

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

В состав многих лекарственных препаратов входят различные металлы, которые могут присутствовать в них виде различных соединений: солей, оксидов, гидроксидов, комплексных соединений и др. При контроле качества лекарственных препаратов необходимо оценить подлинность содержащихся в них компонентов (чаще всего, катионов металлов), т.е. провести их идентификацию. Для обнаружения компонентов пробы используют соответствующие аналитические реагенты и реакции (табл. 1). Соответствующие аналитические реакции, включённые в качестве обязательных или рекомендуемых для Фармакопеи (или отдельных фармакопейных статей), называются **фармакопейными**.

Таблица 1. Реагенты в качественном анализе

Тип реагента	Описание	Примеры
Специфические	Аналитические реагенты, взаимодействующие лишь с конкретным веществом.	Крахмал (I_2) NaOH или KOH (NH_4^+)
Селективные	Аналитические реагенты, взаимодействующие с ограниченным числом компонентов (как правило, от 2 до 5).	8-гидроксихинолин (Mg^{2+} , Ca^{2+}) в аммиачных растворах; 8-гидроксихинолин (Bi^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+}) в уксуснокислых средах.
Групповые	Аналитические реагенты, служащие для выделения из сложной смеси веществ определённых аналитических групп.	HCl (Ag^+ , Hg^{2+}); H_2SO_4 (Ca^{2+} , Ba^{2+}); NaOH + H_2O_2 (Zn^{2+} , Al^{3+})

Групповые реагенты используют для разделения на аналитические группы, а также для селективного выделения (осаждения) некоторых ионов. Последовательное разделение ионов на отдельные аналитические группы является основным этапом систематического качественного химического анализа (табл. 5). Метод дробного обнаружения основан на применении специфических и селективных реагентов (табл. 5). Дробный анализ с использованием селективных реагентов без предварительного разделения на группы возможен в условиях маскирования мешающих ионов, например, при изменении pH раствора и т.п.

Таблица 2. Виды качественного химического анализа

Дробный анализ	Обнаружение иона или вещества в анализируемой пробе с помощью специфического реагента в присутствии всех компонентов пробы или селективного реагента при условии устранения мешающего влияния сопутствующих компонентов.
Систематический анализ	Анализ исследуемого объекта посредством разделения исходной смеси на аналитические группы с помощью групповых реагентов в определённой последовательности на основе сходства или различий аналитических свойств компонентов смеси с последующей их идентификацией.

1.1. ТЕХНИКА РАБОТЫ

Таблица 3. Техника проведения реакций в качественном анализе

Пробирочные
2-3 капли анализируемого раствора вносят в пробирку капиллярной пипеткой (осторожно, не касаясь стенок пробирки). Создают условия, рекомендованные в методике, добавляют 2-3 капли раствора реагента и перемешивают стеклянной палочкой. Через 1-2 мин наблюдают внешний эффект реакции.
Микрористаллоскопические
Каплю исследуемого раствора помещают на чистое и сухое предметное стекло, рядом наносят каплю реагента и соединяют их стеклянной палочкой. Размер капли должен быть небольшим ($d = 5-10$ мм). Под микроскопом наблюдают характерную форму и цвет кристаллов. Наблюдение следует начинать через некоторое время после внесения реагента. В первую очередь кристаллы образуются по периферии, где в большей степени испаряется растворитель.
Капельные
Каплю раствора реагента наносят на полоску фильтровальной бумаги капилляром. Для этого концом капилляра слегка прикасаются к бумаге (диаметр пятна не должен превышать 3 мм). В центр полученного пятна аналогичным образом наносят каплю исследуемого раствора.

Растирание
Небольшое количество анализируемого твёрдого вещества растирают в фарфоровой ступке (или на фарфоровой пластинке) с равным количеством твёрдого реагента. В случае присутствия ионов обнаруживаемого элемента смесь приобретает характерную окраску.
Экстракция
К нескольким каплям исследуемого раствора в пробирке с притертой пробкой добавляют все необходимые реагенты (в соответствии с методикой) и 5-10 капель органического растворителя (оптимальное соотношение объёмов водной и органических фаз 1:3). Закрывают пробирку пробкой и взбалтывают в течение 1-2 мин. После расслаивания наблюдают характерную окраску органического слоя растворителя.
Люминесцентные
Люминесцентные реакции выполняют, как правило, в виде капельных или микрокристаллоскопических. Влажное пятно высушивают на воздухе и наблюдают люминесценцию в УФ-свете. При выполнении люминесцентных реакций необходимо проводить контрольный опыт. Для этого проводят реакцию реагента не только с анализируемым раствором, но и с раствором контрольного опыта, содержащим все компоненты, кроме определяемого.

Таблица 4. Техника выполнения основных операций в качественном анализе

Нагревание и выпаривание
Нагревание. Пробирки с раствором нагревают на водяной бане (в сосуде, заполненном дистиллированной водой). В случае необходимости нагревания большого объёма раствора в стакане или колбе, нагревание проводят на асбестовой сетке над газовой горелкой.
Выпаривание. Проводят в фарфоровых чашках или тиглях на песочной бане или электроплитке под тягой. Растворение сухого остатка следует проводить только после охлаждения тигля во избежание разбрызгивания.
Осаждение
К нескольким каплям анализируемого раствора в пробирке прибавляют пипеткой необходимое количество реагента, предварительно создав условия, предусмотренные методикой. Содержимое пробирки тщательно перемешивают стеклянной палочкой, при необходимости нагревают на водяной бане. Для проверки полноты осаждения после центрифугирования осадка к прозрачному раствору добавляют каплю реагента. Если раствор остаётся прозрачным – осаждение полное. В противном случае реакцию осаждения следует повторить.

