

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева  
Российской академии наук  
(ИМХ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Чл.-корр. РАН



И.Л. Федюшкин

«07» *сентября* 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДНЫЕ НЕПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»**

Б1.В.ДВ.1 «Вариативная часть»; раздел «Дисциплины по выбору» основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации **04.06.01 Химические науки**

Направленность (профиль) **02.00.08 «Химия элементоорганических соединений»**

Форма обучения **очная**

**Нижний Новгород**

**2015**

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 869.

Разработчики:

зав. лабораторией ОПНМ, д.х.н.

А.А. Скатова

Программа принята на заседании Ученого совета ИМХ РАН

Протокол № 10 от « 24 » июня 2015 г.

Ученый секретарь, к.х.н.



К.Г. Шальнова

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

### Цели дисциплины:

Закрепление аспирантами базовых положений химии металлоорганических соединений непереходных элементов.

### Задачи дисциплины:

- Ознакомление с основными типами металлоорганических соединений непереходных металлов;
- Формирование у обучающихся современных представлений о синтезе, строении и реакционной способности металлоорганических соединений (МОС) непереходных элементов.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Данная дисциплина относится к группе дисциплин по выбору в Вариативной части образовательной компоненты основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки *04.06.01 «Химические науки»* по специальности *02.00.08 «Химия элементоорганических соединений»*.

Для усвоения дисциплины аспирант должен иметь знание основных положений следующих дисциплин:

- «Органическая химия» (теоретические представления о составе, строении и свойствах основных классов органических соединений, владение основами органического синтеза);
- «Общая химия» (теоретические основы, знание строения атомов, химические свойства элементов, координационные полиэдры, валентность, формальная степень окисления, типы химических связей металл–неметалл, неметалл–неметалл);
- «Физические методы исследования» (ИК-, ЯМР-, ЭПР-спектроскопия).

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2 - способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

ОПК-1 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-2 - готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук;

ПК-2 - Способность ставить и решать инновационные задачи в области химии элементоорганических соединений, связанные с получением элементоорганических веществ, их практическим применением, определением строения и реакционной способности с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний;

ПК-3 - Умение проводить анализ и отбор задач и проблем, самостоятельно ставить цель исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для химической отрасли, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике, владение базовыми представлениями о теоретических основах элементоорганической химии, механизмах органических реакций, стереохимии, органической химии;

**Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:**

*Знать:* основные типы органические производные непереходных металлов; типы химических связей в МОС непереходных элементов (локализованные направленные двухцентровые двухэлектронные связи; связи в электронодефицитных молекулах; низковалентные и низкоординационные соединения непереходных металлов);

*Уметь:* составлять план синтеза органических производных непереходных металлов исходя из состава целевого соединения; прогнозировать тип химической реакции, основываясь на данных об составе МОС и его строении.

*Владеть:* базовыми методами синтеза различных типов органических производных непереходных металлов.

**4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа).

Дисциплина изучается в 4 семестре (2 год обучения). Дисциплина состоит из 13 разделов.

**4.1 Структура дисциплины.**

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб./сем.	Прак.	КСР.		

1	Органические производные переходных металлов	72	36	-	35	-	1	36	зачет
---	--	----	----	---	----	---	---	----	-------

#### 4.2. Содержание дисциплины.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб./ сем.	Пр.	КСР	
1.	Классификация органических производных металлов.	-	4	-	-	3
2.	Природа связи металл – углерод(элемент).	-	4	-	-	3
3.	Обзор синтетических методов.	-	4	-	-	3
4.	Элементоорганическая химия щелочных металлов (группа 1).	-	3	-	-	4
5.	Органические производные металлов групп 2 и 12.	-	3	-	-	4
6.	Элементоорганические соединения подгруппы бора (группа 13).	-	3	-	-	4
7.	Элементоорганические соединения подгруппы углерода (группа 14).	-	3	-	-	4
8.	Элементоорганические соединения подгруппы азота (группа 15).	-	4	-	-	3
9.	Элементоорганические соединения селена и теллура (группа 16).	-	4	-	-	3
10.	Органические соединения меди, серебра и золота.	-	3	-	1	3

