

## Предисловие

Одним из наиболее эффективных путей совершенствования процесса обучения в высшей школе является реализация дидактического принципа сознательности и активности обучаемых при руководящей роли преподавателя. Данное учебное пособие предназначено для самостоятельной работы по аналитической химии студентам направления подготовки «Фармация».

В пособии представлены план изучения темы, теоретическая часть, вопросы для проработки темы, вопросы для самоконтроля, тестовые задания. Это позволяет в условиях дефицита времени, отведенного на изучение дисциплины, успешно управлять развитием познавательной деятельности студентов.

Предлагаемые экспериментальные задания *исследовательского характера* позволяют студенту работать в индивидуальном темпе, вырабатывать экспериментальные умения и навыки, способствуют развитию самостоятельности при проведении исследования, формируют опыт профессиональной деятельности.

## ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОСНОВА ДЕЙСТВИЙ (ООД)

При подготовке к лабораторной работе студент обязан:

- изучить рекомендованную литературу и методику эксперимента (аналитические реакции ионов и систематический ход анализа их смесей);
  - осуществить самоконтроль подготовки к занятиям по вопросам для проработки темы (письменно), указанным в данном пособии;
  - освоить основные правила техники безопасности при работе в химической лаборатории и выполнения каждого конкретного задания;
  - подготовить лабораторный журнал, в котором указывается: дата, тема, частные реакции катионов (анионов) аналитической группы.
- **К лабораторной работе в химической аналитической лаборатории допускаются студенты, подготовленные к ее выполнению.**
- **Записи в отдельных листах не допускается.**

В журнале записывают схему проведения анализа, результаты работы и уравнения химических реакций,

сопровождающих проделанные опыты, результаты индивидуальных заданий (граф-схема анализа, наблюдаемые признаки реакций, уравнения реакций идентификации ионов).

Результаты лабораторной работы необходимо четко отражать в соответствующих графах лабораторного журнала по следующей схеме (развернутый лист общей тетради):

<i><b>Ион</b></i>	<i><b>Реа- гент</b></i>	<i><b>Аналити- ческие признаки</b></i>	<i><b>Уравнение реакции (краткое молекулярно- ионное)</b></i>	<i><b>Примечание (условия проведения реакции, особенности опыта и др.)</b></i>

По окончании занятия в лабораторном журнале студента преподаватель выставляет соответствующий балл (согласно разработанным критериям балльно-рейтинговой системы), дату и роспись.

---

**Баллы:** \_\_\_\_\_

**Дата:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ *Подпись преподавателя*

## *Лабораторная работа 7*

### **Аналитические реакции катионов V аналитической группы и анализ их смеси**

#### *Актуальность темы.*

К катионам V аналитической группы относятся катионы s-элемента  $\text{Mg}^{2+}$ , p-элементов:  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$  и d-элементов:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ . Эти элементы входят в состав многих лекарственных средств, например, калия перманганат (антисептик), висмута нитрат основной, магния оксид (антидот при отравлении мышьяком, составная часть препарата «Альмагель»), магния сульфат (спазмолитик), магния карбонат основной (вяжущее), железа сульфат (источник поступления железа при анемиях). Реакции идентификации катионов V аналитической группы используют при установлении подлинности лекарственных препаратов, а также при исследовании их на содержание примесей.

***Цель.*** Знать химико-аналитические свойства катионов V аналитической группы, научиться проводить реакции идентификации для качественного химического контроля лекарственных средств капельным методом и проводить анализ смеси катионов дробным и систематическим анализом.

## Содержание обучения

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.** Групповыми реагентами являются 2М раствор щелочи (KOH, NaOH) или 25%-й водный раствор аммиака. При действии групповых реагентов катионы V аналитической группы осаждаются из растворов в виде следующих гидроксидов:  $Mg(OH)_2$ ,  $Mn(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$ ,  $Sb(OH)_3$ ,  $SbO(OH)_3$ ,  $Bi(OH)_3$ , которые не растворяются в избытке группового реагента. При растворении некоторые соли данных катионов способны взаимодействовать с водой, т.е. подвергаться протолизу (гидролизу), что необходимо учитывать при приготовлении и хранении различных лекарственных форм.

### АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $Mg^{2+}$

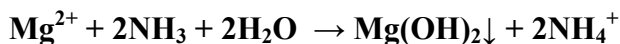
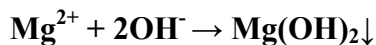
**Реакция с гидрофосфатом натрия  $Na_2HPO_4$  (фармакопейная).** Катион  $Mg^{2+}$  с гидрофосфатом натрия в присутствии катиона аммония и аммиака (аммиачный буфер) образует белый мелкокристаллический осадок магнийаммонийфосфата  $NH_4MgPO_4$ :



При проведении реакции катиона  $Mg^{2+}$  с гидрофосфатом натрия в отсутствие катиона  $NH_4^+$  выпадает белый аморфный осадок  $MgHPO_4$ .

*Методика.* В пробирку вносят 2-3 капли раствора соли магния, прибавляют по 1-2 капли растворов  $NH_4Cl$ ,  $NH_3$  и  $Na_2HPO_4$ . Раствор мутнеет и образуется белый осадок  $NH_4MgPO_4$ .

**Реакция со щелочами и аммиаком.** Катион  $Mg^{2+}$  при действии щелочей и аммиака образует белый аморфный осадок гидроксида магния  $Mg(OH)_2$ :

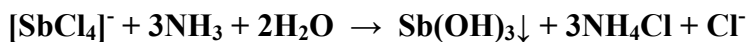
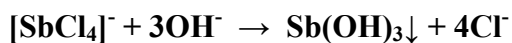


Осадок  $Mg(OH)_2$  не растворяется в щелочах, но растворяется в кислотах и частично растворяется в растворах солей аммония.

*Методика.* В две пробирки вносят по 5-6 капель раствора соли магния и по каплям: в одну пробирку - раствор  $NaOH$ , в другую – раствор аммиака до выпадения белого аморфного осадка.

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $\text{Sb}^{3+}$

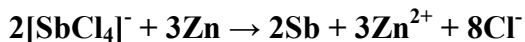
**Реакции со щелочами и раствором аммиака.** При прибавлении раствора щелочи или аммиака к раствору, содержащему сурьму(III), выпадает белый осадок гидроксида сурьмы(III)  $\text{Sb}(\text{OH})_3$  (который можно представить также как сурьмяную кислоту  $\text{H}_3\text{SbO}_3$  или  $\text{HSbO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ):



Осадок  $\text{Sb}(\text{OH})_3$  растворяется в щелочах и кислотах.

*Методика.* В пробирку вносят 3-4 капли солянокислого раствора сурьмы(III), прибавляют 3-4 капли дистиллированной воды и затем по каплям раствор  $\text{NaOH}$  до выпадения белого осадка  $\text{Sb}(\text{OH})_3$ . Продолжают прибавление по каплям раствор гидроксида натрия при перемешивании содержимого пробирки до растворения выпавшего осадка.

**Реакция восстановления сурьмы(III) до  $\text{Sb}$ .** Сурьма(III) восстанавливается до металлической сурьмы в кислой среде цинком, магнием, алюминием, оловом, железом, например:

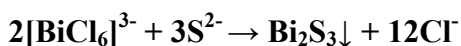


Металлическая сурьма выделяется в виде черного осадка на поверхности металла.

*Методика.* В пробирку вносят несколько капель солянокислого раствора хлорида сурьмы(III) и кусочек металлического Zn. Поверхность металла чернеет вследствие выделения хлопьевидного осадка свободной сурьмы.

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $\text{Bi}^{3+}$**

**Реакция с сульфидом (фармакопейная).** Висмут(III) при реакции с сульфидом в кислой среде образует черно-коричневый осадок сульфида висмута(III)  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ :



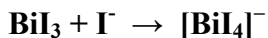
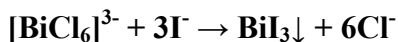
Осадок не растворяется в разбавленных минеральных кислотах, за исключением разбавленной  $\text{HNO}_3$ , в которой он растворяется с выделением свободной серы.