Центрифугирование

Отделение осадка от раствора проводят с помощью электрической центрифуги. Для центрифугирования следует использовать по возможности одинаковые конические пробирки. Уровень жидкости в пробирке должен быть на 6-8 см ниже края пробирки. Каждая пробирка должна быть уравновешена другой пробиркой, содержащей примерно равный объём воды. Крышку центрифуги не следует поднимать до её полной остановки.

Промывание осадка

Для промывания осадка, как правило, применяют дистиллированную воду (в случае промывания аморфных осадков используют раствор электролита - коагулятора). Осадок промывают 2-3 раза. Для этого в пробирку необходимо добавить 10-15 капель промывной жидкости, тщательно перемешать смесь стеклянной палочкой и поместить пробирку на водяную баню. После нагревания смеси в течение 1 мин её следует отцентрифугировать и отделить раствор от осадка.

1.2. ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ

КЛАССИФИКАЦИЯ КАТИОНОВ ПО КИСЛОТНО-ОСНОВНОЙ СХЕМЕ

Для каждого катиона известно множество аналитических реакций, однако при анализе лекарственных средств используют лишь немногие из них. В аналитической химии известны различные классификации катионов по группам: сероводородная (сульфидная), аммиачно-фосфатная, кислотно-основная, карбонатная, бифталатная и т.д. Чаще всего в аналитической практике используют кислотно-основную аналитическую классификацию катионов по группам. Указанная классификация основана на использовании в качестве групповых реагентов водных растворов кислот и оснований в соответствии с этой схемой. Катионы подразделяют на шесть аналитических групп (табл. 8).

Таблица 5. Классификация катионов по кислотно-основной схеме

№ группы	Катионы	Групповой реагент
1	$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{NH}_4^+$	Отсутствует
2	$\text{Ag}^+, \text{Hg}_2^{2+}, \text{Pb}^{2+}$	2 М HCl
3	$\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+} (\text{Pb}^{2+})$	1 М H ₂ SO ₄
4	$\text{Al}^{3+}, \text{Cr}^{3+}, \text{Zn}^{2+}, \text{As}^{3+}, \text{As(V)}, \text{Sn}^{2+}, \text{Sn(IV)}$	2 М NaOH и 3 % H ₂ O ₂

5	$Mg^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Sb(III), Sb(V), Bi(III)$	2 М NaOH или 25 % NH ₃
6	$Cu^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}$	25 % NH ₃

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ КАТИОНОВ

Таблица 6. Аналитические реакции катионов

Ион	Реагент	Методика, уравнение реакции, наблюдения
Первая аналитическая группа катионов		
Na⁺	Цинкуранилацетат $Zn[(UO_2)_3(CH_3COO)_8]$	На предметное стекло нанести каплю раствора NaCl, упарить до начала образования белой каёмки по краям капли и прибавить каплю цинкуранилацетата. Через 2-3 мин наблюдают в микроскоп образование жёлтых октаэдрических и тетраэдрических кристаллов . $Na^+ + Zn [(UO_2)_3(CH_3COO)_8] + CH_3COO^- + 9H_2O \rightarrow Na Zn (UO_2)_3(CH_3COO)_9 \cdot 9H_2O \downarrow$
	Окрашивание пламени газовой горелки (фармакопейный тест)	На кончике нихромовой проволоки внести в пламя газовой горелки несколько кристалликов соли натрия (например, NaCl). Пламя окрашивается в жёлтый цвет.
K⁺	Гексанитрокобальтат (III) натрия (фармакопейная реакция) $Na_3[Co(NO_2)_6]$	В пробирку внести 2 капли конц. раствора хлорида калия и 2 капли свежеприготовленного раствора $Na_3[Co(NO_2)_6]$. Выпадает жёлтый осадок $NaK_2[Co(NO_2)_6]$. Если осадок не образуется, то следует потереть стенки пробирки стеклянной палочкой. $2K^+ + Na_3[Co(NO_2)_6] \rightarrow NaK_2[Co(NO_2)_6] \downarrow + 2Na^+$
	Гексанитрокупрат (II) натрия и свинца $Na_2Pb[Cu(NO_2)_6]$	На предметное стекло нанести каплю раствора хлорида калия, осторожно упарить над пламенем газовой горелки до образования белой каёмки по краям капли, охладить до комнатной температуры и прибавить каплю раствора $Na_2Pb[Cu(NO_2)_6]$. Для

