

## Тема: Шоста група катіонів

### Теоретична частина

До шостої аналітичної групи входять двовалентні катіони *d*-елементів  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ . Груповим реактивом є концентрований розчин амоній гідроксиду  $\text{NH}_4\text{OH}$ , який осаджує ці катіони у вигляді відповідних гідроксидів (крім  $\text{Hg}^{2+}$ , гідроксид якого нестійкий), розчинних у надлишку реактиву.

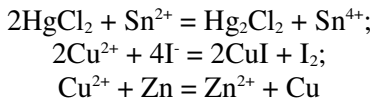
Перелічені катіони належать до родини *d*-елементів. У хімічних сполуках перехідні *d*-елементи мають змінну валентність і ступінь окиснення:  $\text{Cu}$ ,  $\text{Hg}$  - +1, +2,  $\text{Co}$  - +2, +3,  $\text{Ni}$  - +2, +4. Вони легко вступають в реакції комплексоутворення, утворюючи катіонні та аніонні комплекси, що пояснюється наявністю в атомах цих елементів незавершеної *d*-орбіталі.

При розчиненні у воді солей  $\text{Cu}$  (II),  $\text{Ni}$  (II),  $\text{Co}$  (II) утворюються катіонні аквакомплекси:  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  - блакитного,  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  - яскраво-зеленого,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  - яскраво-рожевого забарвлення. Внаслідок дії на них концентрованим розчином амоній гідроксиду спочатку утворюються основні солі *MeOHAn*, які розчиняються в надлишку реактиву з утворенням аміакатів  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  - синього,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  - фіолетового і  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  - жовтого кольору.

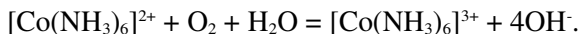
Йони  $\text{Hg}^{2+}$  осаджуються розчином амоній гідроксиду у вигляді амідних похідних типу  $\text{HgNH}_2\text{Cl}$ , які розчиняються в надлишку реактиву з утворенням комплексної сполуки  $[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ .

Відомі також аніонні комплекси цих катіонів, зокрема галогені дні  $[\text{MeCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{MeI}_4]^{2-}$ , ціанідні  $[\text{Me}(\text{CN})_4]^{2-}$ , роданідні  $[\text{Me}(\text{SCN})_4]^{2-}$  та ін.

В окисно-відновних реакціях йони  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$  з вищим ступенем окиснення приєднують електрони, виявляючи окисні властивості, наприклад:



Йони  $\text{Co}$  (II) в сполуках – сильні відновники. Вони легко окислюються на повітрі, перетворюючись на сполуки  $\text{Co}$  (III), наприклад в аміакатах:



Під дією основ на катіони Cu (II), Co (II), Ni(II) утворюються гідроксиди, що відповідають формулі  $\text{MeOH}_2$ , які належать до слабких основ. Йони  $\text{Hg}^{2+}$  під час взаємодії з лугами утворюють оксид  $\text{HgO}$ , оскільки гідроксид меркурію не існує.

## VI група катіонів

### Практична частина

**Прилади та реактиви:** пробірки, лійки, фільтри, електроплитки, водяні бані, лакмусовий або універсальний індикаторний папір, фарфорові чашки, аміловий або ізоаміловий спирт, гліцерин, тіомочевина, цинк або залізо, натрій тіосульфат.

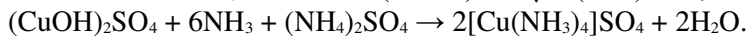
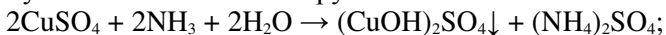
**Розчини :** амонію гідроксид (конц., 2 н), диметилглюксиму (реактив Чугаєва), міді нітрат або сульфат(0,5 н), калію гексаціаноферат (II) (0,5 н), нікель нітрат (0,5 н), перекису водню (3 %), амонію роданід або калію роданід (насичений), кобальту нітрат або хлорид (0,5 н), азотної кислоти ( 2 н ), сірчаної кислоти (2 н), кадмію нітрат або хлорид (0,5 н), олова хлорид (0,5 н), калію йодид (0,5 н), сірководневої води, ртуті (II) нітрат або хлорид(0,2 н), натрій гідроксиду (конц., 2 н), натрій сульфід (0,5 н), ацетатний буферний розчин, нітрито –R- сіль.

