

Лабораторная работа

1 + 0,8 + 1,5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Цель работы: Экспериментальное определение жесткости водопроводной воды, обусловленной наличием в воде ионов магния и кальция

Основные понятия: жесткость воды, типы жесткости, единица жесткости, методы определения и устранения жесткости

Выражают в градусах жесткости (°Ж) соотв. содержанию 1 м³ воды 20,04 г Ca²⁺ или 12,15 г Mg²⁺

Жесткость воды (укажите, какие соли определяют жесткость природной воды):

< 1,5°Ж - о.м.в

1,5... 4,0°Ж - м.в * - карбонатная (временная, или устранимая): Концентрация ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ ≡ содержанию иона HCO₃⁻ опред. Жкарб.

4... 8°Ж - в.с.м.

8... 12°Ж - т.в ** - некарбонатная (постоянная, или неустраиваемая): Концентрация ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ в воде ≡ содерж. урчнх анионов (SO₄²⁻, Cl⁻ и т.д.) опред. Жнекарб.

> 12°Ж - о.м.в

- общая: Жобщ = Жкарб + Жнекарб.

Единица жесткости: принимается за 1 ммоль экв-ов ионов кальция Ca²⁺ и магния Mg²⁺, соедит в 1 м³ воды или 1 миллимоль экв-ов в 1 л. воды

Метод определения жесткости (укажите, в чем заключается): * : $(OH^- + H^+ \rightleftharpoons H_2O)$ кислотно-основным титрованием

$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

** : комплексометрическим титрованием. Суть данного метода в том, что определяем концентрацию содержания в воде солей.

Методы устранения жесткости (опишите основные методы устранения жесткости воды):

- а) Нагреванием до температур 70... 80 °C, при этом катионы Ca²⁺ и Mg²⁺ в виде карбонатов выпадают в осадок:
- $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2$
- $Mg(HCO_3)_2 \rightarrow MgCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2$
- б) известкованием - добавлением негашеной CaO или гашеной Ca(OH)₂ известки:
- $Ca(HCO_3)_2 + CaO \rightarrow 2CaCO_3 \downarrow + H_2O$
- $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$
- в) Постоянную жесткость устраняют:
- $CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$
- $3CaSO_4 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \downarrow + 3Na_2SO_4$

г) Катионный и анионный обмен:

$2RH + Ca^{2+} \rightarrow R_2Ca + 2H^+$

$ROH + Cl^- \rightarrow RCl + OH^-$

Молярная масса экв - масса вез-ва, равная ценная в хим. реакции одному атому водорода или одному молу электронов, она в 7 раз меньше молярной массы вез-ва.

Закон эквивалентов для растворов, используемый для количественного определения жесткости воды: *вещ-ва реагирует и образуется в экв. количествах*

$$\frac{C_{\text{экв}1}}{C_{\text{экв}2}} = \frac{V_2}{V_1} \text{ или } C_{\text{экв}1}V_1 = C_{\text{экв}2}V_2$$

Практическая часть

Опыт 1. Определение временной жесткости воды

Метод определения: кислотно-основное титрование

Проба: водопроводная вода

Титрант: HCl

Индикатор: *метилоранж*.

- исходная окраска раствора: *желтая*

- окраска оттитрованного раствора: *цвет чайной розы (оранжевый)*

Суммарное уравнение реакции: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$
 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Таблица 1. Экспериментальные данные

№ опыта	V _{H₂O} , мл	N _{HCl} , моль/л	h _н , мл	h _к , мл	V _{HCl} , мл	V _{HCl} , средн., мл	Ж _{карб} , ммоль/л, °Ж
1	100	0,05	11,5	16,4	4,9	4,9	2,45
2	100	0,05	—	—	—		

Расчеты: $N_{\text{экв}} = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000 \Rightarrow N_{\text{экв}} = \frac{0,05 \cdot 4,9}{100} \cdot 1000 = 2,45$ *ммоль-экв/л*

ммоль-экв/л

Опыт 2. Определение общей жесткости воды

Метод определения: комплексометрическое титрование

Проба: водопроводная вода

Титрант: раствор трилона Б

Индикатор: эриохром черный

- исходная окраска раствора: *вишневый*

- окраска оттитрованного раствора: *синий*

Таблица 2. Экспериментальные данные

№ опыта	V _{H₂O} , мл	N _{трилон} , моль/л	h _н , мл	h _к , мл	V _{трилон} , мл	V _{трилон, ср} , мл	Ж _{общ} , ммоль/л, °Ж	Ж _{некарб} , ммоль/л, °Ж
1	100	0,05	7,8	7,8	6	6	3	0,55
2	100	—	—	—	—			

Расчеты:
$$N_{общ} = \frac{N_T \cdot V_T \cdot 1000}{V_{H_2O}} \Rightarrow N_{общ} = \frac{0,05 \cdot 6 \cdot 1000}{100} = 3 \frac{\text{ммоль} \cdot \text{ЭКВ}}{\text{л}}$$

$$N_{некарб} = N_{общ} - N_{карб} = 3 - 2,45 = 0,55 \frac{\text{ммоль} \cdot \text{ЭКВ}}{\text{л}}$$

Выводы: (приведите экспериментально определенные значения жесткости разных типов, укажите класс жесткости воды: мягкая, средней жесткости, жесткая)

18:58 9.03.2021. МГТУ им. Н.Э. Баумана: $N_{общ} = 3 \Rightarrow$ мягкая вода
 $N_{карб} = 2,45 \frac{\text{ммоль} \cdot \text{ЭКВ}}{\text{л}}$
 $N_{некарб} = 0,55 \frac{\text{ммоль} \cdot \text{ЭКВ}}{\text{л}}$

Задача: Вариант №6

1. Определить массу (г) заменной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, необходимо для устранения карбонатной жесткости 3 л воды, если жесткость воды равна 2,86 ммоль/л

Дано:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ л}$$

$$M = 2,86 \text{ ммоль экв/л}$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = ? (\text{г})$$

Решение

$$M = \frac{m(\text{Ca}(\text{OH})_2)}{M_{\text{экв}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) \cdot V(\text{H}_2\text{O})} \Rightarrow m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = M \cdot M_{\text{экв}} \cdot V(\text{H}_2\text{O})$$

$$\Rightarrow M = 0,00286 \text{ моль экв/л} \Rightarrow m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,00286 \cdot 37 \cdot 3$$

$$\Rightarrow \underline{0,322}$$

Ответ: $m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,322$

2. Написать ур-ия реакций, которые будут происходить при добавлении:

- Соды для устранения общей жесткости воды;
- едкого натра для устранения временной жесткости;

+ 1,5