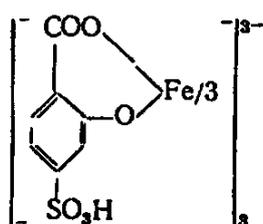
		<p>ускорения реакции необходимо добавить кристаллик NaNO_2. Через 1-2 мин наблюдают в микроскоп образование чёрных кубических кристаллов.</p> $2\text{K}^+ + \text{Na}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6] \rightarrow \text{K}_2\text{Pb}[\text{Cu}(\text{NO}_2)_6] \downarrow + 2\text{Na}^+$
	<p>Гидротартрат натрия (фармакопейная реакция) $\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$</p>	<p>В пробирку внести 2-3 капли раствора хлорида калия, 2 капли раствора гидротартрата натрия и потереть стенки пробирки стеклянной палочкой. Через некоторое время образуется белый кристаллический осадок, растворимый в разведенных минеральных кислотах и растворах гидроксидов щелочных металлов</p> $\text{K}^+ + \text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \rightarrow \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \downarrow + \text{Na}^+$
	<p>Окрашивание пламени газовой горелки (фармакопейный тест)</p>	<p>На кончике нихромовой проволоки внести в пламя газовой горелки несколько кристалликов соли натрия (например, KCl). Пламя окрашивается в фиолетовый цвет. Реакция высокочувствительна, присутствие даже малейших следов катионов натрия (примесь в реактивах) мешает наблюдать фиолетовое окрашивание пламени. Поэтому на пламя следует смотреть через раствор индиго или синее стекло, которые поглощают жёлтые лучи.</p>
NH_4^+	<p>Раствор щёлочи NaOH (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку внести 8-10 капель раствора соли аммония, прибавить равный объём раствора NaOH и осторожно нагреть раствор, не допуская его кипения и разбрызгивания. Над раствором поместить влажную красную лакмусовую бумагу, не касаясь ею стенок пробирки во избежание попадания на бумагу капелек щелочного раствора.</p> $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Выделяющиеся пары аммиака окрашивают красную лакмусовую бумагу в синий цвет. При внесении в пробирку стеклянной палочки, смоченной концентрированным раствором соляной кислоты,</p>

		появляется белый дым – хлорид аммония.
	Реактив Несслера (смесь тетраиодомеркурата (II) калия $K_2[HgI_4]$ с KOH) (фармакопейная реакция)	К 1-2 каплям раствора соли аммония прибавить 2 капли реактива Несслера. Выпадает аморфный красно-бурый осадок . $NH_4^+ + 2[HgI_4]^{2-} + 4OH^- \rightarrow [OHg_2NH_2]I \downarrow + 7I^- + 3H_2O$ или $NH_4^+ + 2[HgI_4]^{2-} + 2OH^- \rightarrow [(Hg)_2NH_2]I \downarrow + 5I^- + 2H_2O$
Третья аналитическая группа катионов		
Ca²⁺	Серная кислота H_2SO_4	Каплю раствора хлорида кальция $CaCl_2$ нанести на предметное стекло, прибавить каплю раствора серной кислоты, слегка упарить смесь. Под микроскопом наблюдают игольчатые кристаллы гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в виде красивых сросшихся пучков или звездочек. $Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O \downarrow$
	Оксалат аммония $(NH_4)_2C_2O_4$ (фармакопейная)	В пробирку внести 3 капли раствора $CaCl_2$, каплю раствора уксусной кислоты и 3 капли раствора оксалата аммония. Выпадает белый кристаллический осадок , растворимый в разведенных минеральных кислотах. $Ca^{2+} + C_2O_4^{2-} \rightarrow CaC_2O_4 \downarrow$
	Гексацианоферрат (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$ (фармакопейная)	В пробирку внести 3-4 капли насыщенного водного раствора $CaCl_2$ и 2-3 капли раствора аммиака. Нагреть раствор до кипения и прибавить 5-6 капель свежеприготовленного насыщенного раствора $K_4[Fe(CN)_6]$. Выпадает белый кристаллический осадок . $2NH_4^+ + Ca^{2+} + [Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow (NH_4)_2Ca[Fe(CN)_6] \downarrow$
	Родизонат натрия $Na_2C_6O_6$	В пробирку внести 3-4 капли раствора $CaCl_2$, 3-4 капли раствора NaOH и 2 капли свежеприготовленного 0,2% раствора родизоната натрия. Выпадает фиолетовый осадок . $2Ca^{2+} + Na_2C_6O_6 + 2OH^- \rightarrow Ca_2C_6O_6(OH)_2 \downarrow + 2Na^+$
	Реакция окрашивания	На кончике нихромовой проволоки, смоченной

	пламени	раствором HCl, внести в пламя газовой горелки несколько кристалликов соли CaCl ₂ . Пламя окрашивается в кирпично-красный цвет.
Четвёртая аналитическая группа катионов		
Zn²⁺	Раствор щёлочи NaOH	В пробирку внести 5-6 капель раствора ZnCl ₂ , 1-2 капли раствора NaOH. Выпадает белый осадок . Продолжить прибавление раствора NaOH при перемешивании содержимого пробирки. Осадок растворяется в растворах кислот и щелочей: $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$ $\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} \downarrow$
	Раствор аммиака NH ₃	В пробирку внести 5-6 капель раствора ZnCl ₂ , 1-2 капли раствора аммиака. Выпадает белый осадок . Продолжить прибавление раствора аммиака при перемешивании содержимого пробирки. Осадок растворяется. $\text{Zn}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$ $\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow + 4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
	Гексацианоферрат калия K ₄ [Fe(CN) ₆] (фармакопейная)	К 5-10 каплям раствора ZnCl ₂ прибавить 5 капель раствора K ₄ [Fe(CN) ₆]. Смесь нагреть до кипения. Выпадает белый осадок . $3\text{Zn}^{2+} + 2\text{K}^+ + 2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \downarrow$
	Сульфид аммония (NH ₄) ₂ S (фармакопейная реакция)	К 2-3 каплям раствора ZnCl ₂ прибавить 1-2 капли свежеприготовленного раствора (NH ₄) ₂ S. Выпадает белый осадок . $\text{Zn}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{ZnS} \downarrow$
	Реакция образования «зелени Ринмана». Нитрат кобальта Co(NO ₃) ₂	В пробирке или в фарфоровом тигле смешать по 5 капель растворов Zn(NO ₃) ₂ и Co(NO ₃) ₂ . Смесь нагреть до кипения и кипятить около 1 мин. Полученным горячим раствором смочить полоску фильтровальной бумаги, высушить ее и озолить в фарфоровом тигле на газовой горелке. Образуется зола зелёного цвета . $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{Co}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CoZnO}_2 \downarrow + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$