*Методика.* В пробирку вносят 3-4 капли солянокислого раствора хлорида висмута(III) и прибавляют по каплям раствор  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , или  $\text{Na}_2\text{S}$ , или сероводородной воды. Выпадает черно-коричневый осадок сульфида висмута  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ .

**Реакция с иодидом (фармакопейная).** При прибавлении растворов иодидов к кислым растворам висмута(III) выпадает черный осадок иодида висмута(III)  $\text{BiI}_3$ , растворимый в избытке реагента с образованием желто-



оранжевого раствора, содержащего ион тетраиодовисмутат(III):

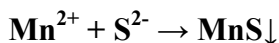


*Методика.* В пробирку вносят около 5 капель солянокислого раствора хлорида висмута(III) и прибавляют по каплям раствор KI до выпадения черного осадка иодида висмута(III). Дальнейшее прибавление избытка раствора KI приводит к растворению осадка и образованию оранжевого раствора. При прибавлении воды к этому раствору и его нагревании образуется оранжевый осадок иодида висмута BiOI.

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $\text{Mn}^{2+}$**

Аквакомплексы  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  марганца(II) окрашены в бледно-розовый цвет, поэтому водные растворы солей марганца(II) при достаточно больших концентрациях имеют бледно-розовую окраску. Сильно разбавленные водные растворы солей марганца(II) практически бесцветны.

**Реакция с сульфидом.** Катион  $\text{Mn}^{2+}$  с сульфидом  $\text{S}^{2-}$  образует осадок сульфида марганца(II)  $\text{MnS}$  розовато-телесного цвета:



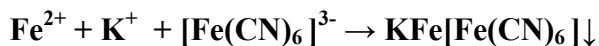
Осадок растворим в разбавленных кислотах.

*Методика.* В пробирку вносят 3-4 капли раствора соли марганца(II), раствор аммиака до pH 9 и 1-2 капли раствора сульфида натрия  $\text{Na}_2\text{S}$ . Выпадает осадок сульфида марганца(II)  $\text{MnS}$  розовато-телесного цвета.

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $\text{Fe}^{2+}$**

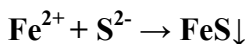
Гидратированный катион железа(II)  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  практически бесцветный, поэтому растворы солей железа(II) не окрашены.

**Реакция с гексацианоферратом(III) калия (феррицианидом калия) (фармакопейная).** Катион  $\text{Fe}^{2+}$  реагирует с феррицианидом калия  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в кислой среде с образованием темно-синего осадка “турнбулевой сини”:



*Методика.* В пробирку вносят 2-3 капли раствора соли железа(II), прибавляют 1-2 капли раствора  $\text{HCl}$  и 2-3 капли раствора феррицианида калия  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Раствор окрашивается в синий цвет и выделяется синий осадок “турнбулевой сини”.

**Реакция с сульфидом (фармакопейная).** Катион  $\text{Fe}^{2+}$  образует с сульфидом в нейтральной или аммиачной среде черный осадок сульфида железа(II)  $\text{FeS}$ :



Осадок растворяется в минеральных кислотах и в уксусной кислоте.

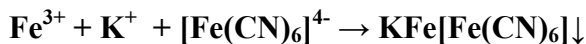
*Методика.* В пробирку вносят 3-4 капли раствора соли железа(II) и прибавляют 2-3 капли раствора сульфида аммония (или сульфида натрия). Выпадает черный осадок сульфида железа(II).

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $\text{Fe}^{3+}$**

Гидратированный ион железа(III)  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  в водных растворах окрашен в желтый цвет и частично гидролизован с образованием растворимых гидроксоаквакомплексов  $[\text{Fe}(\text{OH})_n(\text{H}_2\text{O})_{6-n}]^{3-n}$ , окрашенных в желто-бурый цвет. Поэтому водные растворы соли железа(III) имеют желтую или красновато-бурюю окраску.

