

## **Качественные реакции обнаружения некоторых неорганических ионов в природных и сточных водах**

*Цель работы:* ознакомление с аналитическими реакциями основных неорганических катионов и анионов, условиями их проведения.

### ***Теоретическая часть***

Аналитическая химия – наука о методах определения состава вещества. Целью качественного анализа является обнаружение элементов, ионов, входящих в состав вещества или находящихся в растворе. Для решения этой задачи аналитическая химия пользуется химическими реакциями и физическими свойствами веществ. Из большого числа реакций для обнаружения ионов можно использовать те реакции, которые сопровождаются внешним эффектом (образование осадка, выделение газа, изменение цвета раствора и т.д.). Такие реакции называются аналитическими. Наблюдаемый исследователем эффект называется аналитическим сигналом. Неорганические соединения при определенных условиях диссоциируют на ионы. Поэтому аналитические реакции в растворах сводятся к реакциям соответствующих анионов и катионов. При проведении реакций к исследуемому раствору добавляют вещество, называемое аналитическим реагентом. Одним из важных условий при выборе реагента является избирательность (селективность) используемой при этом аналитической реакции. Под избирательностью понимают возможность определения данного иона в присутствии других веществ, не мешающих проведению этой реакции. Аналитические реакции, характерные только для одного иона, называются специфическими. Анализ, основанный на таких реакциях, называется дробным анализом. Избирательность реакции в значительной степени зависит от условий проведения реакции и присутствия других

веществ. В связи с этим особое внимание в качественном анализе обращается на соблюдение оптимальных условий проведения реакций. Под ними понимают определённую среду раствора (рН), температуру, концентрацию реагента, введение других соединений. Химические методы качественного анализа могут выполняться также и при нахождении исследуемых веществ в твердом состоянии. К этой группе относится метод окрашивания пламени, основанный на способности некоторых элементов (щелочные, щелочноземельные металлы, медь и др.) окрашивать пламя в определенный цвет. По способу выполнения качественных реакций различают пробирочные и капельные реакции. Пробирочный метод состоит в том, что реактивы смешивают в пробирках малого объема. В них наблюдают образование осадков, окрашенных соединений, выделение газов. Капельный анализ проводят на фильтровальной бумаге или «часовых стеклах». Одним из главных достоинств этого метода является использование малых количеств проб и реагентов, а также низкий предел обнаружения определяемых веществ в связи капиллярными и адсорбционными явлениями, происходящими в волокнах фильтровальной бумаги. Важной характеристикой аналитической реакции является наименьшее содержание определяемого иона, при котором можно обнаружить его присутствие с достаточной достоверностью. Эта величина называется пределом обнаружения. Ее выражают в г/мл. Реакции с низким пределом обнаружения характеризуются  $S_{\text{мин}} = 10^{-7} - 10^{-8}$  г/мл.

### ***Приборы и реактивы***

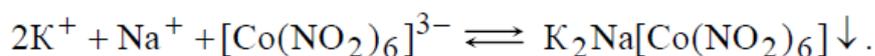
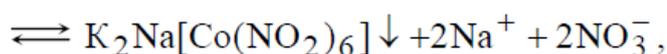
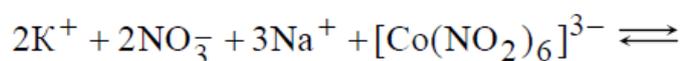
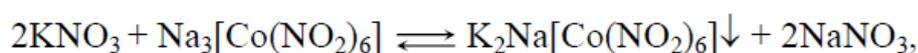
Чистые пробирки, часовые стекла, фильтровальная бумага, пипетки, нихромовая проволока, спиртовка. 0,5 н растворы: NaCl, KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, BaCl<sub>2</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>2</sub>, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. В качестве аналитических реагентов

применяются: KOH, Na<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>], реактив Несслера (смесь K<sub>2</sub>HgJ<sub>4</sub> с KOH), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], BaCl<sub>2</sub>, KNCS, AgNO<sub>3</sub>, растворы соляной, азотной, уксусной кислот, раствор аммиака, известковая вода.