Al ³⁺	Раствор щёлочи NaOH	В пробирку внести 3-5 капель раствора AlCl ₃ и прибавить по каплям раствор NaOH. Выпадает белый осадок . Продолжить прибавление раствора NaOH. Осадок растворяется . $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ $\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{OH}^- \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$
	Раствор аммиака NH ₃	В пробирку внести 3-5 капель раствора AlCl ₃ и прибавить по каплям раствор аммиака. Выпадает белый осадок . Продолжить прибавление раствора аммиака. Осадок не (!) растворяется . $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$
	Реакция образования «тенаровой сини». Нитрат кобальта Co(NO ₃) ₂ (фармакопейная реакция)	Полоску фильтровальной бумаги смочить 2 каплями раствора Al ₂ (SO ₄) ₃ , затем 2 каплями раствора Co(NO ₃) ₂ . Бумагу высушить, поместить в фарфоровый тигель и озолить на газовой горелке. Получают золу синего цвета – «тенаровую синь». $2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Co}(\text{AlO}_2)_2 \downarrow + 4\text{NO}_2 \uparrow + 6\text{SO}_3 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$
Пятая аналитическая группа катионов		
Mg ²⁺	Раствор NaOH Раствор аммиака NH ₃	В две пробирки внести по 5-6 капель раствора соли магния и прибавить по каплям: в одну – раствор NaOH, в другую – раствор аммиака до выпадения белого аморфного осадка . $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ $\text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$
	Гидрофосфат натрия Na ₂ HPO ₄ (фармакопейная)	В пробирку внести по одной капле растворов соли магния, NH ₄ Cl и конц. аммиака. Каплю смеси нанести на предметное стекло и рядом поместить каплю раствора Na ₂ HPO ₄ . Привести капли в соприкосновение и через 1-3 мин наблюдают под микроскопом образование белого микрокристаллоскопического осадка : $\text{Mg}^{2+} + \text{HPO}_4^{2-} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{MgPO}_4 \downarrow$
Bi(III)	Раствор NaOH (или	В пробирку внести несколько капель солянокислого

	раствор аммиака NH ₃)	раствора BiCl ₃ и прибавить по каплям раствор NaOH (или раствор аммиака) до выпадения белого осадка , растворимого при прибавлении равного объема азотной кислоты концентрированной. $[\text{BiCl}_6]^{3-} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Bi}(\text{OH})_3 \downarrow + 6\text{Cl}^-$
	Сульфид аммония (NH ₄) ₂ S (фармакопейная)	В пробирку внести 3-4 капли солянокислого раствора BiCl ₃ и прибавить по каплям раствор (NH ₄) ₂ S. Выпадает чёрно-коричневый осадок . $2[\text{BiCl}_6]^{3-} + 3\text{S}^{2-} \rightarrow \text{Bi}_2\text{S}_3 \downarrow + 12\text{Cl}^-$
	Йодид калия KI (фармакопейная)	В пробирку внести 5 капель солянокислого раствора BiCl ₃ и прибавить по каплям раствор KI до выпадения чёрного осадка йодида висмута(III). Дальнейшее прибавление избытка раствора KI приводит к растворению осадка и образованию оранжевого раствора . При прибавлении воды к этому раствору образуется оранжевый осадок BiOI. $[\text{BiCl}_6]^{3-} + 3\text{I}^- \rightarrow \text{BiI}_3 \downarrow + 6\text{Cl}^-$ $\text{BiI}_3 + \text{I}^- \rightarrow [\text{BiI}_4]^-$ $[\text{BiI}_4]^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BiOI} \downarrow + 3\text{I}^- + 2\text{H}^+$
Fe²⁺	Раствор NaOH (или раствор аммиака NH ₃)	а) В пробирку внести 5-6 капель раствора соли железа(II) и по каплям прибавить раствор NaOH (или раствор аммиака) до прекращения выпадения белого осадка Fe(OH) ₂ . На воздухе осадок постепенно темнеет . $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ б) К свежеприготовленному, как описано выше, белому осадку Fe(OH) ₂ прибавляют по 2-3 капли растворов NaOH и H ₂ O ₂ . Окраска осадка изменяется до красно-бурой . $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
	Гексацианоферрат (III) калия K ₃ [Fe(CN) ₆]	В пробирку внести 2-3 капли раствора соли железа(II), 1-2 капли раствора HCl и 2-3 капли раствора феррицианида калия. Раствор окрашивается в синий

