

# Жесткость воды

- Цели занятия:
- Развить умения: выделять существенные признаки и свойства объектов
- Классифицировать факты, делать выводы
- Формировать практические навыки работы с веществами и химическим оборудованием
- Развивать познавательные интересы, коммуникативные качества, уверенность в своих силах, настойчивость, умение действовать самостоятельно
- Воспитывать культуру умственного труда

- «Ни одна наука не нуждается в эксперименте в такой степени, как химия. Её основные законы, теории и выводы опираются на факты. Поэтому постоянный контроль опытом необходим».

**М. Фарадей**

- «Свои способности, человек может узнать только попытавшись приложить их.»

Сенека Младший

## Историческая справка.

- Аристотель считал воду одним из «элементов» мироздания.
- Российский геохимик, академик Александр Евгеньевич Ферсман назвал воду самым важным «минералом» на Земле.
- Гимном этому веществу стали слова писателя Антуана Сент-Экзюпери:  
«Вода – у тебя нет цвета, ни вкуса, ни запаха, тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое. Нельзя сказать, что ты необходима для жизни. Ты сама – жизнь».
- На Земле имеется громадное количество воды, человек непосредственно может использовать не более 0,05% общего количества воды.
- Воды морей и океанов содержат в среднем 3,5% растворённых веществ.
- Это соли – хлориды и сульфаты магния, которые находятся в морской воде в виде ионов.
- Морская вода содержит 35г соли на 1 литр. Морская вода содержит растворённые газы и органические соединения.
- Речные воды содержат ионы, нейтральные молекулы, взвешенные частицы, солей в них гораздо меньше.

## Состав природных вод (% по массе).

| Морская вода     |      |                    |      | Речная вода      |        |                    |        |
|------------------|------|--------------------|------|------------------|--------|--------------------|--------|
| Катионы          |      | Анионы             |      | Катионы          |        | Анионы             |        |
| $\text{Na}^+$    | 1,08 | $\text{Cl}^-$      | 1,94 | $\text{Ca}^{2+}$ | 0,0013 | $\text{HCO}_3^-$   | 0,0059 |
| $\text{Mg}^{2+}$ | 0,13 | $\text{SO}_4^{2-}$ | 0,27 | $\text{Na}^+$    | 0,0005 | $\text{SO}_4^{2-}$ | 0,0012 |
| $\text{Ca}^{2+}$ | 0,04 | $\text{SO}_4^{2-}$ | 0,27 | $\text{Mg}^{2+}$ | 0,0003 | $\text{Cl}^-$      | 0,0006 |
| $\text{K}^+$     | 0,04 | $\text{HCO}_3^-$   | 0,01 | $\text{K}^+$     | 0,0002 | $\text{S}^{2-}$    | 0,0004 |

# Пресная природная вода



**ЖЁСТКАЯ**

**МЯГКАЯ**

## Жёсткая вода непригодна:

- Для питания паровых котлов
- Для применения в химической технологии
- В производстве керамике, бетонных смесей, затворение глин
- Приводит к нарушению работ теплосетей

## В жёсткой воде:

- Мыло не образует пену
- Плохо развариваются овощи
- Не заваривается чай

# Жёсткость воды определяется содержанием в ней растворенных солей:

- Гидрокарбонатов
- Сульфатов
- Хлоридов кальция, магния, железа (II)





# Методы определения жёсткости воды

- Карбонатная жёсткость (временная) [Жв.] – метод кислотно-основного титрования
- Общая жёсткость [Жо.] – метод комплексонометрии
- Некарбонатная (постоянная) [Жп.] – определяют по разности между  $J_{\text{общая}} - J_{\text{временная}}$
- Жв. (постоянная) =  $J_{\text{общая}} - J_{\text{временная}}$

# Инструкция по проведению следственного эксперимента

Ваши опыты были успешны и  
не причинили вред вашему здоровью –

ПОМНИТЕ:

Совет 1:

Работай строго по инструктивной карточке!