### Якісні реакції катіонів $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Co}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Hg}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$

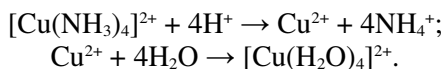
#### Реакції катіонів Купруму (II) $\text{Cu}^{2+}$

##### 1. Реакція з груповим реактивом (амоній гідроксидом).

Розчин амоніаку  $\text{NH}_4\text{OH}$  осаджує з розчинів солей Cu (II) осад основних солей блакитнувато-зеленого кольору, який розчиняється в надлишку реактиву з утворенням комплексної сполуки волошкового кольору:



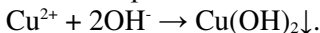
Під дією кислот амоніачний комплекс Cu (II) руйнується і сине забарвлення аміно комплексу змінюється на блакитне, характерне для аквакомплексів:



*Виконання.* До 3 – 4 крапель солі Купруму (II) додають 2 – 3 краплі розчину амоній гідроксиду, спостерігають утворення основної солі. Приливають надлишок реактиву до повного розчинення осаду, спостерігають розчинення осаду і зміну забарвлення. Якщо до цього розчину додати трохи хлоридної кислоти, то колір його знову зміниться.

Аміакати  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ , які утворюються, безбарвні або мають невиразне забарвлення і не заважають відкриттю катіонів міді.

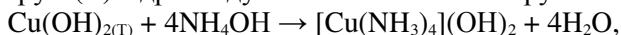
**2. Реакція з гідроксидами лужних металів.** Аміакати  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ , які утворюються, безбарвні або мають невиразне забарвлення і не заважають відкриттю катіонів міді. Їдкі луги  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  взаємодіють з йонами  $\text{Cu}^{2+}$ , утворюючи не розчинну у воді основу  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  блакитного забарвлення:



Осад  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  розкладається при нагріванні з виділенням чорного осаду  $\text{CuO}$ :



Він розчиняється в надлишку амоній гідроксиду з утворенням тетраамінкупрум (II) гідроксиду темно-синього кольору:

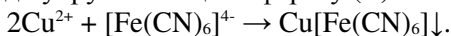


а також у концентрованому розчині луку:



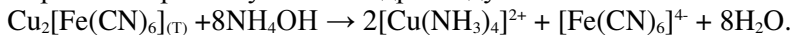
*Виконання.* До 2 – 3 крапель солі Купруму (II) додають 4 – 5 крапель розчину натрій гідроксиду. Утворений осад перемішують і розділяють на дві частини. До однієї частини додають концентрований розчин амоніаку, а другу нагрівають. Спостерігають розчинення осаду та зміну забарвлення в першій пробірці і утворення чорного осаду – в другій.

**3. Реакція з жовтою кров'яною сіллю.** Калій гексаціаноферат (II)  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (жовта кров'яна сіль) утворює з йонами  $\text{Cu}^{2+}$  червоно-бурий осад купрум гексаціаноферату (II):



Осад не розчиняється в розбавлених мінеральних кислотах, але розкладається у лужному середовищі з виділенням осаду  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,

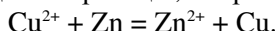
тому реакцію треба проводити в кислому або нейтральному середовищі, також осад може перейти у розчин під дією концентрованого розчину амоній гідроксиду:



*В и к о н а н н я.* До 4 – 5 крапель розчину солі Купруму (II) додають таку саму кількість реактиву, перемішують і спостерігають утворення осаду. Випробовують розчинення його в кислотах і розчині амоній гідроксиду.

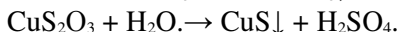
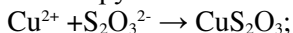
#### 4. Реакція відновлення йонів $\text{Cu}^{2+}$ до вільного металу.