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
1	Классификация органических производных металлов.	Переходные и переходные металлы; их металлоорганические производные и координационные соединения. Общие представления о номенклатуре органических производных переходных металлов.	семинарские занятия, самостоятельная работа.
2	Природа связи металл – углерод(элемент).	Энергия, полярность, реакционная способность связи элемент–углерод. Термодинамическая и кинетическая устойчивость органических производных. Направленные и многоцентровые связи. Электронно-дефицитные системы.	семинарские занятия, самостоятельная работа.
3	Обзор синтетических методов.	Взаимодействие металла и органического галогенида (прямой синтез); взаимодействие металла и ЭОС (трансметаллирование);	семинарские занятия, самостоятельная работа.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
		взаимодействие двух ЭОС (обмен металла); взаимодействие хлорида металла и ЭОС (метатезис); взаимодействие ЭОС и арилгалогенида (обмен металл/галоген); взаимодействие ЭОС и С-Н кислоты (металлирование); взаимодействие соли ртути и органического соединения (меркурирование); взаимодействие гидрида металла и алкена/алкина (гидрометаллирование); взаимодействие МОС и алкена (карбометаллирование); взаимодействие ЭОС и карбена (внедрение карбена); пиролиз карбоксилатов (декарбоксилирование); арилирование солями диазония.	работа.
4	Элементоорганическая химия щелочных металлов (группа 1).	Литийорганические соединения. ЯМР спектроскопия на ядрах лития. МОС тяжелых щелочных металлов. ЭПР спектроскопия ЭОС соединений щелочных металлов.	семинарские занятия, самостоятельная работа.
5	Органические производные металлов групп 2 и 12.	Органические производные щелочноземельных металлов: бериллий-, магний, кальций-, стронций- и барийорганические соединения. МОС цинка, кадмия и ртути.	семинарские занятия, самостоятельная работа.
6	Элементоорганические соединения подгруппы бора (группа 13).	Органические производные бора: органические бораны, борорганические комплексы с переходными металлами, борсодержащие гетероциклы, полиэдрические соединения бора (бораны, карбораны, гетробораны). Органические производные алюминия: производные алюминия(III), низковалентные производные алюминия. Органические соединения галлия, индия и таллия.	семинарские занятия, самостоятельная работа.
7	Элементоорганические соединения подгруппы углерода (группа 14).	Органические производные кремния: соединения кремния с координационными числами 4, 3, 2 и 1. Органические соединения германия и олова. Спектроскопия ЯМР и эффект Мессбауэра на ядрах $^{119}\text{Sn}$ . Органические соединения свинца (IV, II, II, I).	семинарские занятия, самостоятельная работа.
8	Элементоорганические соединения подгруппы азота (группа 15).	Органические производные пятивалентных As, Sb, Bi: $R_5E$ и $R_nEX_{5-n}$ (получение и свойства). Органические производные трехвалентных As, Sb, Bi: $R_3E$ и $R_nEX_{3-n}$ (получение и свойства). Цепи и циклы с одинарными связями E-E. Кратные связи с элементами P, As, Sb, Bi.	семинарские занятия, самостоятельная работа.
9	Элементоорганические соединения селена и теллура (группа 16).	Синтез, строение и свойства. Применение для получения неорганических материалов.	семинарские занятия, самостоятельная работа.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
10	Органические соединения меди, серебра и золота.	Строение и свойства органических производных меди и серебра. Купраты в органическом синтезе: реакции Ульмана, Глейзера, Кадью-Ходкевича. Нуклеофильное замещение в органических галогенидах под действием купратов, термическое сочетание, присоединение по Михаэлю с сопряженным енонам, карбокуприрование. Комплексы золота(I) с изоцианидами и карбенами. «Неклассические» карбонилы Cu(I), Ag(I) и Au(I). Органические соединения Au(III).	семинарские занятия, самостоятельная работа.

### 5. Образовательные технологии

1. Семинары проводят с использованием современных мультимедийных возможностей (слайды подготовлены с помощью программного пакета Microsoft Office PowerPoint) и проекционного оборудования.
2. Непосредственное участие обучаемых в работе по темам Госзадания и выполнении исследовательских проектов.
3. Использование специального программного обеспечения и интернет-ресурсов для обучения в ходе самостоятельных работ.

### 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

#### Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой и электронными базами данных (например, SciFinder), а также Интернет сайтами ведущих химических издательств (Wiley, Elsevier, Royal Society of Chemistry, American Chemical Society) с целью углубленного изучения отдельных разделов дисциплины. Текущий контроль уровня усвоения материала дисциплины осуществляется в форме собеседования на семинарах и контроля самостоятельной работы.