Совет 2:

Не пробуй вещества на вкус!

Совет 3:

Используй точно указанное в инструкции количество  
вещества!

Совет 4:

Работай аккуратно с растворами кислот (щелочей)!

Совет 5:

Окончив работу – наведи порядок на рабочем столе!

Совет 6:

Тщательно вымой руки!  
Проветрите помещение!

# Следственный эксперимент

## Экспертные группы

### Химический анализ

I гр. Водопроводная вода

II гр. Родниковая вода

III гр. Снеговая (талая) вода

IV гр. Прудовая вода (водоём «Копань», район ОАО «Биосинтез»)

V гр. Морская вода

VI гр. Вода и моющие средства

VII гр. Общая жёсткость воды

# Инструкция по проведению следственного эксперимента

- №1 Определение жесткости водопроводной воды
- №2 Определение жесткости родниковой воды
- №3 Определение жесткости снеговой (талой) воды
- №4 Определение жесткости воды водоёма (Копань район ОАО «Биосинтез»)
- №5 Определение жесткости морской (искусственной) воды
- №6 Вода и МС (мыло, стиральный порошок)
- №7 Общая жёсткость воды (водопроводная, морская)

# Инструкция по созданию морской воды и определению жёсткости морской воды

## Состав морской воды

|                         | <b>К.</b>   | <b>А.</b>   | <b>% по массе</b> |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| <b>NaCl</b>             | <b>1,08</b> | <b>1,94</b> | <b>3,02</b>       |
| <b>MgSO<sub>4</sub></b> | <b>0,13</b> | <b>0,27</b> | <b>0,4</b>        |
| <b>CaSO<sub>4</sub></b> | <b>0,04</b> | <b>0,27</b> | <b>0,31</b>       |
| <b>KHCO<sub>3</sub></b> | <b>0,04</b> | <b>0,01</b> | <b>0,05</b>       |

# Определение жёсткости морской воды

1. Рассчитать весовые части солей морской воды

3,02: 0,4: 0,31: 0,05

60,4: 8 : 6,2 : 1

весовые части:  $\text{MgSO}_4$  – 8г

$\text{CaSO}_4$  – 6г

$\text{NaCl}$  – 60г

$\text{KHCO}_3$  – 1г

2. Отмерить (взвесить) на весах соли:

$\text{NaCl}$

$\text{MgSO}_4$

$\text{CaSO}_4$

$\text{KHCO}_3$

3. Отмерить воду дист. объёмом  $100 \text{ см}^3$

4. Растворить соли в воде дист., тщательно перемешать

5. Добавить в морскую воду 3 капли индикатора метилоранж

6. Оттитровать стандартным раствором соляной кислоты ( $C=0,1$  моль/л) до изменения окраски индикатора

7. Определить объём израсходованной кислоты. Анализ проводим 3 раза!

8. Оформить отчёт в таблицу «Определение жёсткости воды»

# Определение жёсткости воды

| Величина  | Значение | Примечание |
|---|----------|------------|
| 1. Номер пробы воды   |          |            |
| 2. Объём мерной колбы, см <sup>3</sup>  |          |            |
| 3. Объём раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование, см <sup>3</sup> |          |            |
| №1 –  |          |            |
| №2 –  |          |            |
| №3 –  |          |            |
| 4. Средний объём раствора HCl, см <sup>3</sup>                                    |          |            |
| 5. Карбонатная жёсткость воды, ммоль/л  |          |            |
| 6. Расчёт результатов   |          |            |
| 7. Анализ, выводы   |          |            |

**Примечание:**

Количество (ммоль) израсходованное на титрование соляной кислоты равно количеству (ммоль) солей, обуславливающих карбонатную жёсткость, содержащихся в титруемом объёме воды.

За единицу карбонатной жёсткости воды принят один ммоль солей содержащихся в 1л воды.

