

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

водопроводной вод.ст

Цель работы: - экспериментально определить жесткость ~~вод.ст~~ обусловленный наличием в воде ионов магния и кальция.

Основные понятия: жесткость воды, типы жесткости, единица жесткости, методы определения и устранения жесткости. жесткость воды выражают в градусах жесткости (°Ж).

* Ж. воды содержится в 1 м³ вод. 20,04 г Са²⁺ или 12,15 г Mg²⁺. 1°Ж = 1 моль/м³ = 1 ммоль/л.
 вода мягкая < 1,5°Ж; жесткая в. 1,5...4,0°Ж; в. сред. жест. 4...8°Ж; жестк. в. 8...12°Ж; очень жестк. вод. более 12°Ж.
 Жесткость воды (укажите, какие соли определяют жесткость природной воды):

(1) - карбонатная (временная, или устранимая): концентрация ионов Са²⁺ и Mg²⁺ в воде, эквивалента иону HCO₃⁻ (Жкарб)

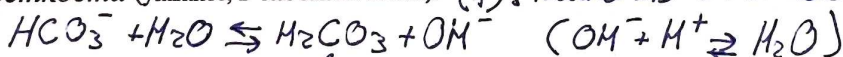
- некарбонатная (постоянная, или неустраиваемая): концентрация ионов Са²⁺ и Mg²⁺ в воде, эквивалента содержанию других анионов (SO₄²⁻, Cl⁻ и т.д.) (Жнекарб)

- общая: определяется суммой временной и постоянной жесткости

$$Ж_{общ} = Ж_{карб} + Ж_{некарб}$$

Единица жесткости: принимают 1 моль эквивалентов ионов кальция Са²⁺ и магния Mg²⁺ содержащихся в 1 м³ вод. или в 1 ммоль эквивалентов в 1 л вод.

Метод определения жесткости (укажите, в чем заключается): (1): кислотно-основным титрованием.

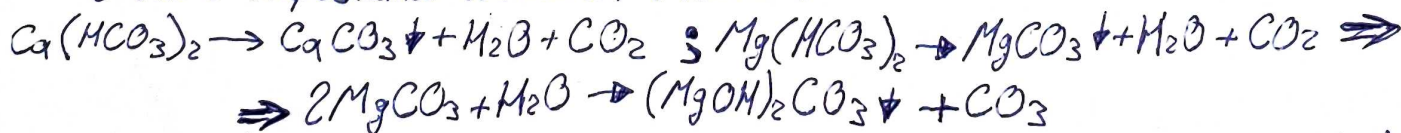


(2) с комплекснометрическим титрованием:

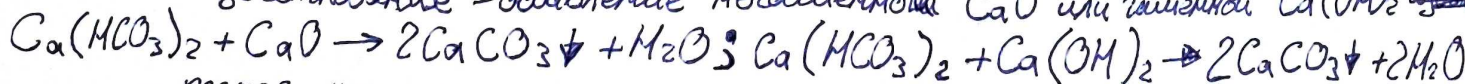
суть метода заключается в определении концентрации содержания в воде солей.

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

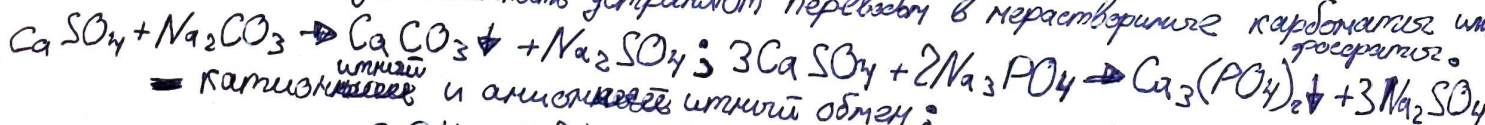
- нагреванием до температур 70...80 °C, при этом катионы Са²⁺ и Mg²⁺ в виде карбонатов выпадают в осадок:



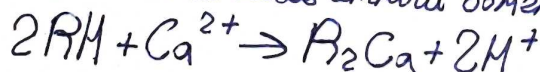
- известкование - добавление негашеной СаО или гашеной Са(ОН)₂



- постоянную жесткость устраняют переводом в нерастворимые карбонаты или фосфаты.