	(фармакопейная)	цвет и выделяется синий осадок «турнбулевой сини». $4\text{Fe}^{2+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3\downarrow$
	Сульфид аммония (NH_4) ₂ S (фармакопейная)	В пробирку внести 3-4 капли раствора соли железа(II), 2-3 капли раствора (NH_4) ₂ S. Выпадает чёрный осадок . $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{FeS}\downarrow$
Fe³⁺	Раствор NaOH (или раствор аммиака NH ₃)	В пробирку внести 3 капли раствора соли железа(III) и 3 капли раствора NaOH. Выпадает красно-бурый осадок . $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$
	Гексацианоферрат (II) калия K ₄ [Fe(CN) ₆] (фармакопейная)	В пробирку внести 2-3 капли раствора соли железа(III), 1-2 капли раствора HCl и 2 капли раствора ферроцианида калия. Раствор окрашивается в синий цвет и выпадает тёмно-синий осадок «берлинской лазури». $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3\downarrow$
	Сульфид аммония (NH_4) ₂ S (фармакопейная)	В пробирку внести 3-4 капли раствора соли железа(III) и 2-3 капли раствора (NH_4) ₂ S. Выделяется чёрный осадок . $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{S}^{2-} \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_3\downarrow$
	Тиоцианат калия KSCN (фармакопейная)	В пробирку внести 3-4 капли раствора соли железа(III) и 2-3 капли раствора KSCN. Раствор окрашивается в красный цвет . $\text{Fe}^{3+} + 6\text{SCN}^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$
	Сульфосалициловая кислота (фармакопейная)	В пробирку внести 5 капель раствора соли железа(III), 10 капель раствора сульфосалициловой кислоты и 0,5 мл конц. раствора аммиака. Раствор окрашивается в жёлтый цвет . 
Шестая аналитическая группа катионов		
Hg²⁺	Иодид калия	В пробирку вносят 2-3 капли соли

	(фармакопейная)	<p>ртути (II) и прибавляют каплю разбавленного иодида калия. Выпадает красный осадок иодида ртути (II), при дальнейшем прибавлении по каплям (при встряхивании) раствора иодида калия осадок растворяется с образованием бесцветного раствора.</p> $\text{Hg}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{HgI}_2 \downarrow$ $\text{HgI}_2 \downarrow + 2\text{I}^- \rightarrow [\text{HgI}_4]^{2-}$
	<p>Реакция с сульфид-ионами (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку вносят 2-3 капли соли хлорида ртути (II) и прибавляют по каплям раствор сульфида натрия. Выпадает белый осадок, чернеющий при дальнейшем прибавлении раствора сульфида натрия.</p> $3\text{HgCl}_2 + 2\text{Na}_2\text{S} \rightarrow 2\text{HgS} \cdot \text{HgCl}_2 \downarrow + 4\text{NaCl}$ $2\text{HgS} \cdot \text{HgCl}_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{S} \rightarrow 3\text{HgS} \downarrow + 2\text{NaCl}$

1.3. ОБНАРУЖЕНИЕ АНИОНОВ

В состав лекарственных средств, наполнителей, вспомогательных веществ могут входить различные анионы. При контроле качества лекарственных препаратов необходима идентификация анионов с использованием аналитических качественных реакций. Аналитическая классификация анионов по группам, в отличие от аналитической классификации катионов, подробно не разработана. Существуют несколько подходов к разделению анионов, основанных на их окислительно-восстановительных свойствах, устойчивости в различных условиях, растворимости солей. Так как классификация анионов ограничена и не охватывает все ионы, представляющие аналитический интерес, дальнейшее обнаружение анионов после предварительных испытаний целесообразно проводить дробным методом в небольших порциях исходного раствора.

КЛАССИФИКАЦИЯ АНИОНОВ

Таблица 7. Классификация анионов, основанная на образовании малорастворимых солей бария и серебра

№ группы	Групповой реагент	Анионы
1	BaCl ₂ в нейтральной или слабощелочной среде	SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , B ₄ O ₇ ²⁻ , (BO ₂ ⁻), PO ₄ ³⁻ , F ⁻ , AsO ₄ ³⁻ , AsO ₃ ³⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , тартрат-ион C ₄ H ₄ O ₆ ²⁻ , цитрат-ион C ₆ H ₅ O ₇ ³⁻
2	AgNO ₃ в 2М HNO ₃	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , CN ⁻ , SCN ⁻ , S ²⁻ , бензоат-ион C ₆ H ₅ COO ⁻ , BrO ₃ ⁻
3	Отсутствует	NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , CH ₃ COO ⁻ , салицилат-ион HOC ₆ H ₄ COO ⁻

Примечание. Ионы SO₃²⁻, S₂O₃²⁻, C₂O₄²⁻, PO₄³⁻, HPO₄²⁻ взаимодействуют с раствором AgNO₃ с образованием осадков белого цвета, так же, как и анионы 2-ой группы. Различить эти осадки можно, анализируя их устойчивость и растворимость в различных условиях.

