

**Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**Кафедра химии**

**ХИМИЯ**  
**Лабораторный практикум**  
**Лабораторная работа**  
**Качественные реакции анионов**

## Лабораторная работа

### Качественные реакции анионов

*Цель:* Анализ качественных реакций анионов в растворе.

*Задачи:* а) изучить реакции, необходимые для обнаружения анионов в исследуемом растворе; б) ознакомиться с техникой проведения систематического анализа раствора, в котором содержатся смесь анионов трех групп; в) научиться доказывать содержание отдельных анионов в водном растворе их солей.

*Материалы и оборудование:* водный раствор смеси солей анионов; растворы реактивов, необходимые для проведения систематического анализа; дистиллированная вода; спиртовки; предметные стекла; пробирки для полумикроанализа; микроскоп; центрифуга, водяная баня.

Анионы разделены на три аналитические группы по растворимости бариевых и серебряных солей (таблица 3).

**Таблица 3. Растворимость бариевых и серебряных солей**

№ группы	Анионы, образующие группу	Краткая характеристика группы	Групповой реагент и условия его применения
1	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_3^{2-}$ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{BO}_2^-$ , $\text{F}^-$ , $\text{SiO}_3^{2-}$ , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ , $\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{C}_2\text{O}_7^{2-}$ , $\text{AsO}_4^{3-}$ , $\text{AsO}_3^{3-}$	Бариевые соли малорастворимы в воде, но растворяются в разбавленных кислотах (за исключением сульфата бария)	Хлорид бария в нейтральной или слабо-щелочной среде
2	$\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ , $\text{S}^{2-}$ , $\text{SCN}^-$ , $\text{CN}^-$ , $\text{BrO}_3^-$ , $\text{ClO}^-$	Серебряные соли малорастворимы в воде и в азотной кислоте	Нитрат серебра в присутствии азотной кислоты
3	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , $\text{MnO}_4^-$ , $\text{ClO}_3^-$	Бариевые и серебряные соли растворимы в воде	Группового реагента нет

Многие анионы обнаруживают с помощью реакций, которые уже использовались для обнаружения катионов. Однако анализ смеси анионов имеет свои особенности, так как, в отличие от катионов, анионы обычно не мешают обнаружению друг друга. Большинство их обнаруживают дробным методом в отдельных порциях анализируемого раствора. К систематическому же анализу прибегают в наиболее сложных случаях, например, когда в растворе присутствуют анионы – восстановители или окислители.

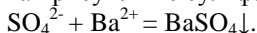
Многие анионы обнаруживают дробным методом в отдельных порциях раствора; строгая последовательность операций при этом не обязательна. К реакциям же отделения прибегают лишь в тех немногих случаях, когда в растворе могут одновременно присутствовать хлорид-, бромид- и иодид-анионы (или сульфат-, сульфит-, сульфид- и тиосульфат-ионы).

Обычно анализ начинают с предварительных испытаний, позволяющих установить отсутствие некоторых ионов. Затем обнаруживают отдельные анионы, которые могут присутствовать в растворе.

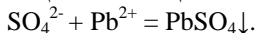
*Испытание реакции раствора.* Кислая реакция исследуемого раствора указывает на отсутствие анионов летучих и неустойчивых кислот, например карбонат-иона.

Проба на присутствие анионов 1-й группы  
и обнаружение сульфат-иона

1. Если раствор кислый, его нейтрализуют гидроксидом бария. К 3–4 каплям нейтрального или слабощелочного раствора прибавляют 2–3 капли хлорида бария, то есть группового реагента. Появление осадка указывает на присутствие анионов 1-й группы, а нерастворимость его в 2 н. соляной кислоте – на присутствие сульфат-анионов.

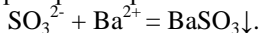


2. Реакция с ионами свинца. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфат-ионы, добавляют 5-6 капель раствора соли свинца. Сульфат свинца растворяется в щелочах и ацетате аммония.

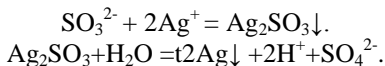


Обнаружение сульфит-иона

1. Реакция с ионами бария. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфит-ионы, добавляют 5-6 капель раствора соли бария. Образуется белый осадок, который растворяется в кислотах.

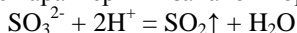


2. Реакция с ионами серебра. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфит-ионы, добавляют 5-6 капель раствора соли серебра. Образуется белый осадок сульфита серебра, растворимый в азотной кислоте; в избытке сульфит-ионов растворяется с образованием комплексного соединения. При нагревании осадок сульфита серебра чернеет.