**Реакция с гексацианоферратом(II) калия (ферроцианидом калия) (фармакопейная).** Катион  $\text{Fe}^{3+}$  реагирует с ферроцианидом калия с образованием темно-синего осадка “берлинской лазури”  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ,

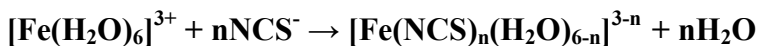
который неустойчив в щелочной среде, но стабилен в кислой среде, поэтому реакцию проводят при pH 2-3.



Мешают проведению реакции окислители и восстановители. Окислители окисляют ферроцианид до феррицианида, а восстановители восстанавливают железо(III) до железа(II).

*Методика.* В пробирку вносят 2-3 капли раствора соли железа(III), прибавляют 1-2 капли раствора HCl и 2 капли раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Раствор окрашивается в синий цвет и выпадает темно-синий осадок “берлинской лазури”.

**Реакция с тиоцианатом (фармакопейная).** Катион  $\text{Fe}^{3+}$  реагирует с тиоцианатом  $\text{NCS}^-$  (лучше в кислой среде при  $\text{pH} \approx 3$ ) с образованием тиоцианатных комплексов железа(III) красного цвета  $[\text{Fe}(\text{NCS})_n(\text{H}_2\text{O})_{6-n}]^{3-n}$ , где  $n = 1, 2, 3 \dots 6$ .



Катион  $\text{Fe}^{2+}$  не мешает протеканию реакции.

*Методика.* В пробирку вносят 3-4 капли раствора соли Fe(III), прибавляют 2-3 капли раствора тиоцианата калия KNCS. Раствор окрашивается в красный цвет.



*Соблюдайте правила техники  
безопасности!*

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

**Задание 1.** Прделайте опыты, характеризующие свойства катионов V аналитической группы, и заполните таблицу результатов наблюдений.

**Задание 2.** Проведите систематический анализ контрольной смеси №\_\_ катионов V аналитической группы. Запишите граф-схему анализа, уравнения химических реакций и сделайте вывод.

### **Х о д а н а л и з а**

При систематическом ходе анализа катионов V аналитической группы учитываются некоторые особенности их соединений: соли висмута и сурьмы гидролизуются, основных соли сурьмы растворяются в винной кислоте, марганца(IV) оксид в разбавленной азотной кислоте не растворяется, гидроксид магния растворяется в растворе аммония хлорида.

**Открытие катионов  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .** Катион  $\text{Fe}^{2+}$  обнаруживают раствором гексацианоферрата(III) калия  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , а катион  $\text{Fe}^{3+}$  - гексацианоферрата(II) калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в солянокислой среде в присутствии катионов V аналитической группы.

**Открытие катионов  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ .** При наличии осадка его растворяют в хлороводородной кислоте (рН 4-6). Затем добавляют пятикратный объем дистиллированной воды. Образовавшийся осадок основных солей сурьмы и висмута центрифугируют (фильтруют), обрабатывают его 1 н. раствором винной кислоты. Основные соли и гидроксид сурьмы при этом растворяются в винной кислоте, производные висмута ( $\text{BiOCl}$ ) остаются в осадке. В полученном виннокислом растворе открывают сурьму(III) любой характерной реакцией (например, сероводородной водой). Осадок, содержащий основные соли висмута, промывают дистиллированной водой и растворяют в концентрированной хлороводородной кислоте. Катион  $\text{Bi}^{3+}$  открывают хлоридом олова(II) в щелочном растворе или другими частными реакциями.

**Открытие катионов  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .** Центрифугат, содержащий катионы  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , обрабатывают

раствором щелочи, добавляют пероксид водорода, нагревают и центрифугируют. Полученный осадок гидроксида железа(III), оксида марганца(IV) и гидроксида магния обрабатывают раствором хлорида аммония для растворения гидроксида магния. Оставшийся осадок гидроксида железа(III), оксида марганца  $MnO_2$  обрабатывают разбавленной азотной кислотой для растворения гидроксида железа(III). В полученном растворе открывают катион  $Fe^{3+}$  характерными реакциями.

