



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета  
«ИГУ» \_\_\_\_\_ / Вильмс А.И./  
\_\_\_\_\_ 2019 г.



**Рабочая программа дисциплины**

Индекс дисциплины по УП: **ФТД.1**

Наименование дисциплины: **Элементорганические соединения**

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре:  
**04.06.01 - Химические науки**

Направленность программы подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре: **Аналитическая химия**

Форма обучения **очная / заочная**

Согласовано с УМК химического факультета  
протокол № 12 от « 17 » 06 2019 г.  
Председатель УМК Вильмс / Вильмс А.И./

Программа рассмотрена на заседании кафедры  
аналитической химии  
« 11 » 06 2019 г. Протокол № 8  
зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.Г. Пройдаков /

Иркутск 2019 г.

## Содержание

	Стр.
1 Цели и задачи дисциплины.	3
2 Место дисциплины в структуре ООП	3
3 Требования к результатам освоения дисциплины	3
4 Объем дисциплины и виды учебной работы	4
5 Содержание дисциплины.	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины	5
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с последующими дисциплинами	6
5.3. Разделы и темы дисциплины и виды занятий	7
6 Перечень практических занятий	7
7 Примерная тематика курсовых проектов	-
8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	8
а) федеральные законы и нормативные документы;	
б) основная литература;	
в) дополнительная литература;	
г) программное обеспечение;	
д) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
9 Материально-техническое обеспечение дисциплины.	9
10 Образовательные технологии.	9
11 Оценочные средства. (ОС).	9

## 1. Цели и задачи курса

Обучение в рамках курса «Элементорганические соединения» позволит сформировать у аспирантов представление о вкладе химии элементоорганических соединений в становление и развитие современной химической науки. Приобретенные в рамках курса компетенции и умения позволят специалисту квалифицированно использовать достижения, методы и подходы химии элементоорганических соединений для решения разнообразных профессиональных задач.

### Цель курса

Курс «Элементоорганические соединения» – подготовка химика высокой квалификации, имеющего современные знания о способах получения, свойствах, специфике строения элементоорганических соединений, обладающего навыками практического использования достижений элементоорганической химии в лабораторных исследованиях.

**Задачи курса – дать обучающимся представления:**

- о современной классификации элементоорганических соединений;
- об особенностях образования химической связи в элементоорганических соединениях с участием элементов неорганогенов;
- о методах получения и химических свойствах органических производных металлов 1 группы;
- о способах синтеза и направлениях использования в синтетической химии соединений элементов 2 группы.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Элементоорганические соединения» является факультативной дисциплиной.

Данная дисциплина является составной частью подготовки высококвалифицированных аспирантов. Для освоения дисциплины "Элементоорганические соединения" аспиранты используют знания, умения, практические навыки, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения предметов на предыдущем уровне образования (магистратура).

Освоение дисциплины "Элементоорганические соединения" является необходимой основой для последующего углублённого изучения дисциплин по учебному плану - курсов по выбору аспирантов, для выполнения диссертационной работы.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

3.1 Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- УК-1 - способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- УК-5 - способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

3.2 Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- ПК-1 уметь собирать и анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования и самостоятельно составлять план исследования в рамках выбранного направления подготовки
- ПК-3 использовать современные специализированные вычислительные комплексы и базы данных при планировании химических исследований, для обработки и анализа экспериментальных данных, подготовке публикаций и презентаций результатов диссертационной работы.
- ПК-4 знать основные приемы и методы получения веществ, методы их идентификации, определения структуры и свойств с помощью уникального и серийного научного оборудования

В результате освоения дисциплины студент должен:

***Знать:***

- особенности образования химической связи в элементоорганических соединениях с участием элементов неорганогенов;
- особенности получения, свойства и направления их практического использования кремнийорганических соединений, в том числе производных гипервалентного кремния;
- основные типы соединений переходных металлов, особенности химической связи в этих соединениях, их использование в металлокомплексном катализе;
- основные понятия стереохимии, виды пространственной изомерии, стереохимические особенности соединений углерода и элементоорганических соединений.