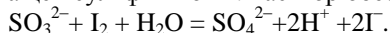


3. Реакция с минеральными кислотами К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфит-ионы, добавляют 5-6 капель раствора кислоты.

Минеральные кислоты разлагают сульфиты с выделением газообразного оксида серы  $\text{SO}_2$  с характерным запахом горячей серы.



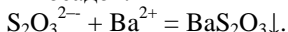
4. Окислительно-восстановительные реакции: действие окислителей. К 4-5 каплям раствора  $\text{I}_2$  или  $\text{KMnO}_4$  добавляют 5-6 капель раствора соли, содержащей сульфит-ионы. Раствор обесцвечивается.



5. Реакция с нитропруссидом натрия. Нитропруссид натрия  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  окрашивает нейтральные растворы сульфитов в розово-фиолетовый цвет (состав продуктов точно не установлен). Ионы  $\text{Zn}^{2+}$  усиливают окраску. Ион  $\text{S}^{2-}$  дает с нитропруссидом фиолетовую окраску и, следовательно, мешает обнаружению сульфит-ионов.

#### Обнаружение тиосульфат-иона

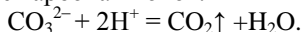
1. Реакция с ионами бария. Растворимые соли бария образуют с тиосульфат-ионами белый осадок.



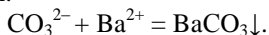
2. Реакция с нитропруссидом натрия. Нитропруссид натрия образует с тиосульфат-ионами соединение, окрашенное в синий цвет.

#### Обнаружение карбонат-ионов

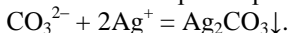
1. Реакция с минеральными кислотами. 6–8 капель анализируемого раствора помещают в пробирку прибора для обнаружения газов и приливают 6–8 капель 2 н. соляной кислоты. Наблюдается выделение углекислого газа. При пропускании выделяющегося газа через раствор  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  выпадает белый осадок  $\text{BaCO}_3$ . Появление мути указывает на присутствие в растворе карбонат-ионов.



2. Реакция с ионами бария. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей карбонат-ионы, добавляют 5-6 капель раствора соли бария.  $\text{BaCO}_3$  растворяется в кислотах.



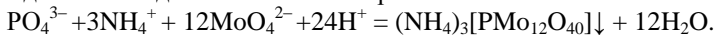
3. Реакция с ионами серебра. Минеральные кислоты разлагают карбонаты с выделением  $\text{CO}_2$ . К 4-5 каплям раствора соли, содержащей карбонат-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра.



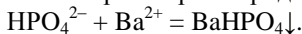
#### Обнаружение фосфат-ионов

1. Реакция с молибденовой жидкостью ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$ ). К 3 каплям анализируемого раствора прибавляют избыток молибденовой жидкости, нагревают на бане и дают постоять. В присутствии фосфат-ионов выпадает желтый осадок фосфомолибдата аммония.

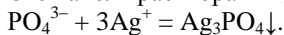
Молибденовая жидкость образует с фосфатами желтый кристаллический осадок фосфомолибдата аммония  $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]$ . Осадок растворяется в избытке фосфатов. 2-3 капли раствора кипятят несколько минут с концентрированной  $\text{HNO}_3$ , после чего прибавить 2-3 капли молибденовой жидкости и слегка нагревают.



2. Реакция с ионами бария. Ионы бария образуют с гидрофосфат-ионами белый осадок гидрофосфата бария  $\text{BaHPO}_4$  (в нейтральной среде) или фосфата бария (в щелочной среде)  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ . Осадки растворяются в кислотах. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей фосфат-ионы, добавляют 5-6 капель раствора хлорида бария.



3. Реакция с ионами серебра. Ионы серебра образуют с фосфат-ионами желтый осадок фосфата серебра  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$ . Осадок растворим в азотной кислоте и аммиаке. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей фосфат-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра.



4. Реакция с магниальной смесью ( $\text{MgCl}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ). Магниальная смесь образует с гидрофосфатами белый кристаллический осадок фосфата магния-аммония  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ . К 2-3 каплям раствора соли магния приливают 3-4 капли 2н. соляной кислоты и 2-3 капли раствора  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . К смеси прибавляют по каплям раствор аммиака, перемешивая содержимое пробирки. Выпадает кристаллический осадок  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ .

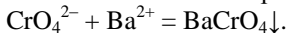


Обнаружение борат-ионов

Берут в тигель 5–6 капель анализируемого раствора, выпаривают досуха, дают остыть, приливают 2–3 капли концентрированной серной кислоты и немного этилового спирта. Поджигают смесь. В присутствии иона  $\text{BO}_2^-$  пламя окрашивается в зеленый цвет.

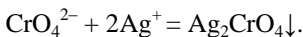
Обнаружение хромат- и бихромат ионов

1 Реакция с ионами бария. Ионы бария образуют с хромат- и бихромат-ионами желтый осадок хромата бария  $\text{BaCrO}_4$ . К 2-3 каплям раствора, содержащего хромат- или бихромат-ионы, добавляют 3-4 капли ацетатной буферной смеси и 2-3 капли раствора хлорида бария.



2. Реакция с ионами серебра. Ионы серебра образуют с хромат- и бихромат-ионами кирпично-красный осадок хромата серебра  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .

К 2-3 каплям раствора, содержащего хромат-или бихромат-ионы, добавляют 3-4 капли ацетатной буферной смеси и 2-3 капли раствора нитрата серебра.



3. Реакция с бензидином  $\text{C}_{12}\text{H}_8(\text{NH}_2)_2$ . Бензидин окисляется хромат- и бихромат-ионами с образованием продукта, имеющего синюю окраску. К 2-3 каплям раствора, содержащего хромат- или бихромат-ионы, добавляют 3-4 капли уксусной кислоты и 3-4 капли раствора бензидина.

#### Обнаружение силикат-иона

К 3 каплям анализируемого раствора приливают 2 капли 2 н. раствора гидроксида аммония, 3 капли насыщенного раствора хлорида аммония и нагревают на бане в течение 2–3 мин. Выпадение белого студневидного осадка кремниевых кислот указывает на присутствие в растворе силикат-анионов.

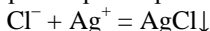
#### Проба на присутствие анионов 2-й группы и их обнаружение

К 2–3 каплям анализируемого раствора добавляют 3–4 капли нитрата серебра – группового реактива на 2-ю группу. Если полученный осадок не растворяется в 2 н. азотной кислоте, это является подтверждением присутствия анионов 2-й группы.

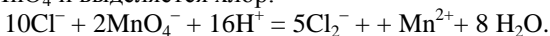
Осаждают анионы 2-й группы раствором нитрата серебра, отделяют центрифугированием и промывают осадок. Используют его для обнаружения хлорид-, бромид- и иодид-ионов.

#### Обнаружение хлорид-иона

1. Реакция с ионами серебра. Соли серебра образуют с хлорид-ионами белый творожистый осадок хлорида серебра  $\text{AgCl}$ . На свету он чернеет. Хлорид серебра растворим в аммиаке, карбонате аммония, тиосульфате натрия. К 4-5 каплям раствора, содержащего хлорид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра.

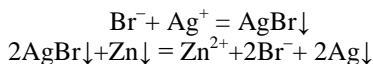


2. Окисление перманганатом калия. Перманганат калия в кислой среде окисляет хлорид-ионы до молекулярного хлора. К 4-5 каплям раствора, содержащего хлорид-ионы, добавляют 5-6 капель концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 5 капель концентрированного раствора  $\text{KMnO}_4$  и нагревают (под тягой!). Наблюдается частичное или полное обесцвечивание  $\text{KMnO}_4$  и выделяется хлор.

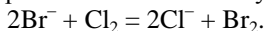


### Обнаружение бромид-иона

1. Реакция с ионами серебра. Ионы серебра образуют с бромид-ионами желтоватый творожистый осадок бромида серебра AgBr. Бромид серебра растворим в тиосульфате натрия с образованием комплексного соединения, но не растворяется в карбонате аммония, а в аммиаке растворяется заметно меньше, чем AgCl. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей бромид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра. AgBr легко разлагается при действии цинковой пыли в присутствии воды или 2н раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Образующееся серебро выпадает в виде черного осадка, а ионы Br<sup>-</sup> переходят в раствор, где и могут быть обнаружены.

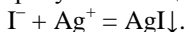


2. Окисление хлорной водой. Хлор окисляет бромид-ионы до брома. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей бромид-ионы, добавляют 1-2 капли разбавленной серной кислоты, 0,5 мл органического растворителя (хлороформа, толуола) и 2-3 капли хлорной воды. Слой органического растворителя окрашивается в желто-бурый цвет.