Таблица 8. Классификация анионов, основанная на их окислительно-восстановительных свойствах

№ группы	Анионы	Групповой реагент
1 (окислители)	BrO_3^- , AsO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^-	КІ в среде H_2SO_4
2 (восстановители)	S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, AsO_3^{3-}	I_2 в КІ
	S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, AsO_3^{3-} , NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, Cl^- , Br^- , I^- , CN^- , SCN^- ,	KMnO_4 в среде H_2SO_4
3 (индифферентные)	SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , CH_3COO^- , PO_4^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, (BO_2^-) и другие	Отсутствует

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ АНИОНОВ

Таблица 9. Аналитические реакции анионов

Ион	Реагент	Методика, уравнение реакции, наблюдения
Первая аналитическая группа анионов		
SO_4^{2-}	Хлорид бария BaCl_2 (фармакопейная)	В пробирку внести 3-4 капли раствора Na_2SO_4 , каплю разбавленного раствора HCl и 2-3 капли BaCl_2 . $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$ Образуется белый микрокристаллический осадок сульфата бария, нерастворимый в минеральных кислотах, за исключением частичной растворимости в H_2SO_4 (конц.)
SO_3^{2-}	Хлорид бария BaCl_2 (фармакопейная)	В пробирку внести 2-3 капли раствора Na_2SO_3 и 2-3 капли раствора BaCl_2 . $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_3\downarrow$ Образуется белый микрокристаллический осадок сульфита бария, растворимый в разбавленных HCl и HNO_3 , с выделением газообразного диоксида серы SO_2 . $\text{BaSO}_3\downarrow + 2\text{HCl} \rightarrow \text{SO}_2\uparrow + \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

	<p>Разложение SO_3^{2-} кислотами, фармакопейная реакция</p>	<p>Все сульфиты разлагаются минеральными кислотами с выделением газообразного SO_2.</p> $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Выделяющийся диоксид серы обнаруживают по характерному запаху, а также по обесцвечиванию водного раствора (разбавленного!) перманганата калия.</p> $5\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ <p>В пробирку внести 5-6 капель Na_2SO_3, быстро прибавить 5-6 капель разбавленной H_2SO_4 и закрыть пробкой с газоотводной трубкой, свободный конец которой поместить в пробирку с разбавленным и подкисленным серной кислотой KMnO_4. Розовый раствор обесцвечивается.</p>
	<p>Нитрат серебра AgNO_3 (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку внести 3-4 капли Na_2SO_3 и по каплям прибавить раствор AgNO_3 до выпадения белого осадка сульфита серебра.</p> $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow$ <p>1) К полученному осадку прибавить раствор сульфита натрия по каплям, при перемешивании до растворения осадка.</p> $\text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow + 3\text{SO}_3^{2-} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{SO}_3)_2]^{3-}$ <p>2) При кипячении белый осадок сульфита серебра темнеет за счет выделения оксида серебра</p> $\text{Ag}_2\text{SO}_3 \downarrow \rightarrow \text{SO}_2 \uparrow + \text{Ag}_2\text{O} \downarrow$
	<p>Раствор иода I_2 (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку внести 3-4 капли раствора сульфита натрия и 3-4 капли раствора йода (разбавленного до светло-желтой окраски). Раствор йода обесцвечивается. Реакция протекает в нейтральных или слабокислых растворах.</p> $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+$
<p>CO_3^{2-}</p>	<p>Хлорид бария BaCl_2</p>	<p>В пробирку внести 3-4 капли раствора Na_2CO_3,</p>

		<p>3-4 капли раствора хлорида бария. Выпадает белый мелкокристаллический осадок карбоната бария. Аналогичные осадки образуют катионы кальция и стронция.</p> $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3\downarrow$ <p>Осадок карбоната бария, как и другие карбонаты, растворяется в соляной кислоте с выделением газообразного CO_2.</p>
	Фенолфталеин	Карбонат-ионы подвергаются гидролизу в водных растворах и при прибавлении 1 капли фенолфталеина окрашиваются в розовый цвет .
	Сульфат магния MgSO_4 (фармакопейная)	<p>В пробирку внести 3-4 капли раствора Na_2CO_3, 3-4 капли насыщенного раствора MgSO_4. Выпадает белый осадок.</p> $\text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{MgCO}_3\downarrow$ <p>Осадок карбоната магния растворяется в кислотах с выделением газообразного CO_2.</p>
	Разложение CO_3^{2-} кислотами, фармакопейная реакция	<p>В пробирку внести 10 капель раствора Na_2CO_3, 10 капель раствора HCl или H_2SO_4, закрыть пробирку пробкой с газоотводной трубкой, свободный конец которой погрузить в пробирку с известковой водой до помутнения раствора.</p> $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_3\text{O}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
HCO_3^-	Фенолфталеин	Растворы HCO_3^- щелочных металлов не окрашиваются при добавлении фенолфталеина.
	Сульфат магния MgSO_4 (фармакопейная)	<p>Гидрокарбонат – ион образует осадок с сульфатом магния только при кипячении.</p> $\text{Mg}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{MgCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	Хлорид кальция CaCl_2	<p>В пробирку внести 10 капель раствора NaHCO_3, 5 капель раствора CaCl_2. Если в растворе присутствует CO_3^{2-}, то отделить выпавший осадок карбоната кальция. Гидрокарбонат кальция растворим и останется в растворе. К</p>

		<p>полученному раствору добавить по каплям раствор аммиака до полного выделения осадка карбоната кальция.</p> $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4^+$
PO_4^{3-}	Хлорид бария BaCl_2	<p>В пробирку внести 4 капли раствора Na_3PO_4 и прибавить по каплям раствор BaCl_2 до прекращения образования осадка фосфата бария:</p> $\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$ <p>Свежеосажденный осадок растворим в азотной, соляной и уксусной кислотах.</p>
	Нитрат серебра AgNO_3 (фармакопейная)	<p>В пробирку внести 5 капель раствора Na_3PO_4 и прибавить по каплям раствор AgNO_3 до выпадения желтого осадка фосфата серебра. Реакцию проводят в нейтральной среде.</p> $\text{PO}_4^{3-} + 3\text{Ag}^{2+} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow$ <p>Осадок растворим в азотной кислоте и конц. аммиаке.</p>
	Молибдат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ (фармакопейная)	<p>В пробирку внести 2 капли раствора Na_3PO_4, 6 капель HNO_3, несколько кристалликов NH_4NO_3 и 6 капель раствора $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Осторожно нагреть до появления желтого осадка.</p> $\text{PO}_4^{3-} + 3\text{NH}_4^+ + 12\text{MoO}_4^{2-} + 24\text{H}^+ \rightarrow (\text{NH}_4)_3[\text{PO}_4(\text{MoO}_3)_{12}] \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Проведению реакции мешают анионы – восстановители S^{2-}, SO_3^{2-}, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, восстанавливающие гетерополианион до молибденовой сини.</p>
AsO_4^{3-} AsO_3^{3-}	С сульфит-ионами в кислой среде (фармакопейная)	<p>Арсенит и арсенат-ионы при реакции с растворимыми сульфидами (натрия аммония) образуют желтые осадки сульфида мышьяка (III) и сульфида мышьяка (V).</p> $2\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{As}_2\text{S}_3 \downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$ $2\text{AsO}_4^{3-} + 5\text{S}^{2-} + 16\text{H}^+ \rightarrow \text{As}_2\text{S}_5 \downarrow + 8\text{H}_2\text{O}$
Тартрат-ион -	Хлорид калия KCl	В пробирку внести 5 капель конц. раствора

ООС-СН(ОН)- СН(ОН)-СОО-	(фармакопейная)	<p>тартрата, добавить кристаллик КСl и каплю раствора ацетата натрия. Выпадает белый кристаллический осадок гидротартрата калия. Для ускорения образования осадка в смесь можно добавить 2-3 капли этанола и охладить пробирку холодной водой.</p> $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-} + \text{K}^+ + \text{H}^+ \rightarrow \text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6\downarrow$ <p>Осадок растворяется в растворах минеральных кислот и щелочей.</p>
	Нитрат серебра $\text{AgNO}_3, \text{NH}_3(\text{aq})$	<p>В пробирку внести 4 капли тартрата, 5 капель раствора AgNO_3 и 5 капель раствора аммиака. Раствор темнеет. Нагреть раствор на водяной бане до кипения и кипятить 1 мин. Выпадает черный осадок металлического серебра.</p>
Цитрат-ион ⁻ ООССН₂- С(ОН)(СОО-)- СН₂СОО⁻	Хлорид кальция CaCl_2 (фармакопейная)	<p>В пробирку внести 6 капель нейтрального раствора цитрата и 6 капель раствора CaCl_2. Раствор должен остаться прозрачным. Нагреть смесь до кипения на водяной бане. Выпадает белый осадок, который растворяется при охлаждении пробирки водой.</p> $2\text{Cit}^{3-} + 3\text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{Ca}_3\text{Cit}_2\downarrow$
	Уксусный ангидрид $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ (фармакопейная)	<p>В пробирку внести 3 капли раствора цитрата и 3 капли раствора уксусного ангидрида. Через несколько минут раствор приобретает красную окраску.</p>
Вторая аналитическая группа анионов		
Сl⁻	Нитрат серебра AgNO_3 (фармакопейная)	<p>В пробирку внести 4 капли раствора HCl или NaCl, прибавить по каплям раствор AgNO_3 до полного образования белого творожистого осадка хлорида серебра.</p> $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$ <p>Осадок растворяется в растворах аммиака, карбоната аммония и тиосульфата натрия за счет образования комплексных соединений.</p>
	Перманганат калия	В пробирку внести 6 капель раствора HCl или

	КМnO ₄	NaCl, 6 капель конц. раствора КМnO ₄ и 3 капли H ₂ SO ₄ . Раствор осторожно нагреть (под тягой!). Розово-фиолетовый раствор обесцвечивается. $2\text{MnO}_4^- + 2\text{Cl}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
Br⁻	Нитрат серебра AgNO ₃ (фармакопейная)	В пробирку внести 4 капли раствора NaBr или KBr, прибавить по каплям раствор AgNO ₃ . Выпадает желтый осадок бромида серебра. $\text{Br}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgBr}\downarrow$ Осадок практически нерастворим в воде, азотной кислоте, частично растворим в аммиаке, но растворяется в растворе тиосульфата натрия с образованием комплексного соединения серебра. $\text{AgBr}\downarrow + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} + \text{Br}^-$
	Хлорная вода Cl ₂	В пробирку внести 4 капли раствора NaBr или KBr, 2-3 капли раствора H ₂ SO ₄ и 5 капель хлорной воды. Встряхнуть раствор и добавить 5 капель хлороформа. Нижний органический слой окрашивается в темно-желтый или коричневый цвет, окраска водной фазы становится бледно-желтой. $\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$
I⁻	Нитрат серебра AgNO ₃ (фармакопейная)	В пробирку внести 4 капли раствора KI, прибавить по каплям раствор AgNO ₃ . Выпадает желтый осадок иодида серебра. $\text{I}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgI}\downarrow$ Осадок практически нерастворим в воде, азотной кислоте и аммиаке, растворяется в растворе тиосульфата натрия и в избытке иодид-ионов.
	Хлорная вода Cl ₂	В пробирку внести 3 капли раствора KI, прибавить по каплям хлорную воду до выделения свободного йода. Добавить 5 капель хлороформа и встряхнуть смесь. Органический слой окрашивается в фиолетовый цвет.