По итогам освоения дисциплины в конце семестра предусмотрен зачет.

#### Критерии освоения дисциплины:

Зачтено	Знание основного содержания разделов дисциплины, допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Правильное применение теоретических знаний для решения практических задач. Допускаются
---------	---

	незначительные ошибки в решении расчетных задач.
Незачтено	Не знает значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Не может решать простые основные расчетные и качественные задачи.

### **Перечень вопросов для контроля уровня усвоения материала дисциплины:**

1. Переходные и непереходные металлы; их металлорганические производные и координационные соединения.
2. Общие представления о номенклатуре органических производных непереходных металлов.
3. Энергия, полярность, реакционная способность связи элемент–углерод. Термодинамическая и кинетическая устойчивость органических производных.
3. Направленные и многоцентровые связи. Электронно-дефицитные системы.
4. Методы синтеза органических производных металлов.
5. Литийорганические соединения. ЯМР спектроскопия на ядрах лития.
6. МОС тяжелых щелочных металлов. ЭПР спектроскопия ЭОС соединений щелочных металлов.
7. Органические производные щелочноземельных металлов: бериллий-, магний, кальций-, стронций- и барийорганические соединения.
8. МОС цинка, кадмия и ртути.
9. Органические производные бора: органические бораны, борорганические комплексы с переходными металлами, борсодержащие гетероциклы, полиэдрические соединения бора (бораны, карбораны, гетробораны).
10. Органические производные алюминия: производные алюминия III, низковалентные производные алюминия.
12. Органические соединения галлия, индия и таллия.
13. Органические производные кремния: соединения кремния с координационными числами 4, 3, 2 и 1.
14. Органические соединения германия и олова. Спектроскопия ЯМР и эффект Мессбауэра на ядрах  $^{119}\text{Sn}$ . Органические соединения свинца (IV, II, II, I).

15. Органические производные пятивалентных As, Sb, Bi:  $R_5E$  и  $R_nEX_{5-n}$  (получение и свойства).
16. Органические производные трехвалентных As, Sb, Bi:  $R_3E$  и  $R_nEX_{3-n}$  (получение и свойства).
17. Цепи и циклы с одинарными связями E-E (E = P, As, Sb, Bi). Кратные связи с элементами P, As, Sb, Bi.
18. Элементоорганические соединения селена и теллура. Синтез, строение и свойства. Применение для получения неорганических материалов.
19. Строение и свойства органических производных меди и серебра.
20. Купраты в органическом синтезе: реакции Ульмана, Глейзера, Кадью-Ходкевича. Нуклеофильное замещение в органических галогенидах под действием купратов, термическое сочетание, присоединение по Михаэлю с сопряженным енонам, карбокуприрование.
21. Комплексы золота(I) с изоцианидами и карбенами. «Неклассические» карбонилы Cu(I), Ag(I) и Au(I). Органические соединения Au(III).

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### Основная литература:

1. К. Элшенбройх, Металлоорганическая химия. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2011.
2. Кочешков К.А. Методы элементоорганической химии. Сурьма, висмут. М.: Наука, 1976.
3. О.А. Реутов, А.Л. Куру, К.П. Бутин, Органическая химия. Часть 4. М.: Бином. 2004.
4. Методы элементоорганической химии: Германий, олово, свинец / под ред. Несмеянова А.Н.- М.: Наука. 1968.
5. Методы элементоорганической химии: хлор. Алифатические соединения / под ред. Несмеянова А.Н.- М.: Наука. 1973.
6. Шевердина Н.И. Методы элементоорганической химии. Цинк. Кадмий. М.: Наука, 1964.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.sciencedirect.com>

<http://www.springerlink.com>

<http://pubs.acs.org/>

<http://elibrary.ru>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Для проведения семинаров читальный зал оснащен компьютером и проектором для демонстрации презентаций. Также читальный зал библиотеки используется обучающими для самостоятельной подготовки по конкретному разделу дисциплины.

Компьютеры имеют доступ к международным и российским научным базам данных и электронным библиотекам с основными международными научными журналами.

Работы по получению органических производных переходных металлов выполняются в специализированных лабораториях, оснащенных стандартным комплексом оборудования для проведения синтезов. Центр коллективного пользования ИМХ РАН включает все необходимое научное оборудование для проведения физико-химических методов исследования.