***Уметь:***

- делать выводы о свойствах металлоорганического соединения, основываясь на имеющихся знаниях о влиянии природы элемента и органической части молекулы;
- экспериментально осуществлять синтезы базовых представителей элементоорганических соединений;
- работать с нестабильными на воздухе элементоорганическими соединениями;
- интерпретировать данные физико-химических методов для доказательства структуры элементоорганических соединений.

***Владеть:***

- методами получения и химические свойства органических производных металлов 1 группы;
- способами синтеза и направления использования в синтетической химии соединений элементов 2 группы;
- методами синтеза и области применения органических соединений бора и алюминия;
- методами синтеза, свойства и биологическую активность органических соединений фосфора, их применение в катализе;
- методами получения и свойства халькогеноорганических соединений.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очное обучение)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Курсы			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	24/0,66		24		
В том числе:	-		-	-	-
Лекции	12/0,33		12		
Практические занятия (ПЗ)	12/0,33		12		
Семинары (С)	-		-		
Лабораторные работы (ЛР)	-		-		
<b>Контактная работа</b>	24/0,66		24		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	48/1,3		48		
<i>Контроль самостоятельной работы</i>					
Зачет с оценкой					
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	зачетные единицы	2	2		

#### Объем дисциплины и виды учебной работы (заочное обучение)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Курсы			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	16/0,44		16		
В том числе:	-		-	-	-
Лекции	10/0,27		10		
Практические занятия (ПЗ)	6/0,16		6		
Семинары (С)	-		-		
Лабораторные работы (ЛР)	-		-		
<b>Контактная работа</b>	16/0,44		16		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	56/1,5		56		
<i>Контроль самостоятельной работы</i>					
Зачет с оценкой					
Общая трудоемкость	часы	72	72		
	зачетные единицы	2	2		

## **5. Содержание дисциплины**

### **5.1. Содержание разделов и тем дисциплины**

#### **Введение**

Задачи и предмет курса. Теоретическое значение и практическое применение элементоорганических соединений. Классификация элементоорганических соединений. Формируются УК-1, УК-5, ПК-1.

#### **5.1.1. Органические соединения металлов 1 группы**

Особенности связи углерод - непереходный металл. Карбанионы и факторы, определяющие их стабильность и реакционную способность.

Органические соединения лития. Методы получения и строение литийорганических соединений в растворах органических растворителей. Реакции литийорганических соединений. Полимеризация алкенов под действием литийорганических соединений.

Натрийорганические соединения. Методы синтеза. Реакции натрийорганических соединений. Реакция Шорыгина. Реакция Вюрца. Сравнение физических и химических свойств органических соединений лития и натрия.

Формируются компетенции: ПК-1, ПК-3, ПК-4.

#### **5.1.2. Органические соединения металлов 2 группы**

Магнийорганические соединения. Методы получения. Реакция Гриньяра. Влияние природы органического галогенида и растворителей на выход реактива Гриньяра. Строение магнийорганических соединений. Равновесие Шленков. Ассоциация магнийорганических соединений. Реакция Иоцича. Превращения магнийорганических соединений. Основность и нуклеофильность магнийорганических соединений. Роль растворителя в химии магнийорганических соединений.

Сравнение реакционной способности металлоорганических соединений 1 и 2 групп. Формируются компетенции: ПК-1, ПК-3, ПК-4.

#### **5.1.3. Органические соединения металлов 13 группы**

Общие свойства. Борорганические соединения. Получение методами гидроборирования и прямого борирования. Строение и химические свойства борорганических соединений. Природа связи бора с элементами, обладающими неподеленными электронными парами. Квазиароматичность боразола. Электрофильные реакции - протодоборирование, алкилдоборирование, окисление, образование комплексов. Карбораны. Красители BODIPY.

Алюминийорганические соединения. Методы получения и свойства. Катализаторы полимеризации Циглера-Натта.

Формируются компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4.

#### **5.1.4. Органические соединения непереходных элементов 14 группы**

Органические соединения кремния. Строение и свойства. Методы получения органических соединений кремния. Реакции гидросилилирования. Превращения кремнийорганических соединений. Сравнение реакций нуклеофильного замещения у атомов углерода и кремния. Силанолы, силоксаны, кремнийорганические полимеры. Соединения гипервалентного кремния.