- катионный и анионный обмен:



$M_{\text{Э}}$

Молярная масса эквивалента условная единица измерения массы
ионизированной или гидроксида в ~~FBR~~ или в OBR молярно электр.
роме.

$$\boxed{K = H = \frac{m \cdot 1000}{M_{\text{Э}} \cdot V}}$$

$$M_{\text{Э}} = \frac{A}{Z_{(\text{Э})}} \quad \text{мет.}$$

$$M_{\text{Э}H^+} = \frac{M}{Z_{(\text{основн})}} \quad \text{кисл.}$$

$$M_{\text{ЭOH}^-} = \frac{M}{Z_{(\text{катион гидроксида в соединении})}} \quad \text{щелочь}$$

$$M_{\text{Эоксида}} = \frac{M_{\text{оксида}}}{n \cdot Z} \quad \text{оксида}$$

$$M_{\text{Эсоли}} = \frac{M_{\text{соли}}}{n \cdot Z} \quad \text{соли}$$

$$1) H = \frac{m_{\text{соли}}}{M_{\text{Эсоли}} \cdot V_{H_2O}}$$

$$2) m = M \cdot M_{\text{Э}} \cdot V_{H_2}$$

~~Na₂CO₃~~

Закон эквивалентов для растворов, используемый для количественного определения жесткости воды: отношение молярных концентраций эквивалентов реагирующих растворов обратно пропорционально объемам растворов?

$$\frac{C_{\text{эв}1}}{C_{\text{эв}2}} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{или} \quad C_{\text{эв}1} V_1 = C_{\text{эв}2} V_2.$$

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: ~~оранжево-красная~~ ^{синяя}

Суммарное уравнение реакции: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ (41)

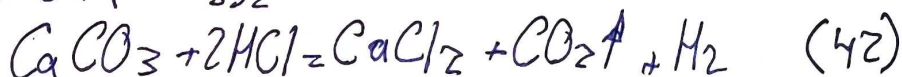


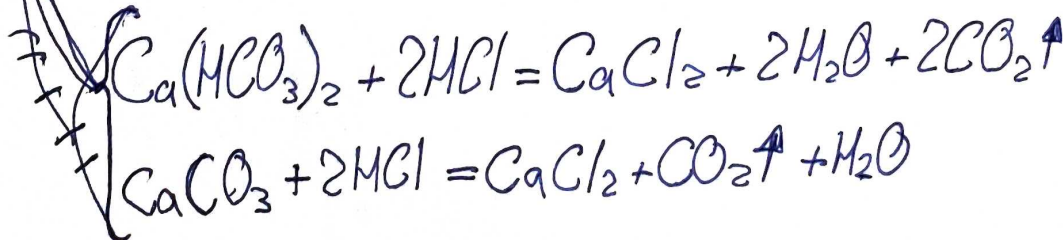
Таблица 1. Экспериментальные данные

№ 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	0,2	4,1	3,9	3,9	1,95
2	—	—	—	—	—		

Расчеты:

$$V_{\text{HCl}} = h_{\text{к}} - h_{\text{н}} = 4,1 - 0,2 = 3,9 \text{ мл}$$

$$M_{\text{вп}} = \frac{N_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000 \Rightarrow M_{\text{вп}} = \frac{0,05 \cdot 3,9}{100} \cdot 1000 = 1,95 \text{ ммоль/л}$$



Опыт 2. Определение общей жесткости воды

Метод определения: комплексометрическое титрование

Проба: водопроводная вода

Титрант: раствор трилона Б

Индикатор: эриохром черный

• - исходная окраска раствора: *орисметовый*

• - окраска оттитрованного раствора: *голубая*

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	0	6,2	6,2	6,2	3,1	1,05
2	—	—	—	—	—			

