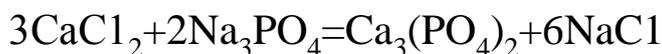
- **содовый**

устраняют некарбонатную жесткость добавлением соды, при этом растворимые соли жесткости переводятся в нерастворенное состояние:



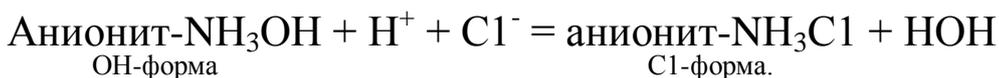
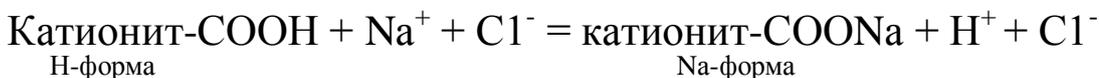
- **фосфатный**

устраняют некарбонатную жесткость добавлением фосфатов, при этом растворимые соли жесткости переводятся в нерастворенное состояние:



3) **ионообменный**

используют не растворимые полимеры (сорбенты) искусственного или натурального происхождения, содержащие функциональные группы, способные связывать либо катионы с высвобождением ионов  $\text{H}^+$ , либо анионов с высвобождением ионов  $\text{OH}^-$ . Первые называются катиониты, вторые – аниониты. Общее их название иониты.



**Лабораторная работа**  
**«Жесткость воды и методы её устранения»**

Для определения жесткости воды применяют титриметрический анализ, в частности общую жесткость определяют комплексонометрически, а карбонатную кислотно-основным титрованием.

**ОПЫТ 1. Определение общей жесткости воды комплексонометрическим методом.**

Отберите мерной пипеткой 100 мл воды и перенесите ее в колбу для титрования; добавьте к исследуемой воде 5 мл аммиачного буферного раствора и несколько кристалликов (на кончике шпателя) индикатора эриохрома черного Т.

Приготовленную пробу оттитруйте при постоянном перемешивании 0,05н. раствором комплексона (III) до перехода винокрасной окраски в синюю.

Повторите титрование еще раз. Если результаты двух титрований совпадут (разница объемов комплексона (III) пошедшая на титрование воды должна составлять 0,1-0,2 мл), то титрование можно прекратить. В противном случае оттитруйте пробу еще раз до получения сходимых результатов.

Найдите средний объем раствора комплексона (III), израсходованный на титрование и рассчитайте общую жесткость воды по формуле:

$$Ж_0 = \frac{C_{\text{н. комплексона}} * V_{\text{ср. комплексона}} * 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Результат опыта запишите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Объем исследуемой воды, мл.	Молярная концентрация эквивалентов комплексона (III), моль-экв/л	Объем раствора комплексона (III), мл.	Средний объем раствора комплексона (III), мл	Общая жесткость воды, ммоль-экв/л
1				V <sub>ср</sub>	
2					

По полученным данным определите к какому типу воды по жесткости относится исследуемый Вами образец.

**ОПЫТ 2. Определение карбонатной и некарбонатной жесткости воды.**

Отберите мерной пипеткой 100 мл воды и переносите ее в колбу для титрования. Добавьте к исследуемой воде 2 капли индикатора метилового оранжевого.

Приготовленную пробу оттитруйте, при постоянном перемешивании, 0,1н. раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски индикатора в оранжевую.

Повторите титрование еще раз. Если результаты двух титрований совпадут (разница объемов HCl пошедшая на титрование воды должна составлять 0,1-0,2 мл), то титрование можно прекратить. В противном случае оттитруйте пробу еще раз. Найдите средний объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование, и рассчитайте карбонатную жесткость воды по формуле:

$$Ж_k = \frac{C_{HCl} \cdot V_{ср\ HCl} \cdot 1000}{V_{H_2O}}$$

Некарбонатную жесткость воды, находят по разности:

$$Ж_{нк} = Ж_0 - Ж_k$$

Результаты опыта запишите в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	Объем исследуемой воды, мл	Объем раствора соляной кислоты, мл.	Средний объем раствора соляной кислоты, мл.	Молярная концентрация эквивалентов раствора, моль-экв/л	Жесткость воды.	
					Карбонатная, ммоль-экв/л	Некарбонатная, ммоль-экв/л
1						
2						

### ***ОПЫТ 3. Умягчение воды различными методами.***

Группа делится на 4 бригады. Каждая бригада выполняет свой метод умягчения воды:

#### **1. Термический метод умягчения воды.**

300-400 мл воды кипятить в течение 10 мину. Полученную воду отфильтровать. Из фильтрата отобрать мерной пипеткой 100мл воды и провести определение общей жесткости воды (методика опыта 1). Результаты опыта записать в таблицу 3.

#### **2. Содовый метод умягчения воды**

Объем добавляемого умягчителя рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{Ж_0 + 1}{10 \cdot 0,03},$$

где

Жо (моль-экв/л) - общая жесткость, определенная в опыте 1  
 0,03- концентрация, добавляемого умягчителя  
 10 – коэффициент пересчета мл в л;  
 1 – избыток умягчителя

К 100 мл исследуемой воды добавить рассчитанное количество соды. Нагреть до температуры 40-50 °С. Раствор охладить и отфильтровать. В фильтрате определить общую жесткость воды (методика опыта 1).

Результаты опыта записать в таблицу 3.

### 3. Фосфатный метод умягчения воды

Объем добавляемого умягчителя рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{Ж_0 + 1}{10 * 0,03},$$

где

Жо (моль-экв/л) - общая жесткость, определенная в опыте 1  
 0,03- концентрация, добавляемого умягчителя  
 10 – коэффициент пересчета мл в л;  
 1 – избыток умягчителя

К 100 мл исследуемой воды добавить рассчитанное количество фосфата натрия. Полученный раствор отфильтровать. В фильтрате определить общую жесткость воды (методика опыта 1).

Результаты опыта записать в таблицу 3.

### 4. Ионообменный метод умягчения воды

Через колонку, заполненную катионитом, пропустите 300-400 мл жесткой воды. Умягченную воду соберите в стакан. Отберите 100 мл умягченной воды и определите общую жесткость умягченной воды (методика опыта 1). Результаты опыта запишите в таблицу 3.

Таблица 3.

№ опыта	Объем исследуемой воды, мл.	Молярная концентрация эквивалентов комплексона (III), моль-экв/л	Объем раствора комплексона (III), мл.	Средний объем раствора комплексона (III), мл	Общая жесткость воды после умягчения, ммоль-экв/л
1	100	0,01	V <sub>1</sub>	V <sub>ср</sub>	
2	100	0,01	V <sub>2</sub>		

Процент умягчения для каждого метода определяем по фор-

муле:

$$\% \text{ умягчения} = \frac{J_{\text{исх}} - J_{\text{после умягчения}}}{J_{\text{исх}}} * 100\%$$

Результаты записать в таблицу 4.

Таблица 4

№п/п	Метод умягчения воды	% снижения жесткости
1	Термический	
2	Содовый	
3	Фосфатный	
4	Ионообменный	

По данным таблицы 4 определяется наиболее эффективный метод умягчения воды.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Н.С. Ахметов Общая и неорганическая химия, 4-е изд. испр. -М.: Высш. шк., 2001-730с.
2. Васильева З.Г., Грановская А.А., Таперова А.А. Лабораторные работы по общей и неорганической химии. Л.: Химия, 1986.