Відновлення катіонів Cu (II) до металічної міді можна здійснити за допомогою металів, активніших за мідь: Zn, Fe, Al, Co. При цьому відбувається окисно-відновна реакція, наприклад:

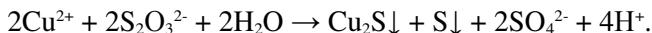


*В и к о н а н н я.* У розчин солі Купруму (II) занурюють ретельно очищену цинкову або залізну пластинку. Через певний час спостерігають виділення міді на цих пластинках.

**5. Реакція з натрій тіосульфатом.** Натрій тіосульфат  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  за еквівалентного співвідношення реагуючих речовин осаджує купрум (II) сульфід  $\text{CuS}$  чорного кольору:



При добавлянні надлишку реактиву в кислотному середовищі утворюється темно-бурий осад купрум (I) сульфід  $\text{Cu}_2\text{S}$  і сірки за реакцією:



*В и к о н а н н я.* До 2 – 3 крапель розчину солі Купруму (II) додають такий самий об'єм розбавленого розчину сульфатної кислоти і вносять на кінчику шпателя кілька крупинок реактиву. Суміш перемішують і нагрівають. Спостерігають утворення темно-бурого осаду купрум (I) сульфід  $\text{Cu}_2\text{S}$ .

### Реакції катіонів Меркурію (II) $\text{Hg}^{2+}$

**Солі  $\text{Hg}^{2+}$  отруйні!** Під час роботи з ними необхідно бути обережними. Розчини після виконання реакцій потрібно зливати в спеціальну посудину, а після закінчення роботи необхідно ретельно помити руки.

**1. Реакція з груповим реактивом.** Розчин амоніаку  $\text{NH}_4\text{OH}$  осаджує з розчинів хлориду  $\text{Hg}$  (II) білий осад меркурій амідохлориду:



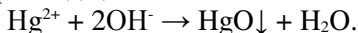
Осад повільно розчиняється в надлишку реактиву з утворенням безбарвної комплексної сполуки тетраамінмеркурій (II) хлориду:



На основі цієї реакції  $\text{Hg}$  (II) за кислотно-лужною класифікацією можна віднести до групи катіонів, що утворюють комплексні сполуки з надлишком розчину амоніаку.

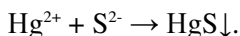
*Виконання.* До 3 – 4 крапель солі  $\text{Hg}$  (II) добавляють такий самий об'єм розчину амоній гідроксиду. Спостерігають утворення білого осаду.

**2. Реакція з гідроксидами лужних металів.** Їдкі луги  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  осаджують з розчинів солей  $\text{Hg}^{2+}$  жовтий осад меркурій (II) оксиду, оскільки гідроксид цього елемента не існує:

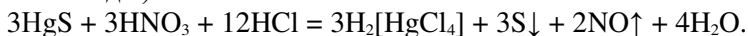


*Виконання.* До 2 – 3 крапель розчину солі Меркурію (II) добавляють 3 – 4 краплі розчину натрій гідроксиду і спостерігають утворення осаду, який має розчинитися в мінеральних кислотах.

**3. Реакція з натрій сульфідом.** Натрій сульфід (або амоній сульфід) осаджує з розчинів солей  $\text{Hg}$  (II) коричнево-чорний осад  $\text{HgS}$ :

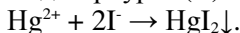


Осад не розчиняється в кислотах (навіть у нітратній кислоті), його можна розчинити тільки в суміші хлоридної та нітратної кислот (“царській воді”):

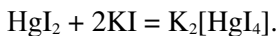


*Виконання.* До 3 – 4 крапель розчину солі Меркурію (II) добавляють таку саму кількість розчину сульфїду натрію або амонію. Спостерігають утворення осаду.