Осадок  $MnO_2$  растворяют в хлороводородной кислоте и в полученном растворе открывают катионы  $Mn^{2+}$  персульфатом аммония  $(NH_4)_2S_2O_8$  (окисление  $Mn^{2+}$  до  $MnO_4^-$  ведут при нагревании, добавив каплю раствора  $AgNO_3$ ). Катион  $Mn^{2+}$  можно открывать дробным путем этой же реакцией.

Катион  $Mg^{2+}$  обнаруживают действием  $Na_2HPO_4$  или магниезоном I в центрифугате III.

К раствору соли железа(III) приливают раствор аммиака до появления осадка, затем приливают несколько капель хлороводородной кислоты и кипятят. Катион  $Fe^{3+}$  переходит в раствор и его обнаруживают характерными реакциями.

**Схема систематического хода анализа катионов V  
аналитической группы**

1. Если катионы пятой группы находятся в виде осадка гидроксидов, то его растворяют в хлороводородной кислоте	
2. В отдельных пробах открывают катион железа(II) с $K_3[Fe(CN)_6]$ и катион железа(III) с $K_4[Fe(CN)_6]$	
3. Хлороводородный раствор нейтрализуют 0,5 н. раствором NaOH до появления слабой мути, которую потом растворяют добавлением нескольких капель соляной кислоты. Разбавляют десятикратным количеством дистиллированной воды и центрифугируют.	
4. <b>Осадок (I):</b> SbOCl, BiOCl обрабатывают в пробирке винной кислотой, центрифугируют	5. <b>Центрифугат (I):</b> $Mn^{2+}$ , $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ , $Mg^{2+}$ . Все катионы осаждают NaOH, добавляют $H_2O_2$ , нагревают, центрифугируют
6. <b>Осадок (II):</b> BiOCl промывают водой, растворяют в $HNO_3$ и открывают $Bi^{3+}$ характерной реакцией	8. <b>Осадок (III):</b> $Fe(OH)_3$ , $MnO(OH)_2$ , $Mg(OH)_2$ обрабатывают раствором хлорида аммония $NH_4Cl$
	9. <b>Центрифугат (III):</b> $MgCl_2$ открывают с а) $Na_2HPO_4$ б) магнизоном I
	10. <b>Осадок (IV):</b> $Fe(OH)_3$ , $MnO(OH)_2$ растворяют в разбавленной $HNO_3$



<p><b>7.Центрифугат (II):</b>  <math>C_4H_4O_6H(SbO)</math>.  Из данного раствора открывают сурьму(III) или сурьму(V) характерными реакциями</p>	<p><b>11.Центрифугат (IV):</b> <math>Fe^{2+}</math>, <math>Fe^{3+}</math>  открывают с <math>KSCN</math></p>	<p><b>12. Осадок (V):</b>  <math>MnO_2</math>  растворяют в <math>HCl</math> и обнаруживают с <math>(NH_4)_2S_2O_8</math></p>
--	--	---

### Контрольные вопросы.

1. Почему осадки гидроксидов  $Fe^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  постепенно бурют на воздухе?
2. Почему  $Mg(OH)_2$  в отличие от  $Fe(OH)_3$  растворяется в солях аммония?
3. Почему при обнаружении катиона  $Mn^{2+}$  исследуемый раствор должен быть сильно разбавлен? Какой эффект наблюдается, если это условие не соблюдено?
4. Какие ионы можно обнаружить, используя явление гидролиза? Как можно разделить эти ионы?
5. Как можно разделить смесь катионов  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ?

## *Лабораторная работа №8*

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ VI АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ И АНАЛИЗ ИХ СМЕСИ**

#### *Актуальность темы.*

К катионам VI аналитической группы относятся катионы d-элементов:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , электронная структура которых характеризуется наличием свободных d-орбиталей. Эти элементы используются в медицине, т.к. входят в состав многих лекарственных средств – сульфат меди, ртути оксид, ртути хлорид, которые применяются как антисептические средства. Катионы  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  в больших количествах токсичны для организма человека, поэтому их наличие в лекарствах контролируется. Реакции идентификации катионов VI аналитической группы используют при установлении подлинности лекарственных препаратов, а также при исследовании их на содержание примесей. Некоторые лекарственные средства представляют собой комплексные соединения или способны образовывать комплексы в растворах различных электролитов.