Формируются компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4.

#### **5.1.5. Органические соединения непереходных элементов 15 группы**

Типы фосфорорганических соединений (ФОС) в зависимости от координационного числа. Электронное строение фосфора в различных координационных состояниях. Получение соединений трехкоординированного фосфора. Химические свойства соединений  $P^{III}$ . Реакции Арбузова, Михаэлиса-Беккера, Годда-Аттертона. Бифильность соединений трехкоординированного фосфора. Соединения четырехкоординированного фосфора. Соли фосфония, их получение и свойства. Илиды фосфора. Реакция Виттига. РО-активированное олефинирование. Получение и свойства ФОС в высших координационных состояниях. Биологическая активность ФОС.

Формируются компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4.

#### **5.1.6. Органические соединения переходных металлов**

Ртутьорганические соединения. Методы получения и реакции. Присоединение солей ртути к непредельным соединениям. Меркурирование ароматических соединений.

Карбонилы металлов. Правило эффективного атомного номера. Природа связи в карбонилах металлов. Методы получения и свойства карбониллов металлов. Бисциклопентадиенильные производные металлов. Ферроцен. Его строение и свойства. Алкильные, олефиновые и ареновые комплексы металлов. Комплексы переходных металлов в органическом синтезе. Представления о металлоорганическом катализе. Катализаторы Граббса (метатезис олефинов).

Формируются компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4.

### **5.2. Разделы и темы дисциплины и виды занятий**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных ед., 72 часа.

Наименование тем	Всего час. (очно / заочно)	Виды подготовки		СРС (очно / заочно)
		Лекции (очно / заочно)	практич. занятия (очно/заочно)	
<b>Введение.</b> Задачи, предмет, теоретическое и практическое значение элементарной органической химии. Классификация элементоорганических соединений.	3/3	1/1		2/2
<b>Органические соединения металлов 1 группы.</b> Особенности связи углерод - переходный металл. Карбанионы и факторы, определяющие их стабильность и реакционную способность. Литийорганические и натрийорганические соединения.	9/9	1/1	2/1	6/7
<b>Органические соединения металлов 2 группы.</b> Магнийорганические соединения. Сравнение реакционной способности металлоорганических соединений 1 и 2 групп.	10/10	2/1	2/1	6/8
<b>Органические соединения металлов 13 группы.</b> Борорганические и алюминийорганические соединения. Катализаторы полимеризации Циглера-Натта.	10/10	2/2	2/1	6/7
<b>Органические соединения элементов 14 группы.</b> Органические соединения кремния. Сравнение реакций нуклеофильного замещения у атомов углерода и кремния. Органические соединения германия, олова и свинца.	10/10	2/1	2/1	6/8
<b>Органические соединения элементов 15 группы.</b> Типы фосфорорганических соединений (ФОС) в зависимости от координационного числа. Электронное строение фосфора в различных координационных состояниях. Соли фосфония, илиды фосфора. Биологическая активность ФОС. Органические соединения мышьяка и сурьмы.	9/9	1/1	2/1	6/7
<b>Органические соединения элементов 16 и 17 групп.</b> Халькогенорганические соединения. Органические соединения фтора.	11/11	1/1	-	10/10
<b>Органические соединения переходных металлов, строение, свойства, использование в органическом синтезе.</b> Ртуть-, цинк- и медьорганические соединения. Карбонилы металлов. Комплексы переходных металлов в органическом синтезе.	10/10	2/2	2/1	6/7

Представления о металлоорганическом катализе.				
<b>Итого</b>	<b>72/72</b>	<b>12/10</b>	<b>12/6</b>	<b>48/56</b>

## 6. Перечень практических занятий

№ п/п	№ темы дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (часы) (очно/заочно)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1.	5.1.1.	Органические соединения металлов 1 группы.	<b>2/1</b>	устное собеседование	ПК-1,3,4
2.	5.1.2.	Органические соединения металлов 2 группы.	<b>2/1</b>	коллоквиум	ПК-1,3,4
3.	5.1.3.	Органические соединения металлов 13 группы.	<b>2/1</b>	устное собеседование	ПК-1,3,4
4.	5.1.4.	Органические соединения элементов 14 группы.	<b>2/1</b>	устное собеседование	ПК-1,3,4
5.	5.1.5.	Органические соединения элементов 15 группы.	<b>2/1</b>	устное собеседование	ПК-1,3,4
6.	5.1.7.	Органические соединения переходных металлов, строение, свойства, использование в органическом синтезе.	<b>2/1</b>	коллоквиум	ПК-1,3,4