# Вычисления:

Карбонатная жёсткость:

$$\text{Жк.} = \frac{C(\text{HCl}) * V(\text{HCl}) * 1000}{V(\text{H}_2\text{O})}$$

$V(\text{H}_2\text{O})$  – объём воды, взятый на титрование

1000 – 1л воды, в котором по ГОСТУ определяют жёсткость воды.

## Жёсткость воды

|                |           |
|----------------|-----------|
| Мягкая         | $\leq 4$  |
| Средне жёсткая | 4–8       |
| Жёсткая        | 8–12      |
| Очень жёсткая  | $\geq 12$ |



# Инструкция по проведению химического анализа

## Влияние жёсткости воды на МС

- Цель: выяснить действия различной воды на моющие средства
- А) мыло
- Б) стиральный порошок
  - проанализировать информацию о жёсткости воды



# Информация к размышлению:

- Жёсткость воды влияет на пенообразование МС (мыла, стирального порошка).
- Оценить это качество воды можно по количеству пены, появляющиеся при встряхивании образцов воды с добавкой раствора моющего средства (мыла, стирального порошка).



# Ход работы

## Оборудование:

Штатив с одинаковыми пробирками, стеклянные палочки, ложки, линейка, резинки аптечные, часы песочные 1 мин.

## Реактивы:

мыло, стиральный порошок

вода: водопроводная

родниковая

снеговая

прудовая

морская

# Порядок действий

Пронумерованные пробирки заполните на  $1/5$  их объёма исследуемой водой.

Добавьте в каждую пробирку:

а) кусочек мыла размером с горошину

б) 1 ложечку стирального порошка

Тщательно перемешайте стеклянными палочками и закройте пробками.

Соединив пробирки вместе аптечной резинкой, одновременно встряхивайте в течение 1 минуты.

Измерьте линейкой высоту пены в каждой пробирке и оформите отчёт в таблицу.

# Жесткость воды и моющие средства

| Объект изучения                 | Высота пены, см |                    |
|---------------------------------|-----------------|--------------------|
|                                 | Мыло            | Стиральный порошок |
| Вода                            |                 |                    |
| 1. Водопроводная                |                 |                    |
| 2. Родниковая                   |                 |                    |
| 3. Снеговая (талая)             |                 |                    |
| 4. Прудовая (Копань)            |                 |                    |
| 5. Морская                      |                 |                    |
| 6. Общая жёсткость              |                 |                    |
| 7. Влияние жёсткости воды на МС |                 |                    |

- **Примечание:** чтобы мыло было удобно резать на равные части, его следует размягчить:
- кусочек мыла следует обернуть мокрой салфеткой, поместить на сутки в полиэтиленовый пакет.
- Нарезать кусочки одинакового размера.

**Анализ результатов жёсткости воды по количеству пены.**

# Химическая экспертиза (в хим. лабораториях)

Установлено:

- Iгр. Водопроводная вода  $J_{\text{воды}} =$
- IIгр. Родниковая вода  $J_{\text{воды}} =$
- IIIгр. Снеговая (талая) вода  $J_{\text{воды}} =$
- IVгр. Прудовая вода  $J_{\text{воды}} =$
- Vгр. Морская вода  $J_{\text{воды}} =$

## Общая жёсткость воды

- Определяется Жо. воды – методом комплексонометрии - титриметрический метод, основан на реакциях взаимодействия определяемых ионов с некоторыми органическими реагентами. Ионы металлов практически мгновенно взаимодействуют с комплексонами с образованием растворимых малодиссоциированных соединений постоянного состава.
- Комплексон (III) (трилон Б) со многими катионами образует прочные растворимые в воде внутрикомплексные соли:
- Трилон Б определяют ионы:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Br}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ .
- Грамм – эквивалент металла, независимо от степени окисления связывает один грамм – эквивалент комплексона.