***Цель.*** Знать химико-аналитические свойства катионов VI аналитической группы, научиться проводить реакции идентификации для качественного химического контроля

лекарственных средств капельным методом и проводить анализ смеси катионов дробным и систематическим анализом.

### **Содержание обучения**

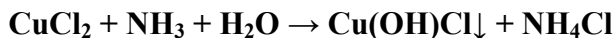
**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.** Групповым реагентом является *25%-й водный раствор аммиака*. При действии группового реагента на растворы катионов VI аналитической группы вначале выпадают осадки основных солей катионов меди, кобальта и никеля ( $\text{CuOHCl}$ ,  $\text{CoOHCl}$  и  $\text{NiOHCl}$ ), гидроксид кадмия  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ , а также  $\text{HgNH}_2\text{Cl}$ , которые затем растворяются в избытке реагента с образованием аммиачных комплексов: для катионов меди, кадмия и ртути(II) состава  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ , а для катионов никеля и кобальта -  $[\text{Me}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ . Осадки соединений кобальта и ртути растворяются в избытке аммиака только в присутствии катионов аммония  $\text{NH}_4^+$ . Кроме того, аммиачный комплекс кобальта(II) желтого цвета окисляется на воздухе до аммиачного комплекса кобальта(III) вишнево-красного цвета.

### **АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ $\text{Cu}^{2+}$**

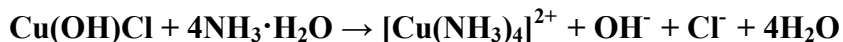
Аква-ион меди(II)  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_n]^{2+}$  окрашен в голубой цвет, поэтому растворы солей меди(II) имеют голубую окраску с

разными оттенками (от голубой до сине-зеленой). В водных растворах гидратированный катион меди(II) частично гидролизуются с образованием растворимых гидроксоаквакомплексов состава  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_{n-m}(\text{OH})_m]^{2-m}$ .

**Реакция с аммиаком (фармакопейная).** При прибавлении раствора аммиака к раствору, содержащему катион меди(II), вначале выпадает осадок основной соли меди (сине-зеленого цвета), который растворяется в избытке аммиака с образованием комплексного катиона  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  ярко-синего цвета. Так, из раствора меди(II) хлорида  $\text{CuCl}_2$  аммиак осаждает голубой оксихлорид меди(II)  $\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl}$ :

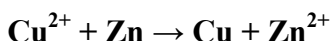


В избытке аммиака осадок растворяется:



*Методика.* В пробирку вносят 3-5 капель раствора соли меди(II) и прибавляют по каплям разбавленный раствор аммиака при интенсивном перемешивании. Выпадающий вначале голубой (или голубовато-зеленоватый) осадок основной соли меди(II) затем растворяется с образованием ярко-синего раствора. Прибавляют по каплям разбавленный раствор одной из кислот –  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$  или  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Окраска раствора из ярко-синей переходит в голубую.

**Реакция восстановления меди(II) металлами до металлической меди (фармакопейная).** Металлы, расположенные в ряду напряжения левее меди, восстанавливают катион  $\text{Cu}^{2+}$  до металлической меди. Чаще всего для этого применяют металлические алюминий Al, цинк Zn, железо Fe. При внесении этих металлов в раствор соли меди(II) поверхность металлов покрывается тонким слоем выделяющейся меди красноватого цвета:



*Методика.* В пробирку с подкисленным раствором соли меди(II) погружают кусочек металлического алюминия, цинка или железа. Постепенно поверхность металла покрывается красным слоем металлической меди Cu.

**Окрашивание пламени газовой горелки.** Соли меди окрашивают пламя газовой горелки в изумрудно-зеленый цвет.

*Методика.* Платиновую или нихромовую проволоку погружают в концентрированную хлороводородную кислоту, затем – в сухую соль меди(II) и вносят в пламя газовой горелки, которое окрашивается в зеленый цвет.

**Реакция с гексацианоферратом(II) калия.** Катион  $\text{Cu}^{2+}$  образует с ферроцианидом калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в слабокислой

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)