### *Методика проведения эксперимента*

#### **Опыт 1.** Реакции ионов калия.

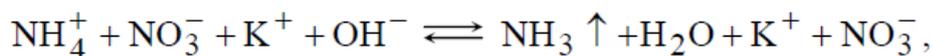
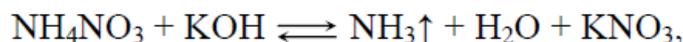
Гексанитрокобальтат(III) натрия в нейтральной или слабокислой среде образует с ионами калия желтый осадок:



В пробирку наливают 4–5 капель раствора соли калия и прибавляют 2–3 капли раствора реагента. Ионы аммония образуют аналогичный осадок. В связи с этим после обнаружения катионов NH<sub>4</sub><sup>+</sup> их удаляют из раствора при кипячении со щелочью до полного удаления аммиака.

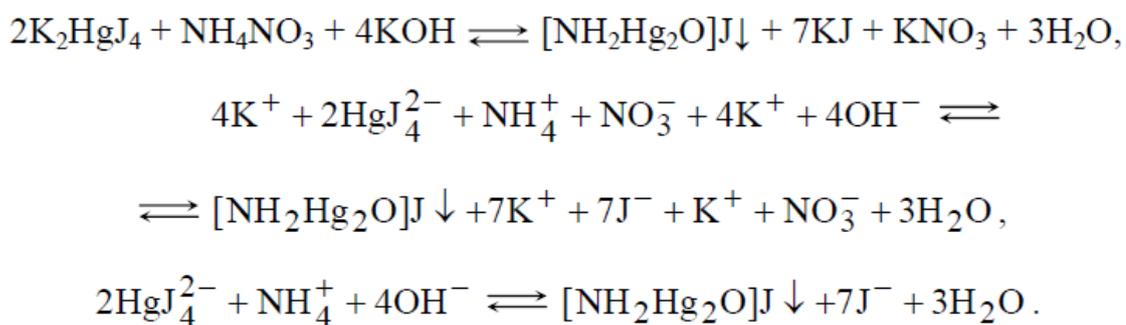
#### **Опыт 2.** Реакции ионов аммония.

1. Щелочи разлагают аммонийные соли с выделением аммиака:



В пробирку помещают 1 мл раствора соли аммония и 1 мл раствора гидроксида калия, нагревают (под тягой) и выделяющийся аммиак обнаруживают по запаху.

2. Реактив Несслера образует с ионами аммония красно-бурый осадок:



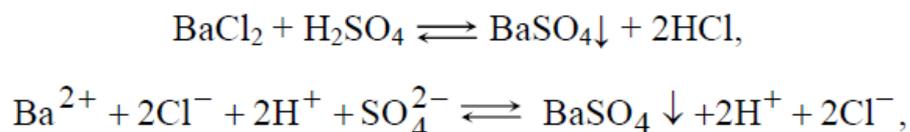
Реакция используется для обнаружения следовых количеств аммония. На часовое стекло помещают каплю раствора соли аммония и каплю реактива Несслера.

### Опыт 3. Реакции ионов натрия.

Окрашивание пламени. Соли натрия ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и др.) окрашивают пламя в характерный желтый цвет. Окраска устойчивая, реакция очень чувствительная. Нихромовую проволочку смочить в растворе  $\text{HCl}$ , прокалить в пламени горелки или спиртовки, далее прикоснуться к кристаллам соли натрия и внести в пламя горелки.

### Опыт 4. Реакции ионов бария.

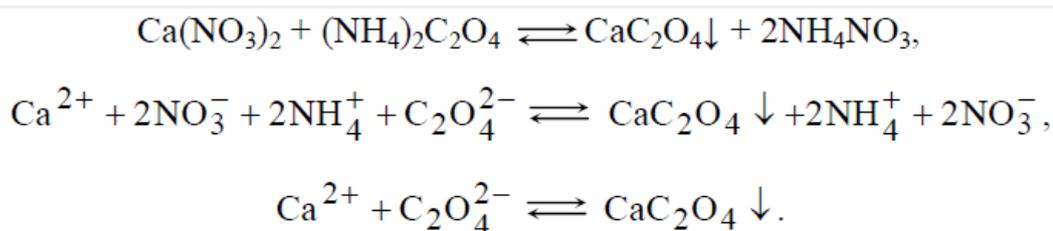
С серной кислотой и сульфатами ионы бария образуют белый кристаллический осадок, нерастворимый в растворах кислот и щелочей:



К нескольким каплям раствора хлорида бария в пробирке добавляют раствор серной кислоты. Эта реакция также используется для обнаружения сульфат-анионов в растворе.