## Порядок действий

- Исследуемую воду объём 10 мл поместить в колбу.
- Анализируемую воду подщелочить до pH=10, прибавляя аммонийную буферную смесь.
- Добавить индикатор хромоген чёрный.
- Титровать трилоном Б (титр установлен ранее).
- Появление синей окраски раствора указывает на окончание реакции.
- Определить Жо. Воды по формуле.
- $$Ж = C_n (\text{Na} [\text{H}_2\text{Tr}]) \cdot V (\text{Na}_2 [\text{H}_2\text{Tr}]) \cdot 1000 / V (\text{H}_2\text{O})$$
- Где  $C_n (\text{Na} [\text{H}_2\text{Tr}])$  – нормальность трилона Б  
 $V (\text{H}_2\text{O})$  – объём анализируемой воды  
 $V (\text{Na}_2 [\text{H}_2\text{Tr}])$  – объём трилона Б, пошедший на титрование  
 $C$  (трилон Б) = 0,1 моль/л

# Общая жёсткость воды

- (Метод комплексонометрии) – титриметрический метод, основан на реакциях взаимодействия определяемых ионов с некоторыми органическими реагентами.
- Ионы металлов практически мгновенно взаимодействуют с комплексоном с образованием растворимых мало диссоциированных соединений постоянного состава.
- Комплексон III (трилон Б) со многими катионами образует прочные растворимые в воде внутрикомплексные соли. Трилон Б – определяют ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .
- Грамм – эквивалент металла, независимо от степени окисления, связывает один грамм – эквивалент комплексона.
- Общая жёсткость воды показывает содержание мили/моль гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов кальция и магния в 1 л воды.

# Ход работы

- **Цель:** определить Жо. воды водопроводной
- **Оборудование:** бюретка, колба, химический стакан
- **Реактивы:** вода водопроводная, аммонийная буферная смесь (100мл 20% раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 100мл 20% раствора  $\text{NH}_3$ ), индикатор хромоген чёрный, трилон Б (0,1н)
- Отмерить объём исследуемой воды (водопроводной)  $100\text{см}^3$  или 100мл
- Добавить  $5\text{см}^3$  аммонийной буферной смеси
- 5-7 капель спиртового индикатора хромогена чёрного
- Титровать трилоном Б (комплексон III) (по каплям встряхивать)
- Появление синей окраски раствора указывает на окончание реакции.

# Отчёт

| Название  | Значение | Примечание |
|---|----------|------------|
| 1. Объём исследуемой воды, см <sup>3</sup>  |          |            |
| 2. Объём трилона Б, израсходованный на титрование, см <sup>3</sup><br>Титрование №1<br>№2<br>№3 |          |            |
| 3. Средний объём трилона Б, см <sup>3</sup>   |          |            |
| 4. Общая жёсткость воды   |          |            |
| 5. Расчёты  |          |            |

- $Жо = C_n (Na [H_2Tr]) * V (Na_2[H_2Tr]) * 1000 / V(H_2O)$
- Где  $C_n (Na [H_2Tr])$  – нормальность трилона Б
- $V (H_2O)$  – объём анализируемой воды
- $V (Na_2[H_2Tr])$  – объём трилона Б, пошедший на титрование

- или  $Жо = \frac{C(1/2 Na_2H_2Tr) * V(Na_2H_2Tr) * 1000}{100}$

- $Жо$  – [ммоль/л]

- Расход трилона больше  $5\text{см}^3$  на  $100\text{см}^3$

1. Суммарное содержание кальция, магния с  $(1/2 Ca^{2+}, Mg^{2+})$  больше  $0,5$  ммоль/л. титрование повторить, взяв меньший объём воды.
2. Нечёткое уменьшение окраски раствора в точке эквивалентности указывает на присутствие в воде катионов  $Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}$ .

- «Опыт - единственная верный путь спрашивать природу и слышать ответ в её лаборатории»

Д. И. Менделеев