**4. Реакція з калій йодидом.** Калій йодид утворює з йонами  $\text{Hg}^{2+}$  оранжево-червоний осад меркурій (II) йодиду:



Осад розчинний у надлишку реактиву з утворенням безбарвної комплексної солі калій тетраїодомеркурату (II):

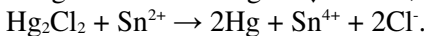
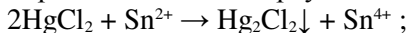


Розчин цієї солі в лузі називають реактивом Несслера, його використовують для виявлення катіонів  $\text{NH}_4^+$ .

*В и к о н а н н я.* До 3 – 4 крапель розчину солі Меркурій (II) додають таку саму кількість розчину калій йодиду. Спостерігають утворення оранжево-червоного осаду. При добавлянні до нього надлишку реактиву осад розчиняється і забарвлення зникає. Цю ж реакцію можна проводити на фільтрувальному папері: наносять 1 каплю розчину KJ а потім каплю розчину солі ртуті (II).

Даній реакції заважають катіони  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , тому катіони  $\text{Hg}^{2+}$  можна відкривати після повного осадження катіонів II і III груп.

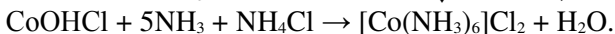
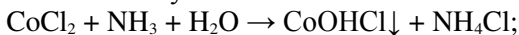
**5. Реакція зі станум (II) хлоридом.** Йони  $\text{Hg}^{2+}$  під дією відновників ( $\text{SnCl}_2$ , Cu) утворюють йони одновалентного Меркурію  $\text{Hg}_2^{2+}$ , з яких далі утворюється металічна ртуть:



*В и к о н а н н я.* До 3 – 4 крапель розчину солі Меркурію (II) додають таку саму кількість розчину реактиву. До одержаного білого осаду  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  додають ще трохи станум (II) хлориду і спостерігають потемнення осаду. Інші катіони VI групи не заважають цій реакції.

### Реакції катіонів Кобальту (II) $\text{Co}^{2+}$

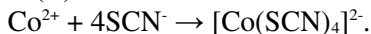
**1. Дія групового реактиву ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).** Розчин амоній гідроксиду осаджує з розчинів солей Кобальту (II) синій осад основної солі  $\text{CoOHCl}$ , який розчиняється в надлишку реактиву з утворенням кобальт аміакату:



Утворена сполука нестійка і під дією кисню поступово переходить у хлоропентаамінкобальт (III) хлорид  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$  вишнево-червоного кольору.

*В и к о н а н н я.* До 3 – 4 крапель розчину солі Кобальту (II) додають таку саму кількість розчину амоній гідроксиду. Спостерігають утворення синього осаду, який розчиняється при добавлянні до нього надлишку реактиву.

**2. Реакція з амоній тїоціанатом.** Амоній тїоціанат (роданід)  $\text{NH}_4\text{SCN}$  утворює з йонами Кобальту (II) комплексний тетрароданокобальтат (II)-іон синьо-блакитного кольору:



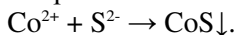
Цей комплекс нестійкий у водному середовищі, більш стійкий в ефірі або спирті.

Чутливість цієї реакції 0,5 мкг, але йони  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{Fe}^{3+}$  перешкоджають виявленню  $\text{Co}^{2+}$ . Катіони  $\text{Fe}^{3+}$  утворюють з іонами  $\text{CNS}^-$  сполуки інтенсивного червоного кольору, які маскують колір комплексної сполуки іонів  $\text{Co}^{2+}$ .

Тому, якщо в розчині присутні йони  $\text{Fe}^{3+}$ , спочатку присипають порошок фториду натрію, з яким йони  $\text{Fe}^{3+}$  утворюють безбарвний стійкий комплекс, а потім додають роданід амонію або калію.

*В и к о н а н н я.* До 2 – 3 крапель розчину солі Кобальту (II) додають таку саму кількість розчину реактиву, 1 мл алілового спирту і суміш добре перемішують. Спостерігають забарвлення верхнього шару спирту в синьо-блакитний колір.