Расчеты:

$$J_{\text{пост}} = J_{\text{общ}} - J_{\text{вр}} \Rightarrow J_{\text{пост}} = 3,1 - 1,05 = 1,05 \text{ ммоль/л}$$

$$J_{\text{общ}} = \frac{N \cdot V \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{0,05 \cdot 6,2 \cdot 1000}{100} = 3,1 \text{ ммоль/л}$$

По шкале жесткости: \Rightarrow *Московская вода мягкая*

Не менее 15 <i>очень жестко</i>	$1,5 \div 4$ <i>мягкая</i>	$4 \div 8$ <i>средне жестко</i>	$8 \div 12$ <i>очень жестко</i>
------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

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

• 18:51.09.03.21 г. Москва МГТУ им. Н.Э.Баумана

• $J_{\text{пост}} = 1,05^\circ \text{Ж}$

• $J_{\text{вр}} = 1,95^\circ \text{Ж}$

• $J_{\text{общ}} = 3,1^\circ \text{Ж}$

• *Московская вода мягкая*

Вариант № 13

Дано:

$$X = 4,43 \text{ ммоль/л}$$

$$V_{H_2O} = 2,5 \text{ л}$$

$$m_{Ca(OH)_2} = ?$$

Решение:

$$X = \frac{m_{Ca(OH)_2}}{M_{Ca(OH)_2} \cdot V_{H_2O}} \Rightarrow m_{Ca(OH)_2} = X \cdot M_{Ca(OH)_2} \cdot V_{H_2O}$$

где $M_{Ca(OH)_2} = \frac{M}{z}$, где M - молярная масса $Ca(OH)_2$,
 z - кислотность $Ca(OH)_2 \Rightarrow M_{Ca(OH)_2} = \frac{40 + (16+1) \cdot 2}{2} = 37 \text{ г/моль} = 37 \cdot 10^{-3} \text{ г/ммоль}$

$$m_{Ca(OH)_2} = 4,43 \cdot 37 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \approx 0,41 \text{ грам.}$$

По шкале жесткости: \Rightarrow вода из задачи средней жесткости

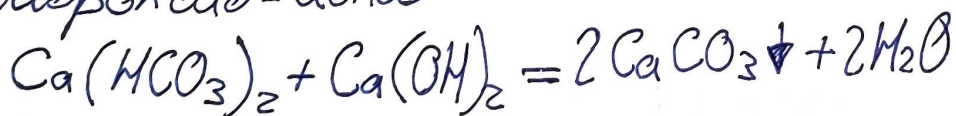
не более 1,5	1,5 ÷ 4	4 ÷ 8	8 ÷ 12
очень мягкая	мягкая	средняя жесткость	очень жесткая

Ответ: $m_{Ca(OH)_2} = 0,41 \text{ гр.}$; вода средней жесткости.

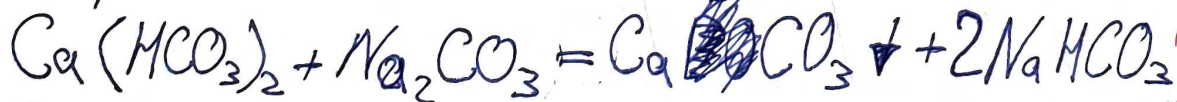
№ 2

Умягчить воду можно с помощью:

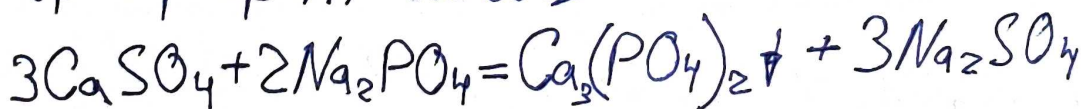
— Гидроксид-ионов



— Карбонат-ионов



— Ортофосфат-ионов



2,5