

# Лабораторная работа

## «Анализ соли неизвестного состава»

### Теоретическая часть

*Химический анализ* – это установление качественного и количественного состава изучаемой химической системы. Качественный анализ отвечает на вопрос: «Какие вещества присутствуют в анализируемой химической системе?». Количественный анализ устанавливает, сколько каждого из веществ имеется в системе.

**Цель работы** – выполнение качественного анализа простейшей системы, содержащей только одно неизвестное вещество.

Такой анализ называется идентификацией вещества. Для обнаружения вещества применяются реакции, сопровождающиеся легко наблюдаемыми явлениями, такими как выпадение осадка, окрашивание раствора, выделения газа и др. В качественном анализе различают групповые, характерные и специфические реакции. Групповые реакции – это реакции нескольких ионов с определенным реагентом, который называется групповым реактивом, они сопровождаются одинаковым эффектом, например, выпадением осадка. Характерные – реакции, свойственные только данному веществу или иону. Специфические – реакции, которые дают возможность в определенных условиях обнаружить одни ионы в присутствии других по специфическому изменению цвета, образованию осадка и т.п.

### Экспериментальная часть

Анализ соли неизвестного состава проводят в два этапа. Сначала определяют группы, в которых находятся катион и анион данной соли. (таблица 1 и 2). На втором этапе работы проводят качественные реакции, характерные для катиона и аниона определенной группы.

### Ход работы

1. Получите у преподавателя вещество для анализа.
2. Часть полученного вещества растворите в воде, если необходимо, то подогрейте раствор.
3. Определите группу катионов и анионов, проводя химические реакции согласно таблицам 1 и 2.
4. Проверьте, правильно ли вы определили номер группы катиона и аниона.
5. Определите катион и анион, внутри соответствующих групп (таблицы 3-11).
6. Сделайте окончательный вывод о составе соли, выданной для анализа, запишите химическую формулу и соответствующие качественные реакции.

**Таблица 1** – Классификация катионов по кислотно-основному методу

| группа | катионы   | Групповой реагент  | Образующиеся продукты реакции                              | Признаки реакции   |
|--------|---|--|--|--|
| I      | $\text{Ag}^+$ , $\text{Pb}^{2+}$ ,<br>$\text{Hg}_2^{2+}$  | $\text{HCl}$<br>(4-5 капель)   | $\text{AgCl}$ , $\text{PbCl}_2$ , $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ | Выпадение осадка белого цвета  |
| II     | $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ ,<br>$\text{Ba}^{2+}$   | $\text{H}_2\text{SO}_4$<br>(4-5 капель)                              | $\text{MeSO}_4$  | Выпадение осадка белого цвета  |
| III    | $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Al}^{3+}$ ,<br>$\text{Cr}^{3+}$ , $\text{Sn}^{2+}$ ,<br>$\text{Sn}^{4+}$                    | $\text{NaOH}$<br>(3 капли)   | $\text{Me}(\text{OH})_n$                                   | Выпадение осадка, который растворяется в избытке $\text{NaOH}$ (25 капель)   |
| IV     | $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ ,<br>$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ ,<br>$\text{Bi}^{3+}$ , $\text{Sb}^{3+}$ | $\text{NaOH}$<br>(3 капли)   | $\text{Me}(\text{OH})_n$ ,                                 | Выпадение осадка, нерастворимого в избытке щелочи, но растворимого в кислотах ( $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$ и др.)  |
| V      | $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ ,<br>$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ ,<br>$\text{Hg}^{2+}$ ,                  | Водный раствор $\text{NH}_3$ ( $\text{NH}_4\text{OH}$ )<br>2-4 капли | $[\text{Me}(\text{NH}_3)_m]^{2+}$                          | Выпадение осадков различного цвета, которые далее растворяются в избытке аммиака (25 капель примерно) с образованием окрашенных и бесцветных ( $\text{Cd}^{2+}$ ) растворов. |
| VI     | $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ ,<br>$\text{NH}_4^+$   | Группового реактива нет  |  | Признаки со всеми из указанных реагентов отсутствуют   |

**Таблица 2** – Классификация анионов по кислотно-основному методу

| группа | анионы  | Групповой реагент                                     | Образующиеся продукты   | Признаки реакции   |
|--------|---|---|---|--|
| I      | $\text{SO}_3^{2-}$ ,<br>$\text{SO}_4^{2-}$ ,<br>$\text{CO}_3^{2-}$ ,<br>$\text{PO}_4^{3-}$ ,<br>$\text{SiO}_3^{2-}$ | $\text{BaCl}_2$ в нейтральной или слабощелочной среде | $\text{BaSO}_3$ , $\text{BaSO}_4$ ,<br>$\text{BaCO}_3$ ,<br>$\text{BaSiO}_3$ ,<br>$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$<br>осадки белого цвета | Выпадение осадка. За исключением $\text{BaSO}_4$ все соли растворяются в кислотах ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{HCl}$ , $\text{HNO}_3$ ) |
| II     | $\text{Cl}^-$ , $\text{I}^-$ ,<br>$\text{Br}^-$ , $\text{S}^{2-}$   | $\text{AgNO}_3$                                       | $\text{AgCl}$ – белый,<br>$\text{AgBr}$ – желто-зеленый,<br>$\text{Ag}_2\text{S}$ – черный  | Выпадение белого, желто-зеленого, желтого, черного осадков.  |
| III    | $\text{NO}_2^-$ ,<br>$\text{NO}_3^-$  | дифениламин   |   | Темно-синее окрашивание раствора   |

Определив группу катионов и анионов по кислотно-основному методу, устанавливают с помощью характерных реакций структуру ионов находящихся в растворе.

В таблицах 3-11 записаны характерные реакции на катионы и анионы, с помощью которых можно определить нахождение ионов в растворе.

**Таблица 3** – Катионы первой группы

| Катион             | Характерные реакции  | Признаки реакций  |
|--------------------|--|---|
| $\text{Ag}^+$      | 1. $\text{AgCl} + 2\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$<br>2. $\text{Ag}^+ + \text{KOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{K}^+$<br>серо-коричневый<br>3. $\text{Ag}^+ + \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{AgCrO}_4 \downarrow + 2\text{K}^+$<br>кирпично-красный | 1. Избыток бесцветный раствор<br>2. Серо-коричневый осадок<br>3. Кирпично-красный осадок растворяется в $\text{NH}_4\text{OH}$ и $\text{HNO}_3$ , но не растворяется в $\text{CH}_3\text{COOH}$ |
| $\text{Pb}^{2+}$   | 1. $\text{Pb}^{2+} + \text{KI} = \text{PbI}_2 \downarrow + \text{K}^+$<br>желтый осадок  | Ярко-желтый осадок, растворяется в $\text{CH}_3\text{COOH}$ при нагревании и осаждается при охлаждении в виде золотистых кристаллов.  |
| $\text{Hg}_2^{2+}$ | $\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{KCl} \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \downarrow + 2\text{K}^+$<br>белый кристаллический  | Выпадение осадка белого цвета   |

**Таблица 4 – Катионы второй группы**

| Катион           | Характерные реакции  | Признаки реакции   |
|------------------|--|--|
| Ba <sup>2+</sup> | $Ba^{2+} + K_2CrO_4 \rightarrow BaCrO_4 \downarrow + 2K^+$ | Желтый осадок, нерастворимый в CH <sub>3</sub> COOH в отличие от хроматов кальция и стронция |
| Ca <sup>2+</sup> | $Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightarrow CaC_2O_4 \downarrow$    | Белый осадок, нерастворимый в CH <sub>3</sub> COOH   |
| Sr <sup>2+</sup> | $Sr^{2+} + CaSO_4 \rightarrow SrSO_4 \downarrow$           | Белый осадок выпадает через 10-15 минут при нагревании                                       |

**Таблица 5 – Катионы третьей группы**

| Катион           | Характерные реакции  | Признаки реакции  |
|------------------|--|---|
| Al <sup>3+</sup> | 1. Al <sup>3+</sup> + <b>ализарин</b> + NH <sub>4</sub> Cl при нагревании  | Соединение интенсивно красного цвета не растворяется в разбавленной CH <sub>3</sub> COOH  |
| Cr <sup>3+</sup> | 1. CrCl <sub>3</sub> + 3NaOH → Cr(OH) <sub>3</sub> ↓ + 3NaCl<br>2. Cr <sup>3+</sup> + 3H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 10NaOH → Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> + 14H <sub>2</sub> O  | Выпадение сине-зеленого осадка, растворяется и в кислотах и основаниях.<br>Сине-зеленый цвет раствора становится желтым.                          |
| Zn <sup>2+</sup> | 1. 3Zn <sup>2+</sup> + 4Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> = Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ↓<br>2. 3Zn <sup>2+</sup> + 2K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] → K <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>2</sub> ↓ + 6K <sup>+</sup> | Белый осадок в отличие от других фосфатов растворяется в CH <sub>3</sub> COOH и NH <sub>4</sub> OH<br>Белый осадок, растворяется в щелочной среде |
| Sn <sup>2+</sup> | $Sn^{2+} + Bi(NO_3)_3 + NaOH \rightarrow Na_2SnO_3 + Bi \downarrow + NaNO_3 + H_2O$  | Выпадение осадка черного цвета  |
| Sn <sup>4+</sup> | $Sn^{4+} + (NH_4)_2S \rightarrow SnS_2 + 2NH_4^+$  | Осадок растворяется в избытке (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S   |

**Таблица 6 – Катионы четвертой группы**

| Катион           | Характерные реакции   | Признаки реакций  |
|------------------|---|---|
| $\text{Fe}^{2+}$ | $1. \text{Fe}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{Na}^+$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$  | Зеленый осадок, быстро окисляется на воздухе до $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – коричневый |
| $\text{Fe}^{3+}$ | $1. \text{Fe}^{3+} + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaCl}$ $2. 4\text{Fe}^{3+} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \downarrow + 4\text{K}^+$ $3. \text{Fe}^{3+} + 3\text{NH}_4\text{CNS} \rightarrow \text{Fe}(\text{CNS})_3 + 3\text{NH}_4^+$  | <p>Коричневый осадок</p> <p>Темно-синий осадок</p> <p>Ярко-красное окрашивание</p>    |
| $\text{Mg}^{2+}$ | $1. \text{Mg}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{Na}^+$ $2. \text{Mg}^{2+} + \text{NH}_4\text{OH} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \rightarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{Na}^+$   | <p>Белый осадок растворяется только в кислотах</p> <p>Белый осадок</p>                |
| $\text{Bi}^{3+}$ | $1. \text{Bi}^{3+} + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Bi}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{Na}^+$ $2. \text{Bi}^{3+} + \text{NaOH} + \text{SnCl}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SnO}_3 + \text{Bi} \downarrow + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   | <p>Коричневый осадок</p> <p>Черный осадок</p>   |
| $\text{Sb}^{3+}$ | $1. \text{Sb}^{3+} + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Sb}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{Na}^+$ <p align="center">недостаток                      белый</p> $\text{Sb}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ <p align="center">избыток                      бесцветный р-р</p> $2. \text{Sb}^{3+} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sb}_2\text{S}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{Na}^+$ | <p>Белый осадок</p> <p>Оранжевый осадок</p>   |
| $\text{Mn}^{2+}$ | $\text{Mn}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{Na}^+$ $\text{Mn}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_4$   | Белый осадок быстро окисляется на воздухе и становится коричневым                     |

Таблица 7 – Катионы пятой группы

| Катион           | Характерные реакции   | Признаки реакций  |
|------------------|---|---|
| Co <sup>2+</sup> | 1. $\text{Co}^{2+} + \text{NaOH} \rightarrow [\text{Co}(\text{OH})]^{+} + \text{Na}^{+}$<br>недостаток синий  | Синий раствор   |
|                  | 2. $[\text{Co}(\text{OH})]^{+} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Co}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}^{+}$<br>избыток   | Розовый осадок  |
|                  | 3. $\text{Co}^{2+} + 4\text{NH}_4\text{CNS} \rightarrow (\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4] + 2\text{NH}_4^{+}$<br>синие-голубой   | Сине-голубой раствор, если потереть стеклянной палочкой о стенки пробирки |
| Ni <sup>2+</sup> | 1. $\text{Ni}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{Na}^{+}$<br>зеленый   | Зеленый осадок  |
|                  | 2. $\text{Ni}^{2+} + \text{NH}_4\text{OH} + \text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni}[\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_2\text{O}_2] + \text{NH}_4^{+}$<br>диметилглиоксим | Ярко-красное окрашивание раствора   |
| Cu <sup>2+</sup> | 1. $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{Na}^{+}$<br>голубого цвета  | Сине-голубой осадок, который чернеет при нагревании раствора              |
|                  | 2. $\text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow \rightarrow \text{CuO}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$<br>Черный   |   |
| Cd <sup>2+</sup> | 1. $\text{Cd}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{Na}^{+}$<br>Белый   | Белый осадок  |
|                  | 2. $\text{Cd}^{2+} + \text{H}_2\text{S}_{\text{водн.}} \rightarrow \text{CdS}\downarrow + 2\text{H}^{+}$<br>лимонно-желтый  | Лимонно-желтый осадок   |

Таблица 8 – Катионы шестой группы

| Катион                       | Характерные реакции  | Признаки реакций   |
|------------------------------|--|--|
| Na <sup>+</sup>              | 1. $\text{Na}^{+} + \text{KH}_2\text{SbO}_4 \rightarrow \text{NaH}_2\text{SbO}_4\downarrow + \text{K}^{+}$                             | белый мелкокристаллический осадок (выпадает при упаривании и перемешивании раствора) |
| K <sup>+</sup>               | 1. $\text{K}^{+} + \text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \rightarrow \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow + \text{Na}^{+}$           | белый осадок, (выпадение ускоряют натиранием стеклянной палочкой о стенки пробирки)  |
|                              | 2. $\text{K}^{+} + \text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \rightarrow \text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]\downarrow + 3\text{Na}^{+}$  | желтый осадок (выпадение осадка ускоряют аналогично)                                 |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 1. Реакция идет при нагревании<br>$\text{NH}_4^{+} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^{+}$ | запах, (или по изменению влажной лакмусовой бумажки, окраска – синяя)                |
|                              | 2. $\text{NH}_4^{+} + \text{реактив Несслера} (\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH})$   | оранжевый р-р  |

**Таблица 9** – Качественные реакции на анионы первой группы

| Анион               | Характерные реакции   | Признаки реакций                               |
|---------------------|---|--|
| $\text{CO}_3^{2-}$  | 1. $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^-$<br>2. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ | Выделение углекислого газа<br><br>Белый осадок |
| $\text{SiO}_3^{2-}$ | $\text{SiO}_3^{2-} + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3\downarrow + \text{NH}_4^+$   | Бесцветный, гелеобразный, студенистый осадок   |
| $\text{SO}_4^{2-}$  | $\text{SO}_4^{2-} + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{Cl}^-$   | Белый осадок                                   |
| $\text{SO}_3^{2-}$  | $\text{SO}_3^{2-} + \text{I}_{2\text{водн.}} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HI} + \text{SO}_4^{2-}$  | Наблюдаем обесцвечивание раствора              |

**Таблица 10** – Качественные реакции на анионы второй группы

| Анион           | Характерные реакции   | Признаки реакций  |
|-----------------|---|---|
| $\text{Cl}^-$   | $\text{Cl}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NO}_3^-$<br>Белый<br><br>$\text{AgCl} + 2\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$ | Белый осадок растворяется в $\text{NH}_4\text{OH}$ с образование комплексного соединения  |
| $\text{Br}^-$   | $\text{Br}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr}\downarrow + \text{NO}_3^-$<br>светло-желтый  | Желтый творожистый осадок растворяется в растворе $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , но малорастворим в $\text{NH}_4\text{OH}$ |
| $\text{I}^-$    | $2\text{I}^- + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow + 2\text{NO}_3^-$  | Ярко-желтый осадок  |
| $\text{S}^{2-}$ | $\text{S}^{2-} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2\text{NO}_3^-$  | Черный осадок   |

**Таблица 11** – Качественные реакции на анионы третьей группы

| Анион           | Характерные реакции  | Признаки реакций   |
|-----------------|--|--|
| $\text{NO}_2^-$ | <p>1. <math>6\text{KNO}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Co}^{2+} \rightarrow \text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \downarrow + 3\text{K}^+</math></p> <p>2. <math>\text{NO}_2^- + (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH} + \text{H}^+ \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}-\text{N}=\text{O} + \text{H}_2\text{O}</math><br/>дифениламин</p> <p>3. <math>\text{NO}_2^- + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}</math></p> | <p>Желтый осадок</p> <p>Ярко-синее окрашивание</p> <p>Розовый раствор <math>\text{KMnO}_4</math> обесцвечивается</p> |
| $\text{NO}_3^-$ | <p>1. <math>\text{NO}_3^- + (\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH} + 3\text{H}^+ \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}-\text{N}=\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}</math><br/>дифениламин</p>  | <p>Ярко-синее окрашивание</p> <p><b>Не обесцвечивают</b> раствор <math>\text{KMnO}_4</math>.</p>                     |