## 7. Курсовые работы – не предусмотрены

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

### ЛИТЕРАТУРА

#### а) основная

1. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: ч. 1.- 4-е изд. (эл.) (Классический университетский учебник) – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний – ISBN: 978-5-9963-0808-8 - 2012 - 567 с. - Режим доступа ЭЧЗ «Библиотех» неогр. доступ.
2. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: ч. 2.- 4-е изд. (эл.) (Классический университетский учебник) – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний – ISBN: 978-5-9963-0809-5 - 2012 – 623 с. - Режим доступа ЭЧЗ «Библиотех» - неогр. доступ
3. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: ч. 3.- 4-е изд. (эл.) (Классический университетский учебник) – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний – ISBN: 978-5-9963-1099-9 - 2012 - 544 с.- Режим доступа ЭЧЗ «Библиотех» - неогр. доступ

4. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия: ч. 4.- 4-е изд. (эл.) (Классический университетский учебник) – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний – ISBN: 978-5-9963-2276-3 - 2012 – 726 с. - Режим доступа ЭЧЗ «Библиотех» - неогр. доступ
5. Травень Ф.В. Органическая химия : учебное пособие для вузов. Т.1 - 3-е изд. (эл.)– М.: Изд-во Бином. Лаборатория знаний – ISBN: 978-5-9963-0406-6 - 2013 – 368 с. - Режим доступа ЭБС «Издательство «Лань»- неогр. доступ.
6. Травень Ф.В. Органическая химия : учебное пособие для вузов. Т.2 - 3-е изд. (эл.)– М.: Изд-во Бином. Лаборатория знаний – ISBN:978-5-9963-2110-0- 2013 – 517 с. - Режим доступа ЭБС «Издательство «Лань»- неогр. доступ
7. Травень Ф.В. Органическая химия : учебное пособие для вузов. Т.3 - 3-е изд. (эл.)– М.: Изд-во Бином. Лаборатория знаний – ISBN: 978-5-9963-2111-7- 2013 - 388 с.- Режим доступа ЭБС «Издательство «Лань» - неогр. доступ
8. Финкельштейн Б. Л., Эдельштейн О. А., Пройдаков А. Г.Органическая химия: в 2 ч. Ч. 1 – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та – 2013 – 148 с.- 51 экз.
9. Эдельштейн О. А., Финкельштейн Б. Л., Пройдаков А. Г. и др. Органическая химия: в 2 ч. Ч. 2. Нуклеофильные реакции – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та – 2014 – 95 с. -36 экз.

#### **б) Дополнительная**

1. Неконденсированные вицинальные триазолы: справ. пособие / Иркут. гос. ун-т ; сост. Т. В. Голобокова [и др.] ; рец.: А. Ф. Шмидт, Г. А. Гареев. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 133 с. - с. 133. - 11 экз.
2. Задачи по органической химии: учеб. пособие / А. Л. Курц [и др.]. - 2-е изд., испр. - М. : Бином. Лаб. знаний, 2014. - 264 с.= Режим доступа: ЭБС «Издательство «Лань» - неогр. доступ

#### **Сетевой ресурс:**

Тимохин Б.В. / Химия элементоорганических соединений // Электронное учебное пособие // <http://www.chem.isu.ru/library/eos/eos01.html>

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Материалы и оборудование

№ п/п	Наименование	Количество
1.	Персональные компьютеры	4

#### **10. Образовательные технологии:**

Реализация компетентного подхода в подготовке специалиста предусматривает наряду с аудиторной деятельностью аспиранта и преподавателя (лекции, практические занятия), подготовку рефератов, докладов, их изложение и обсуждение с использованием компьютерных технологий, предусматривает работу с электронной библиотекой - знакомство с современным состоянием проблемы, ее представление как отечественными, так и зарубежными исследователями.