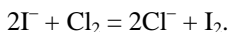


### Обнаружение иодид-иона

1. Реакция с ионами серебра. Ионы серебра образуют с иодид-ионами желтоватый творожистый осадок AgI. Иодид серебра растворим в тиосульфате натрия с образованием комплексного соединения и нерастворим в аммиаке, карбонате аммония. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей иодид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра. Иодид серебра, также, как и бромид, легко разлагается при действии цинковой пыли в присутствии воды или 2н раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

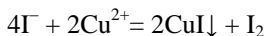


2. Окисление хлорной водой. Хлор окисляет иодид-ионы до иода. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей иодид-ионы, добавляют 1-2 капли разбавленной серной кислоты, 0,5 мл органического растворителя (хлороформа, толуола) и 2-3 капли хлорной воды. Слой органического растворителя окрашивается в красно-фиолетовый цвет. Эта реакция может быть использована для одновременного обнаружения ионов Br<sup>-</sup> и I<sup>-</sup>.



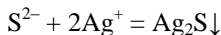
3. Реакция с ионами меди (II). Ионы меди(II) окисляют иодид-ионы до иода. При этом образуется осадок белого цвета, который может окрашиваться в бурый цвет за счет выделяющегося иода. К 4-5 каплям

раствора соли, содержащей иодид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора соли меди(II).

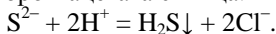


Обнаружение сульфид-иона

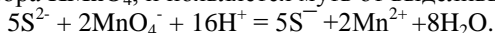
1. Реакция с ионами серебра. Ионы серебра образуют с сульфид-ионами черный осадок сульфида серебра  $\text{Ag}_2\text{S}$ . К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра.



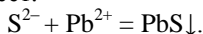
2. Реакция с соляной кислотой. При действии соляной кислоты на сульфиды выделяется сероводород. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора соляной кислоты. Реакцию следует проводить под тягой. Доказать выделение сероводорода можно также, подержав над пробиркой фильтровальную бумагу, смоченную раствором ацетата свинца.



3. Окисление перманганатом калия. Перманганат калия в кислой среде окисляет сульфид-ионы до серы. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей сульфид-ионы, добавляют 5-6 капель концентрированной серной кислоты, 5 капель концентрированного раствора  $\text{KMnO}_4$  и нагревают (под тягой!). Наблюдается частичное или полное обесцвечивание раствора  $\text{KMnO}_4$ , и появляется муть от выделившейся серы.

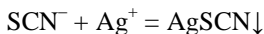


4. Реакция с ионами свинца. Ионы свинца образуют с сульфид-ионами осадок черного цвета. На фильтровальную бумагу, смоченную раствором ацетата свинца, наносят каплю раствора соли, содержащей сульфид-ионы. Бумага чернеет.



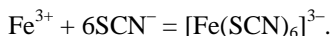
Обнаружение роданид-иона

1. Реакция с ионами серебра. Ионы серебра образуют с роданид-ионами белый творожистый осадок  $\text{AgSCN}$ . Роданид серебра растворим в аммиаке, карбонате аммония, тиосульфате натрия. К 4-5 каплям раствора соли, содержащей роданид-ионы, добавляют 5-6 капель раствора нитрата серебра.



5.2 Реакция с ионами железа(III). Тиоцианат-ионы образуют с ионами железа(III) растворимый комплекс красного цвета. К 4-5 каплям раствора, содержащего тиоцианат-ионы, прибавляют 4-5 капель

раствора соли железа(III) и наблюдают появление красного окрашивания.

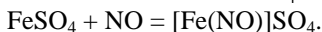
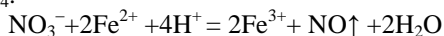


### *Анионы 3-й группы и их обнаружение*

#### Обнаружение нитрат-ионов

1. Реакция с дифениламино ( $\text{C}_6\text{H}_5$ )<sub>2</sub>NH. На часовое стекло помещают 2–3 капли раствора дифениламина в концентрированной серной кислоте, вносят в него стеклянной палочкой немного анализируемого раствора и перемешивают. В присутствии нитрат-иона появляется синее окрашивание.

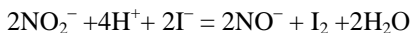
2. Реакция с сульфатом железа(II). Сульфат железа(II) в присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образует с нитрат-ионами комплексное соединение бурого цвета. К 2 каплям раствора соли, содержащей нитрат-ионы, добавляют кристаллик сульфата железа(II), по стенке пробирки приливают 1 каплю конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .



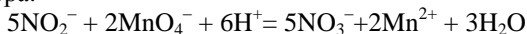
Все приведенные реакции для нитрат-ионов дают и нитрит-ионы, а значит, присутствие  $\text{NO}_2^-$  мешает обнаружению  $\text{NO}_3^-$ . Перед проведением реакций на нитрат-ионы сначала проверяют раствор на нитрит-ионы, и, в случае их присутствия,  $\text{NO}_2^-$  удаляют, а затем обнаруживают нитрат-ионы.

#### Обнаружение нитрит-ионов

1. Восстановление иодид-ионами. В кислой среде нитриты окисляют иодид-ионы до иода. К 4-5 каплям раствора, содержащего нитрит-ионы, прибавляют 4-5 капель серной кислоты и 4-5 капель иодида калия. Если реакцию проводить в присутствии крахмала, появляется синее окрашивание.



2. Окисление перманганатом калия.  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде окисляет нитриты до нитратов. К 5 каплям раствора  $\text{KMnO}_4$  добавляют 2-3 капли разбавленной серной кислоты, нагревают. Затем добавляют 4-5 капель раствора, содержащего нитрит-ионы. Наблюдается обесцвечивание раствора.

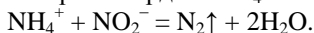


3. Реакция с реактивом Грисса (смесь сульфаниловой кислоты и 1-амино-2-нафтола) На стеклянную пластинку наносят 2 капли анали-

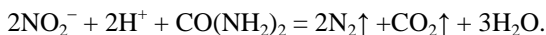
зируемого раствора, прибавляют каплю реактива Грисса. В результате реакции образуется азокраситель ярко-красного цвета.

Реакции характерны для нитрит-ионов, но не для нитрат-ионов и позволяют определить  $\text{NO}_2^-$  в присутствии  $\text{NO}_3^-$ .

Удаление  $\text{NO}_2^-$ -ионов. Удаление  $\text{NO}_2^-$ -ионов достигается осторожным нагреванием раствора с твердым  $\text{NH}_4\text{Cl}$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ :



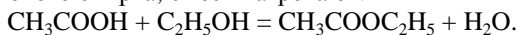
Подобно солям аммония действует мочевины  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  в кислой среде:



Обнаружить  $\text{NO}_3^-$  в присутствии  $\text{NO}_2^-$  можно только после удаления нитрит-ионов описанными выше методами.

#### Обнаружение ацетат-ионов

1 Реакция с этиловым спиртом. Соли уксусной кислоты при действии этилового спирта в присутствии серной кислоты образуют этилацетат, обладающий характерным приятным запахом. К 2 каплям раствора ацетата добавляют по 2-3 капли концентрированной серной кислоты и этилового спирта, смесь нагревают.



***Выполнить качественные реакции на катионы I и II аналитических групп анионы и оформить в виде таблицы 4.***

Таблица 4. – Практическая часть

№ / №	Опред. ион	Реактив	Аналит. сигнал	Условия реакции		Качественные реакции в ионном и молекулярном виде	Мешающие ионы
				pH	t		
1	$\text{NH}_4^+$	NaOH	Запах аммиака	> 9	нагрев	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} = \text{NH}_3\uparrow + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ . $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .	нет

Задача на смесь катионов I аналитической группы или смесь анионов.

Ход выполнения работы

**ВЫВОД:**

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб.пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб.пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО«Издательство Астрель»,2004.–383с
5. Ким, А.М. Органическая химия: Учеб.пособие/ А. М. Ким. – 3-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 971 с.
6. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смартыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
7. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
8. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
9. ХИМИЯ. Неорганическая химия:Учебно-методический комплекс: О. В. Поддубная, И.В. Ковалева. –Горки: БГСХА, 2010. – 169 с.
10. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
11. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб.пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.

### Дополнительная:

1. Алешин, В.А. Практикум по неорганической химии/ В.А. Алешин[ и др.] –М.: Издат. Центр”академия”, 2004. – 384 с.
2. Волков А.И.Метод молекулярных орбиталей: Учеб.пособие / А.И. Волков. – Минск : Новое знание, 2006. – 133 с.
3. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб.пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
4. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
5. Жарский, И. М.Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб.пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
6. Зайцев, О. С. Исследовательский практикум по общей химия: Учеб.пособие. / О. С. Зайцев. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 480 с.
7. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник для вузов/ Ю.А. Ершов, В.А. Попков и др. 6-е изд.,стер. М.: Высш. шк., 2007. – 560с.
- 8.Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб.пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
- 9.Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
10. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Составители  
**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна  
**Мохова** Елена Владимировна