### Опыт 5. Реакции ионов кальция.

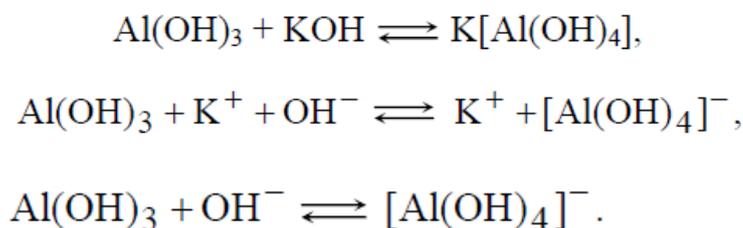
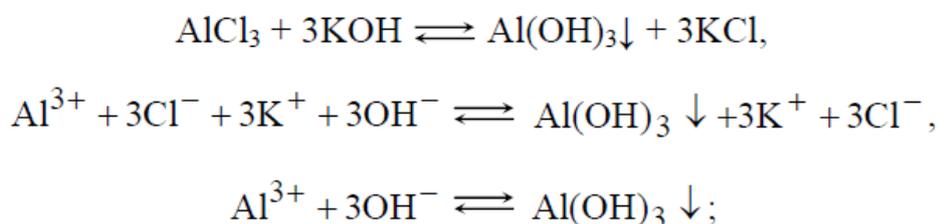
Оксалат аммония и другие растворимые соли щавелевой кислоты образуют с ионами кальция белый кристаллический осадок, не растворимый в уксусной кислоте, но растворимый в сильных минеральных кислотах:



К нескольким каплям раствора соли кальция в пробирке добавляют раствор оксалата аммония, наблюдают образование осадка.

### Опыт 6. Реакции ионов алюминия.

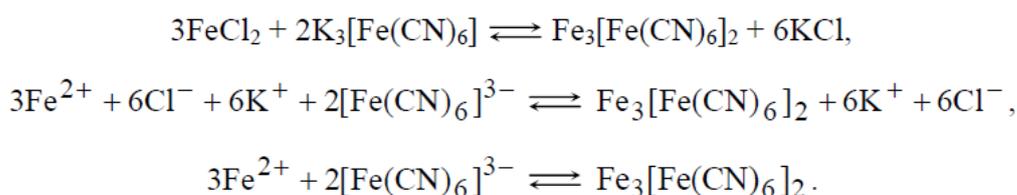
Щелочи образуют с солями алюминия белый студенистый осадок гидроксида алюминия, легко растворимого в избытке реагента:



К раствору соли алюминия в пробирке добавляют по каплям раствор щёлочи до растворения первоначально обнаружившегося осадка.

### Опыт 7. Реакции ионов железа(II) и железа(III).

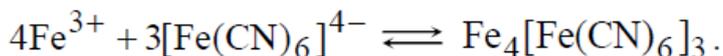
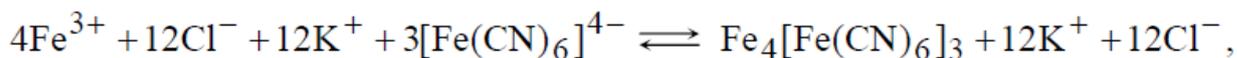
1. Гексацианоферрат(III) калия с катионами Fe(II) образует ее комплексное соединение «турнбулевой сини»:



На полоску фильтровальной бумаги помещают каплю раствора соли железа(II) и каплю реагента. Реакцию можно проводить и пробирочным

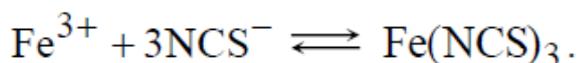
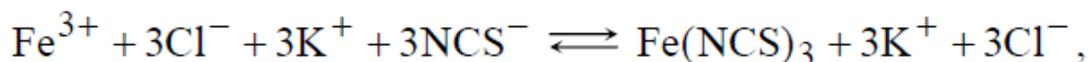
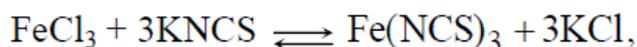
методом.

2. Гексацианоферрат(II) калия с катионами Fe(III) образует темно-синее комплексное соединение «берлинской лазури»:



Реакция проводится аналогично реакции 1 в опыте 7.