## 11. Оценочные средства (ОС)

Формой промежуточного контроля являются устные собеседования и коллоквиумы.

Формой итогового контроля является *зачет* с оценкой.

### Тематика заданий для самостоятельной работы

1. Валентные возможности непереходных металлов. Гибридизация орбиталей металла. Участие d-орбиталей в гибридизации. Типы гибридных орбиталей и конфигурация комплекса. Правило эффективного атомного номера.
2. Медьорганические соединения.
3. Цинкорганические соединения.
4. Органические соединения германия, олова и свинца.
5. Органические соединения мышьяка и сурьмы.
6. Халькогенорганические соединения.
7. Фторорганические соединения.
8. Комплексы переходных металлов в органическом синтезе. Представления о металлоорганическом катализе.
9. Катализаторы Граббса (метатезис олефинов).

### Примерный перечень вопросов к зачету

1. Классификация и типы элементоорганических соединений.
2. Природа связи углерод-непереходный элемент.
3. Факторы стабилизации карбанионов. Влияние строения на кислотность СН-кислот.
4. Органические соединения лития. Методы получения. Строение литийорганических соединений в растворе.
5. Реакции литийорганических соединений. Реакции нуклеофильного замещения и присоединения.
6. Полимеризация алкенов под действием литийорганических соединений. Влияние растворителя на механизм полимеризации
7. Натрийорганические соединения Сравнение физических и химических свойств органических соединений лития и натрия.
8. Магнийорганические соединения. Методы получения. Строение магнийорганических соединений.
9. Реакции магнийорганических соединений. Основность и нуклеофильность магнийорганических соединений.
10. Некоторые аспекты роли растворителя в химии металлоорганических соединений: специфическая и неспецифическая сольватация, нуклеофильное содействие как факторы влияния на скорость и механизм реакций металлоорганических соединений.
11. Ртутьорганические соединения. Методы получения. Реакции ртути органических соединений - протодемеркурирование и галоиддемеркурирование.
12. Сравнение реакционной способности металлоорганических соединений 1 и 2 групп.

13. Борорганические соединения. Строение и химические свойства борорганических соединений. Природа связи бора с элементами, обладающими неподеленными электронными парами. Карбораны.
14. Аллюминийорганические соединения. Методы получения и свойства. Катализаторы полимеризации Циглера-Натта.
15. Органические соединения кремния. Строение и свойства. Методы получения органических соединений кремния. Сравнение реакций нуклеофильного замещения у атомов углерода и кремния.
16. Силанолы, силоксаны, кремнийорганические полимеры.
17. Типы ФОС в зависимости от координационного числа. Электронное строение фосфора в различных координационных состояниях. Образование связей с участием d-орбиталей
18. Получение соединений трехкоординированного фосфора.. Соединения четырехкоординированного фосфора.
19. Соли фосфония, их получение и свойства. Илуды фосфора. Реакция Виттига. РО-активированное олефинирование.
20. Получение и свойства ФОС в высших координационных состояниях
21. Карбонилы металлов. Правило эффективного атомного номера. Природа связи в карбонилах металлов. Методы получения и свойства карбониллов металлов. Бис-циклопентадиенильные производные металлов. Ферроцен. Его строение и свойства.
22. Алкильные, олефиновые и ареновые комплексы металлов.
23. Кремний-, фосфор-, бор-, серасодержащие полимеры, их классификация, методы синтеза, строение и свойства.
24. Карборановые полимеры.
25. Металлоорганические полимеры.
26. Синтез полимеров, содержащих  $\sigma$ -связанные переходные металлы.
27. Полимеры, содержащие переходные металлы.
28. Координационные полимеры.

## 5. ФОРМА ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

Формой итогового контроля является *зачет с оценкой*

Программу составил профессор кафедры теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов ИГУ,  
д-р хим. наук, профессор  Кижняев Валерий Николаевич

Программа рассмотрена на заседании кафедры аналитической химии химического факультета

«11» 06 2019 г. Протокол № 8

Зав. кафедрой, д-р хим. наук, профессор 

А.Г. Пройдаков