**3. Реакція з натрій (амоній) сульфідом.** Натрій сульфід (або амоній сульфід) осаджують з розчинів солей Со (II) чорний осад  $\text{CoS}$ :



Осад розчиняється в мінеральних кислотах.

*В и к о н а н н я.* До 3 – 4 крапель розчину солі Кобальту (II) додають таку саму кількість розчину натрій або амоній сульфїду. Спостерігають утворення чорного осаду  $\text{CoS}$ .

**4. Реакція з нітрузо-*R*-сіллю.** Нітрузо-*R*-сіль (NR) у кислотному середовищі утворює з йонами  $\text{Co}^{2+}$  внутрішньокмлексну сполуку  $\text{Co}(\text{NR})_3$  червоного кольору. Спочатку відбувається окислення йонів  $\text{Co}^{2+}$  до  $\text{Co}^{3+}$ , які й утворюють з цим реактивом забарвлену комплексну сполуку.

Чутливість реакції становить 0,25 мкг.

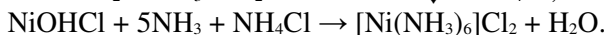
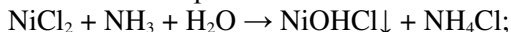
*В и к о н а н н я.* До 3 – 4 крапель розчину солі Кобальту (II) додають 2 – 3 краплі ацетатного буферного розчину і таку саму кількість реактиву. Спостерігають забарвлення розчину в червоний колір.

**5. Реакція з тіосульфатом натрію  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .** З кристалічним  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  катіони кобальту в спиртовому середовищі утворюють кристали  $\text{CoS}_2\text{O}_3$  голубого кольору.

**6. Реакція з сумішшю гліцерина з лугом.** При додаванні до солей кобальту деякої кількості гліцерину а потім концентрованого лугу в співвідношенні 1:2:1 спостерігається синьо-фіолетове забарвлення за рахунок утворення комплексної сполуки кобальту з гліцерином. При малих кількостях катіонів  $\text{Co}^{2+}$  забарвлення голубе. Складіть рівняння реакцій.

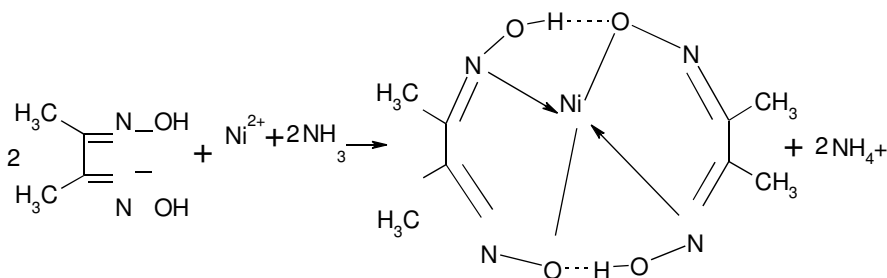
### Реакції катіонів Ніколу (II) $\text{Ni}^{2+}$

**1. Дія амоній гідроксиду.** Розчин амоній гідроксиду осаджує з воних розчинів солей Ніколу (II) зелений осад основної солі, який розчиняється в надлишку реактиву з утворенням комплексної сполуки червоно-синього забарвлення:



*В и к о н а н н я.* До 3 – 4 крапель розчину солі Ніколу (II) добавляють таку саму кількість розчину амоній гідроксиду. Спостерігають утворення зеленого осаду, який розчиняється при добавленні до нього надлишку реактиву. Колір розчину при цьому змінюється від зеленого до червоно-синього.

**2. Дія реактиву Чугаєва.** Диметилдіоксим (реактив Чугаєва) в розчині амоній гідроксиду утворює з йонами  $\text{Ni}^{2+}$  хелатну сполуку нікол діацетилдіоксимату яскраво-червоного кольору:



Осад диметилгліоксиму ніколу розчинний в сильних лугах і кислотах.