3. Тиоцианат калия с катионами Fe(III) образует комплексное соединение красного цвета:

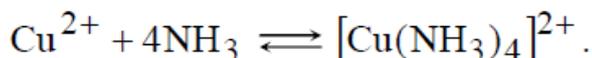
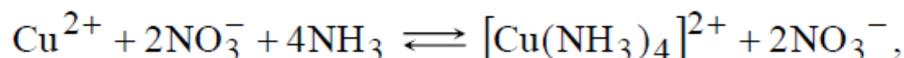
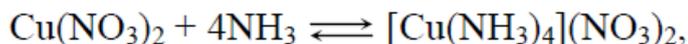


К раствору соли железа(III) в пробирке добавить 2-3 капли реагента.

Реакцию можно проводить и капельным методом.

**Опыт 8.** Реакции ионов меди.

Раствор аммиака с катионами меди образует комплексное соединение интенсивного темно-синего цвета:

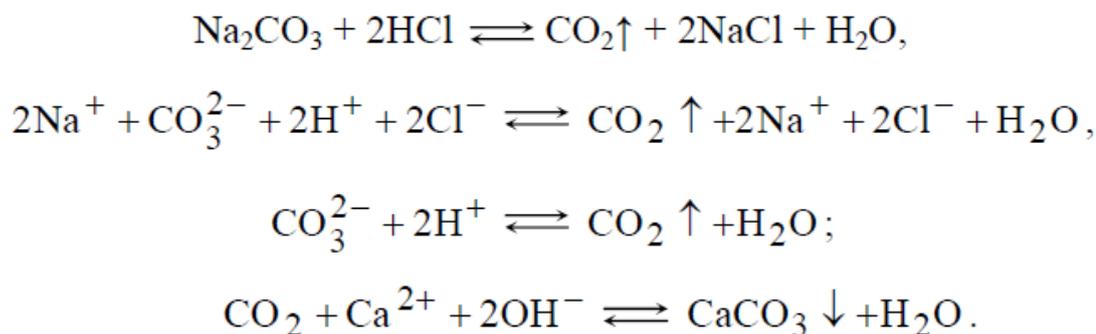


К раствору соли меди в пробирке добавить избыток водного раствора аммиака.

**Опыт 9.** Реакции карбонат-иона.

Кислоты разлагают карбонаты с выделением углекислого газа, который

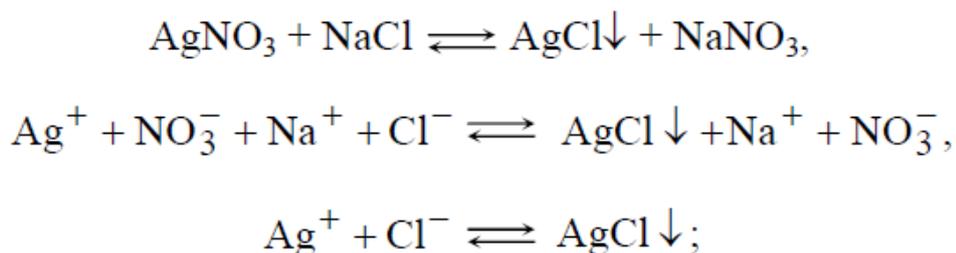
вызывает помутнение известковой воды:



В пробирку наливают раствор карбоната натрия, прибавляют раствор соляной кислоты и быстро закрывают пробирку пробкой с капилляром, в котором находится раствор известковой воды.

#### **Опыт 10.** Реакции хлорид-иона

Нитрат серебра с хлорид-ионами образует белый творожистый осадок, нерастворимый в азотной кислоте, но растворимый в растворе аммиака:



В пробирку наливают несколько капель раствора хлорида натрия, добавляют 1 каплю раствора нитрата серебра и исследуют растворимость осадка в растворе аммиака.

#### ***Оформление отчета***

Отчет о выполненной работе должен включать в себя:

- 1) название и цель работы;
- 2) краткое описание основных понятий качественного анализа;
- 3) экспериментальные данные в виде табл. 2;
- 4) выводы.

Изучаемый ион	Реагент	Условия проведения реакции, аналитический сигнал	Уравнения реакций в молекулярном и ионном виде

### ***Контрольные вопросы***

1. Дайте определение аналитической химии как науки. В чем заключаются задачи качественного анализа?
2. Расскажите об основных понятиях качественного анализа: аналитических реакциях, сигналах, реагентах.
3. Что такое избирательность и чувствительность аналитической реакции? Какой анализ называется дробным?
4. Укажите условия и способы выполнения аналитических реакций.