		$2I + Cl_2 \rightarrow I_2 + 2Cl^-$
Бензоат-ион $C_6H_5COO^-$	Хлорид железа(III) $FeCl_3$ (фармакопейная)	В пробирку внести 6 капель нейтрального раствора, содержащего бензоат-ионы, и прибавить по каплям раствор $FeCl_3$ до образования розового осадка .
	Соляная кислота HCl	В пробирку внести 6 капель раствора, содержащего бензоат-ионы, и раствор HCl . Выпадает белый осадок бензойной кислоты. $C_6H_5COO^- + H^+ \rightarrow C_6H_5COOH \downarrow$
Третья аналитическая группа анионов		
NO_2^-	Сильные кислоты (фармакопейная)	В пробирку внести 3 капли раствора $NaNO_2$ и 2-3 капли разбавленной H_2SO_4 . Выделяются желто-бурые пары оксидов азота. $NO_2^- + H^+ \leftrightarrow HNO_2$ $HNO_2 \rightarrow N_2O_3 + H_2O \rightarrow NO \uparrow + NO_2 \uparrow + H_2O$
	Дифениламин $C_6H_5NHC_6H_5$ (фармакопейная)	В фарфоровую чашку внести 4 капли раствора дифениламина в конц. H_2SO_4 и кристаллик $NaNO_2$. Смесь окрашивается в ярко-синий цвет , через некоторое время цвет изменяется в бурый, а затем в желтый .
	Перманганат калия $KMnO_4$ (нитрит-ион – восстановитель)	В пробирку внести 2 капли разбавленного раствора $KMnO_4$, 2 капли разбавленной H_2SO_4 и 4 капли раствора $NaNO_2$. Розовый раствор перманганата обесцвечивается . $NO_2^- + 2MnO_4^- + 6H^+ \rightarrow 5NO_3^- + 2Mn^{2+} + 3H_2O$ Мешают другие восстановители.
NO_3^-	Дифениламин $C_6H_5NHC_6H_5$ (фармакопейная)	В фарфоровую чашку внести 4 капли раствора дифениламина в конц. H_2SO_4 и кристаллик $NaNO_3$. Смесь окрашивается в ярко-синий цвет , через некоторое время цвет изменяется в бурый, а затем в желтый .
	Металлическая Cu (фармакопейная)	В пробирку внести 2 капли конц. H_2SO_4 , кусочек металлической меди и 2 капли раствора $NaNO_3$. Осторожно нагреть пробирку под тягой.

		<p>Выделяются буро-желтые пары диоксида азота.</p> $2\text{NO}_3^- + 8\text{H}^+ + 3\text{Cu} \rightarrow 3\text{Cu}^{2+} + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
CH₃COO⁻	<p>Хлорид железа(III) FeCl₃ (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку внести 6 капель ацетата натрия CH₃COONa, 3 капли раствора FeCl₃. Осторожно нагреть пробирку до кипения и прокипятить раствор. Выпадает красно-бурый осадок основного ацетата железа Fe(OH)₂CH₃COO.</p> $(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ $\rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2\text{CH}_3\text{COO} \downarrow + 2\text{CH}_3\text{COOH}$
	<p>Этиловый спирт C₂H₅OH (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку внести немного сухого ацетата натрия CH₃COONa, 4 капли конц. H₂SO₄, 5 капель этилового спирта и 2 капли раствора AgNO₃ в качестве катализатора. Осторожно нагреть смесь на водяной бане. Ощущается характерный запах уксусноэтилового эфира.</p> $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO C}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$
Салицилат-ион НОС₆Н₄СОО⁻	<p>Хлорид железа(III) FeCl₃ (фармакопейная)</p>	<p>В пробирку внести 5 капель нейтрального раствора (или спиртового), содержащего салицилат-ионы и каплю раствора FeCl₃. Раствор окрашивается в фиолетово-синий или красноватый цвет.</p> $3\text{НОС}_6\text{Н}_4\text{СОО}^- + \text{Fe}^{3+} \leftrightarrow [\text{Fe}(\text{НОС}_6\text{Н}_4\text{СОО})_3]$ <p>При добавлении разбавленной HCl раствор обесцвечивается с выпадением осадка свободной салициловой кислоты.</p>
	<p>Соляная кислота HCl</p>	<p>В пробирку внести 6 капель нейтрального раствора, содержащего салицилат-ионы, и раствор HCl. Выпадает белый осадок салициловой кислоты:</p> $\text{НОС}_6\text{Н}_4\text{СОО}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{НОС}_6\text{Н}_4\text{СООН} \downarrow$
Бензоат-ион С₆Н₅СОО⁻	<p>Реакция с минеральными</p>	<p>В пробирку вносят 5-6 капель нейтрального раствора, содержащего бензоаты, и подкисляют</p>

	кислотами	<p>раствором соляной кислоты. Образуется белый осадок бензойной кислоты.</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}\downarrow$
	<p>Хлорид железа(III) FeCl_3 (фармакопейная)</p>	<p>Бензоат-ион с катионами железа (III) в нейтральной среде образует малорастворимый бензоатный комплекс, выпадающий из раствора в виде розово-желтого осадка $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO})_3\text{Fe}$.</p>