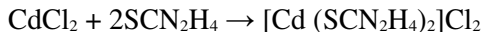


Реакція характеризується високою чутливістю (0,16 мкг), однак йони  $\text{Fe}^{2+}$  і  $\text{Cu}^{2+}$  перешкоджають визначенню. Катіони  $\text{Cu}^{2+}$  в аміачному середовищі утворюють яскраво синій аміакат міді, який маскує колір диметилглюксиму ніколу. Катіони  $\text{Fe}^{2+}$  утворюють з диметилглюксимом червоне забарвлення. У зв'язку з цим дану реакцію зручніше проводити краплинним методом.

*Виконання.* На смужку фільтрувального паперу наносять краплю солі Ніколу (II), додавають 2 краплі концентрованого розчину амоній гідроксиду і 1 краплю реактиву. Спостерігають появу червоної плями.

### **Реакції катіонів Кадмію $\text{Cd}^{2+}$**

**1. Реакція з сульфідом натрію, сірководневою водою.** Катіони кадмію утворюють з сульфід-іонами жовтий осад  $\text{CdS}$ . Цій реакції заважають всі катіони VI групи, тому катіони  $\text{Cd}^{2+}$  повинні бути відокремлені від решти катіонів в ході аналізу. Для зв'язування решти іонів VI групи можна використати властивість катіонів  $\text{Co}^{2+}$  утворювати нестійкий безбарвний комплекс з тіомочевиною:



Цей комплекс легко розкладається при дії сульфідних іонів, випадає осад  $\text{CdS}$ . Комплекси інших катіонів стійкі і сірководнем не розкладаються.

В пробірку наливають 3 - 4 краплі розчину солі кадмію, додають 3 - 4 кристалики тіомочевини, перемішують, дають постояти 2 - 3 хвилини а потім додають 5 - 6 капель сірководневої води. Складіть рівняння реакції утворення сульфїду кадмію.

### **Аналіз суміші катіонів шостої аналітичної групи дробним методом.**

Катіони, що входять до складу шостої аналітичної групи, можна виявити дробними реакціями в окремих пробах досліджуваного розчину.

Виявлення катіонів  $\text{Cu}^{2+}$  проводять з концентрованим розчином амоній гідроксиду або з жовтою кров'яною сіллю. Якщо забарвлення розчину недостатньо характерне, виконують контрольну реакцію з

розчином луку й утворений осад нагрівають. За наявності катіонів  $\text{Cu}^{2+}$  осад чорніє.

Йони  $\text{Hg}_2^{2+}$  виявляють за допомогою реакції з калій йодидом або реакцією зі станумом (II) хлоридом. Катіони  $\text{Co}^{2+}$  легко виявити реакцією з амоній тіоціанатом,  $\text{Ni}^{2+}$  - реакцією з диметилглюксимом (реактивом Чугаєва), а  $\text{Cd}^{2+}$  - реакцією з натрій сульфідом.

### Систематичний хід аналізу катіонів VI групи

Голубий колір розчину свідчить про присутність іонів  $\text{Cu}^{2+}$ , світло-зелений – іонів  $\text{Ni}^{2+}$ , рожевий – іонів  $\text{Co}^{2+}$ , безбарвний – іонів  $\text{Hg}^{2+}$  і  $\text{Cd}^{2+}$ .

В окремих порціях розчину, який аналізується, виконують попередні проби на наявність катіонів:

1.  $\text{Cu}^{2+}$ - надлишком  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,
2.  $\text{Hg}^{2+}$ - йодидом калію,
3.  $\text{Ni}^{2+}$ - диметилглюксимом в аміачному середовищі,
4.  $\text{Cd}^{2+}$ - сірководневою водою в присутності тіомочевини,
5.  $\text{Co}^{2+}$ - реакцією з  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  в спиртовому середовищі.

До розчину, який аналізується, додають 1,5 – 2 кратний об'єм 2 н розчину аміаку і нагрівають 2 – 3 хвилини. Відокремлюють осад (I), в якому знаходяться солі  $\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$ ,  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$  і розчин (I), який містить аміаки:  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ ;  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ ;  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ .

Осад (I) обробляють 5 - 6 каплями 2 н розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , при цьому  $\text{Co}(\text{OH})\text{Cl}$  розчиняється, а  $[\text{HgNH}_2]\text{Cl}$  залишається в осаді. У фільтраті відкривають  $\text{Co}^{2+}$  розчином  $\text{NH}_4\text{CNS}$ . Осад розчиняють, додавши 5 крапель азотної кислоти, приливають 6 - 8 крапель води і відкривають катіон  $\text{Hg}^{2+}$  реакцією з  $\text{KJ}$ .

Розчин (I) підкисляють 2 н розчином  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , додають декілька кристалів  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  і нагрівають на киплячій бані 3 хвилини до повного осадження сульфідів міді чорного або чорно-бурого кольору.

Осад (II) відокремлюють від розчину (II), в якому знаходяться іони і  $\text{Ni}^{2+}$  і розчиняють в гарячій 2 н  $\text{HNO}_3$ . Іон  $\text{Cu}^{2+}$  відкривають характерними реакціями.

Розчин (II) ділять на дві частини. В першій відкривають катіон  $\text{Cd}^{2+}$  реакцією з сірководневою водою, а в другій - катіон  $\text{Ni}^{2+}$  реакцією з диметилглюксимом.

### Контрольні запитання та завдання

1. Які катіони належать до шостої аналітичної групи і яка сполука є груповим реактивом?
2. Які сполуки утворюються при дії концентрованого розчину амоній гідроксиду на катіони  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$ ? Напишіть рівняння відповідних реакцій і назвіть сполуки, що утворюються.
3. Як взаємодіють солі Купруму (II) і Меркурію (II) з лугами? Схарактеризуйте термічну стійкість утворених продуктів.
4. Складіть рівняння реакцій утворення таких комплексних сполук: купрум гексаціаноферату (II), калій тетраїодомеркурату (II), гексаамінокобальтат (II) хлорид.
5. Якій органічний реактив використовують для виявлення катіонів  $\text{Ni}^{2+}$ , і яка сполука при цьому утворюється?
6. Для виявлення яких катіонів шостої аналітичної групи використовують окисно-відновні реакції? Напишіть рівняння цих реакцій, назвіть окисник і відновник.
7. Закінчіть рівняння ОВР, доберіть коефіцієнти методом електронного балансу:  
а)  $\text{CuS} + \text{HNO}_3(\text{розб}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + \dots$ ;  
б)  $\text{HgS} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{HgCl}_2 + \text{S} + \text{NO} + \dots$
8. Яка чутливість якісних реакцій на йони  $\text{Co}^{2+}$  з амоній тіоціанатом та йони  $\text{Ni}^{2+}$  з реактивом Чугасва?
9. Як осадити катіони Купруму і Меркурію у вигляді сульфідів? Чому це можна здійснювати за допомогою розчину натрій тіосульфату? Вкажіть розчинність сульфідів у воді.
10. Напишіть якісні реакції, які використовують у систематичному аналізі суміші катіонів Купруму і Меркурію.
11. Чи можна виконати аналіз суміші катіонів шостої аналітичної групи дробними реакціями?
12. Чому катіони  $\text{Cu}^{2+}$  можна відкривати надлишком розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  в присутності всіх інших катіонів?
13. Які катіони заважають відкриттю іона  $\text{Ni}^{2+}$  розчином диметилгліоксиму? Як можна відкрити катіони  $\text{Ni}^{2+}$  в присутності катіонів  $\text{Fe}^{2+}$ ?
14. Яким чином маскують іони  $\text{Fe}^{3+}$ , які заважають відкриттю іонів  $\text{Co}^{2+}$ ?
15. Для чого використовують тіомочевину при відкритті іонів  $\text{Cd}^{2+}$  сірководневою водою?
16. Чому при дії 2 н розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  на суміш катіонів VI групи в осад переходять тільки катіони  $\text{Co}^{2+}$  і  $\text{Hg}^{2+}$ ?
17. На чому базується різна здатність іонів  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  до взаємодії з  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ?