



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Теоретический раздел**

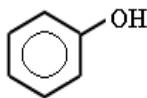
**Лекция**

**Фенолы**

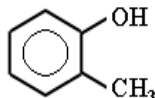


## 5. ФЕНОЛЫ

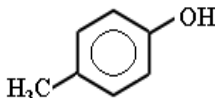
**Фенолы** – гидроксисоединения, в молекулах которых OH-группы связаны непосредственно с бензольным ядром.



Фенол



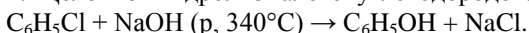
*орто*-Крезол  
(1-гидрокси-  
2-метилбензол)



*пара*-Крезол  
(1-гидрокси-  
4-метилбензол)

### 1. Основные способы получения

1. Щелочной гидролиз галогенуглеводородов:



2. Кумольный способ получения фенола. Преимущества метода: безотходная технология (выход полезных продуктов более 99 %) и экономичность. В настоящее время кумольный способ используется как основной в мировом производстве фенола:



### 2. Химические свойства спиртов и фенолов

Фенолы являются более сильными кислотами, чем спирты и вода, так как за счет участия неподеленной электронной пары кислорода в сопряжении с  $\pi$ -электронной системой бензольного кольца полярность связи O–H увеличивается.

Фенолы реагируют с гидроксидами щелочных и щелочноземельных металлов, образуя соли – феноляты:  $C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$ .

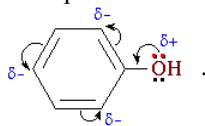
Для обнаружения фенолов используется качественная реакция с хлоридом железа(III). Одноатомные фенолы дают устойчивое сине-фиолетовое окрашивание, что связано с образованием комплексных соединений железа.

Фенолы не образуют сложные эфиры в реакциях с кислотами.

Взаимное влияние атомов в молекуле фенола проявляется не только в особенностях поведения гидроксигруппы, но и в большей реакционной способности бен-

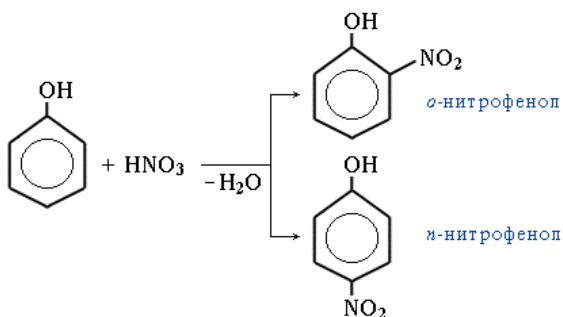


зольного ядра. Гидроксильная группа повышает электронную плотность в бензольном кольце, особенно в орто- и пара-положениях:

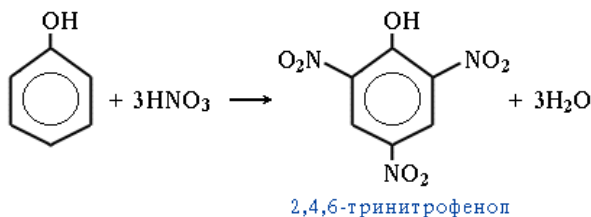


Поэтому фенол значительно активнее бензола вступает в реакции замещения в ароматическом кольце.

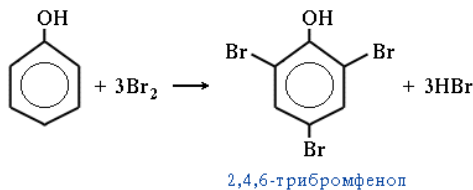
*Нитрование.* Под действием 20%-ной азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  фенол легко превращается в смесь орто- и пара-нитрофенолов:



При использовании концентрированной  $\text{HNO}_3$  образуется 2,4,6-тринитрофенол (пикриновая кислота):

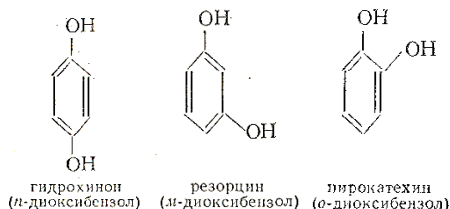


*Галогенирование.* Фенол легко при комнатной температуре взаимодействует с бромной водой с образованием белого осадка 2,4,6-трибромфенола (качественная реакция на фенол):

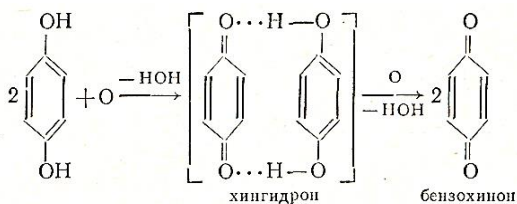


### 3. Двух- и трехатомные фенолы

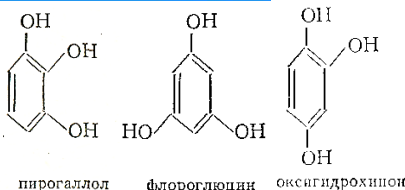
Простейшие двухатомные фенолы называются диоксибензолами  $C_6H_4(OH)_2$ :



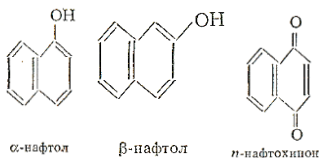
Двухатомные фенолы дают все характерные для фенолов реакции, причем в этих реакциях могут участвовать как одна, так и обе гидроксильные группы. С увеличением числа гидроксильных групп молекула становится все менее устойчивой к действию окислителей. Так, гидрохинон при действии окислителей легко превращается в бензохинон через промежуточную стадию образования хингидрона (молекулярного соединения, образованного молекулами хинона и гидрохинона):



Из трехатомных фенолов широко известны *пирогаллол* (1,2,3-триоксибензол) и *флороглюцин* (1,3,5-триоксибензол). Пирогаллол настолько легко окисляется, что его щелочные растворы применяются в газовом анализе для поглощения кислорода



Фенолы нафталинового ряда называются *нафтолами*:



Ядро *n*-нафтохинона является основой витаминов группы К.

#### 4. Применение гидроксисоединений

Метанол (метильный спирт)  $\text{CH}_3\text{OH}$  используется в производстве формальдегида, муравьиной кислоты и как растворитель.

Этанол (этиловый спирт)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  находит применение в производстве ацетальдегида, уксусной кислоты, бутадиена, простых и сложных эфиров; а также как растворитель для красителей, лекарственных и парфюмерных средств; в производстве ликеро-водочных изделий; как дезинфицирующее средство в медицине; в качестве горючего для двигателей, добавки к моторным топливам.

Этиленгликоль  $\text{HOCH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$  является компонентом в производстве пластмасс, антифризов и сырьем в органическом синтезе.

Глицерин  $\text{HOCH}_2\text{—CH(OH)—CH}_2\text{OH}$  применяют в фармацевтической и парфюмерной промышленности; как смягчитель кожи и тканей; в производстве взрывчатых веществ.

Фенол  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  используют для производства фенолформальдегидных смол и как полупродукт в органическом синтезе красителей, лекарственных препаратов, средств защиты растений.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Мерой полярности связи является *электрический момент диполя* – ЭДМ-ц, представляющий собой произведение длины диполя  $l$  на абсолютный эффективный заряд  $g$ :  $\mu = g \cdot l$ . Электрический момент диполя обычно выражают в дебаях (D):  $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$  Кл·м.)

#### Некоторые характеристики простейших связей

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина, нм	Полярность $\mu$		Поляризуемость $a \cdot 10^{-24}, \text{см}^3$
			$10^{30} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}$	D	
C–C	339	0,154	0	0	1,3
C=C	611	0,133	0	0	4,2
C≡C	833	0,120	0	0	6,2
H–C	414	0,109	1,33	0,4	1,7
C–N	305	0,147	4,00	1,2	1,5
C=N	595	0,127	4,34	1,3	3,8
C≡N	888	0,115	13,36	4,0	4,8
C–O	368	0,143	5,34	1,6	1,5
C=O	724	0,121	10,68	3,2	3,3
C–F	427	0,140	7,68	2,3	1,7
C–Cl	326	0,176	7,68	2,3	6,5
C–Br	272	0,191	7,34	2,2	9,6
C–I	238	0,212	6,68	2,0	14,6
H–O	460	0,096	5,01	1,5	1,9
H–N	389	0,101	4,34	1,3	1,8
N–N	160	0,147			
N≡N	946	0,110			
N=O	678	0,115			

### Приложение 2

#### Номенклатура органических соединений

В настоящее время международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) рекомендовал для использования номенклатуру, получившую название *номенклатура ИЮПАК*.

Таблица 1. Названия предельных углеводородов

Формула углеводорода	Название	Формула углеводорода	Название
$C_5H_{12}$	Пентан	$C_{11}H_{24}$	Ундекан
$C_6H_{14}$	Гексан	$C_{12}H_{26}$	Додекан
$C_7H_{16}$	Гептан	$C_{13}H_{28}$	Тридекан
$C_8H_{18}$	Октан	$C_{14}H_{30}$	Тетрадекан
$C_9H_{20}$	Нонан	.....	.....
$C_{10}H_{22}$	Декан	$C_{20}H_{42}$	Эйкозан



Таблица 2. Названия важнейших заместителей

Заместитель	Название	Заместитель	Название
$\text{CH}_3-$	метил	$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-$	этил		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-пропил	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-$	неопентил
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$	изопропил (пропил-2)		
		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-бутил		трет-пентил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-$	втор-бутил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-$	
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-$	изобутил (2-метил-пропил-1)	$\text{CH}_2=$	метилен
		$\text{CH}\equiv$	метин
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	этилен
		$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	этилен
$\text{CH}_3-\text{C}-$	трет-бутил	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	триметилен
		$\text{CH}_2=\text{CH}-$	винил
$\text{CH}_3$		$\text{HC}\equiv\text{C}-$	этинил
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	н-пентил	$\text{CH}_2=\text{C}-$	изопропенил
$\text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2-$	изопентил	$\text{CH}_3$	
$\text{CH}_3$		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	1-бутенил
$\text{C}_6\text{H}_5-$	фенил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	2-бутенил
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (п-изомер)	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$	метилаллил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил		
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил	$\text{CH}_3$	метилаллил (металлил)
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$	ацетил
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	тритил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{O}$	бензоил
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$	винилиден		
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	метилендиокси
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	пропенил		
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$	ацетонил		
$\text{CH}_3-\text{O}-$	метокси		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-$	этокси		

Простейшие спирты можно называть по соответствующему радикалу: метиловый спирт  $\text{CH}_3\text{OH}$ , изопропиловый спирт  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$  (но не изопропанол), трет-бутиловый спирт  $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$ .

За некоторыми спиртами сохраняются тривиальные названия:

Аллиловый спирт  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$ ;

Бензиловый спирт  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{OH}$ ;

Фенилэтиловый спирт  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$ ;



Этиленгликоль  $\text{HOCH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$ ;  
 Пропиленгликоль  $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—CH}_2\text{OH}$ ;  
 Глицерин (глицерол)  $\text{CH}_2(\text{OH)—CH(OH)—CH}_2(\text{OH})$ .

Для альдегидов допускаются тривиальные названия, если соответствующая кислота имеет тривиальное название:

Формальдегид  $\text{CH}_2\text{O}$ ;  
 Ацетальдегид  $\text{CH}_3\text{—CHO}$ ;  
 Пропиональдегид  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CHO}$ ;  
 Бутиральдегид  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHO}$ ;  
 Изобутиральдегид  $(\text{CH}_3)_2\text{CH—CHO}$ ;  
 Валеральдегид  $\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_3\text{—CHO}$ ;  
 Изовалеральдегид  $(\text{CH}_3)_2\text{CH—CH}_2\text{—CHO}$ ;  
 Акролеин (акриральдегид)  $\text{CH}_2=\text{CH—CHO}$ ;  
 Кротональдегид  $\text{CH}_3\text{—CH=CH—CHO}$ ;  
 Бензальдегид  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CHO}$ .

Имеются исключения, например глиоксаль  $\text{O=CH—CH=O}$ .

Для некоторых кетонов допускаются тривиальные названия:

ацетон  $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_3$ ;  
 окись мезитила  $(\text{CH}_3)_2\text{C=CH—CO—CH}_3$ ;  
 диацетил  $\text{CH}_3\text{—CO—CO—CH}_3$ ;

бензил (или дибензоил)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CO—CO—C}_6\text{H}_5$ .

Сохраняются тривиальные названия заместителей:

ацетонил  $\text{CH}_3\text{—CO—CH}_2\text{—}$ , фенацил  $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CO—CH}_2\text{—}$ .

Таблица 3. Названия некоторых кислот и их радикалов

Название кислоты		Название радикала	Формула радикала
тривиальное	систематическое		
1	2	3	4
<b>Предельные алифатические монокарбоновые кислоты</b>			
Метановая	Муравьиная	Формил	$\text{HCO—}$
Этановая	Уксусная	Ацетил	$\text{CH}_3\text{—CO—}$
Пропановая	Пропионовая	Пропионил	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CO—}$
Бутановая	Масляная	Бутирил	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_2\text{—CO—}$
2-Метилпропановая	Изомасляная	Изобутирил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH—CO—}$
Пentanовая	Валериановая	Валерил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{—CO—}$
3-Метилбутановая	Изовалериановая	Изовалерил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH—CH}_2\text{—CO—}$
Гептановая*	Энантовая	Энантоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{—CO—}$
Октадекановая	Стеариновая	Стеароил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{—CO—}$
Гексадекановая	Пальмитинов.	Пальмитоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{—CO—}$
1	2	3	4
<b>Предельные алифатические дикарбоновые кислоты</b>			
Этандиовая	Щавелевая	Оксалил	$\text{—OC—OC—}$
Пропандиовая	Малоновая	Малонил	$\text{—OC—CH}_2\text{—CO—}$
Бутандиовая	Янтарная	Сукцинил	$\text{—OC—(CH}_2)_2\text{—CO—}$
Пентандиовая	Глутаровая	Глутарил	$\text{—OC—(CH}_2)_3\text{—CO—}$
Гександиовая	Адипиновая	Адипоил	$\text{—OC—(CH}_2)_4\text{—CO—}$



<b>Непредельные алифатические кислоты</b>			
Пропеновая	Акриловая	Акрилоил	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-$
Пропиновая	Пропиловая	Пропиолоил	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CO}-$
2-Метилпропеновая	Метакриловая	Метакрилоил	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-овая	Кротоновая	Кротоноил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCO}-$
цис-Бутен-2-овая	Изокротоновая	Изокротоноил	— " —
цис-Октадецен-9-овая	Олеиновая	Олеоил 	$\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$  $\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}-$
цис-Бутен-2-диовая	Малеиновая	Малеолил	$-\text{OC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-диовая	Фумаровая	Фумароил	— " —
<b>Карбоциклические кислоты</b>			
Бензолкарбоновая	Бензойная	Бензоил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-$
Метилбензол- карбоновая	Толуиловая (о-, м-, п-)	Толуил (о-, м-, п-)	$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
1,2-Бензолди- карбоновая	Фталевая	Фталоил 	$\text{CO}-$ $\text{CO}-$
1,4-Бензолдикарбоновая	Терефталевая	Терефталоил	$-\text{OC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
транс-3-Фенилпропеновая	Коричная	Циннамоил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$

Таблица 4. Старшинство основных функций,  
обозначаемых суффиксами (по убывающему старшинству)

№п/п	Класс	Префикс	Суффикс
1	Катионы	онио-	-оний (но –карбений $^+\text{CH}_3$ )
2	Карбоновые кислоты —COOH	карбоксо-	-овая кислота (карбоновая кислота)
3	Нитрилы — $\text{C}\equiv\text{N}$	циано-	-нитрил (карбонитрил)
4	Альдегиды —CHO	формил-	аль- (карбальдегид)
5	Кетоны $>\text{C}=\text{O}$	оксо-	-он
6	Спирты — OH	гидрокси-	-ол
7	Тиолы — SH	меркапто-	-тиол
8	Амины	амино-	-амин
9	Двойная связь (=)	—	-ен
10	Тройная связь ( $\equiv$ )	—	-ин
11	Группы всегда выступающие в качестве заместителей	—Br, —I, —Cl, —F, —NO, —NO <sub>2</sub> , —O—R, —S—R, —N <sub>3</sub> , —S—S—R, —SO <sub>2</sub> R, —O—S—R,—OOH.	



## 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. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ООО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смартыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. 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.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

### Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Высш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвено-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. 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.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

### Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



Составители  
**Поддубная Ольга Владимировна**  
**Ковалева Ирина Владимировна**