

**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

**«ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ»**

Б1.В.ДВ.2 «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:

ведущий научный сотрудник ЛКОС, д.х.н.

А.Н. Корнев

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:

Формирование знаний в вопросах синтеза определенных классов соединений с использованием разнообразных металлоорганических соединений, знакомство с последними достижениями в области создания связей углерод–углерод, углерод–органоген.

Задачи дисциплины:

- Знакомство с новыми методами построения связей C-C, C-N, C-O, C-Hal в синтезах с участием металлоорганических соединений
- Рассмотрение общих вопросов гомогенного катализа с участием комплексов переходных металлов.
- Знакомство с возможностями и перспективами развития металлокомплексного катализа

2. Место дисциплины в структуре ООП

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 успешного усвоения дисциплины аспирант должен знать основные теоретические положения следующих дисциплин:

- "Химия элементоорганических соединений" (базовые представления о типах связей элемент(металл)–лиганд, методах синтеза ЭОС, химических свойствах и реакционной способности);
- "Физические методы исследования" (ИК-, УФ-, 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-5 - способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;

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-1 - углубленное знание теоретических и методологических основ химии элементоорганических соединений, умение работать с аппаратурой и приборами, предназначенными для исследований элементоорганических веществ;

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;

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

Знать: особенности проведения синтезов с участием элементоорганических соединений, возможные побочные процессы.

Уметь: выявлять преимущества и недостатки различных методов синтеза органических субстратов определенного типа с участием элементоорганических соединений по сравнению с классическими органическими реакциями;

Владеть: информацией об электронном строении металла, его лигандном окружении, его способности к изменению координационного числа и степени окисления.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа). Дисциплина изучается в 5 семестре (3 год обучения). Дисциплина состоит из 3 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.	Применение металлоорганических соединений в органическом синтезе	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)				Самостоят. работа
		Лек.	Лаб./сем.	Пр.	КСР	
1.	Синтезы органических препаратов на базе МОС непереходных металлов (элементов).	12	-	-	-	12
2.	Соединения переходных металлов в органическом синтезе.	12	-	-	-	12
3.	Развитие металлокомплексного катализа.	11	-	-	1	12

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
1	Синтезы органических препаратов на базе МОС непереходных металлов (элементов)	<p><i>Литийорганические соединения.</i> Реакция металлирования. Взаимодействие МОС лития с простыми и циклическими эфирами, с CO, CO₂ и карбонилсодержащими соединениями (синтез спиртов, кетонов, альдегидов). Взаимодействие с кратными связями углерод – азот (синтез циклических и ациклических кетонов), углерод – углерод (полимеризация диенов). МОС лития – предшественники карбенов, аринов, илидов.</p> <p><i>Магнийорганические соединения.</i> Синтез альдегидов, спиртов (основные и побочные процессы), кетонов. Сходство и отличия от литийорганических соединений. Получение алканов.</p> <p><i>Алюминийорганические соединения.</i> Реакции МОС алюминия с алкенами: гидро- и карбалюминирование, синтез α-алкенов. Взаимодействие алюминийорганических соединений с алкинами: стереохимия, металлирование и гидроалюминирование, карбалюминирование. Факторы, влияющие на выход конечного продукта. Протолиз МОС алюминия (синтез углеводов). Окисление соединений алюминия, промышленный метод синтеза спиртов. Реакции органических галогенидов с МОС алюминия – синтез труднодоступных алкенов, алкинов. Взаимодействие алюминийорганических соединений с карбонилсодержащими производными (альдегиды и кетоны). Реакции</p>	Лекции, самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>алкилирования, восстановления, енолизации. Синтез кетонов (галогенангидриды кислот), кетокислот (ангидриды дикарбоновых кислот), кетена.</p> <p>Карбоксилирование алюминийорганических соединений: синтез кислот предельного ряда, α, β-непредельных кислот.</p> <p><i>Цинк-, кадмийорганические соединения.</i> Реакции Реформатского и Симмонса-Смита.</p> <p><i>МОС ртути в органическом синтезе.</i> Реакция сольвомеркурирования, механизм.</p> <p>Гидроксимеркурирование, регио- и стереоселективность. Гидроксимеркурирование замещенных алкенов (винилалкиловых эфиров, винилацилатов). Синтез меркуркарбонильных производных. Реакции демеркурирования.</p> <p>Действие на продукты сольвомеркурирования сильных кислот. Окисление алкенов солями ртути до карбонильных соединений.</p> <p>Алкоксимеркурирование алкенов, диенов, алкинов. Пероксимеркурирование, ацилоксимеркурирование, аминомеркурирование (синтез β-замещенных аминов).</p> <p>Синтезы на базе МОС ртути. Меркурирование алкинов, ароматических соединений, декарбоксилирование ацилатов ртути. Замещение атома ртути на водород, галоген, ацильную группу (синтез енолацилатов, кетонов), алкильный радикал. Карбеноидное элиминирование полигалогенметильных производных ртути (работы Сейферта), синтез углеводородов циклопропанового ряда.</p> <p><i>Борорганические соединения.</i> Гидроборирование алканов и циклоалканов. Влияние заместителей у sp^2-гибридного атома углерода на образование продуктов гидроборирования, ориентация и стереохимия этой реакции. Гидроборирование ацетиленовых соединений.</p> <p>Замещение бора на водород или функциональные группы. Реакции протолиза. Окисление ЭОС бора. Синтез органических галогенидов.</p> <p>Взаимодействие борорганических соединений с карбонильными соединениями: присоединение (аллилбораны, α, β-непредельные альдегиды и кетоны), восстановление. Карбонилирование органоборанов – синтез альдегидов, кетонов, спиртов.</p> <p><i>Синтезы органических соединений реакциями восстановления.</i> Основные восстановители: комплексные гидриды бора и алюминия, гидрид</p>	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>бора, диизобутилалюминийгидрид (ДИБАГ). Нуклеофильные свойства комплексных гидридов, электрофильные - гидридов бора и алюминия. Восстановление ацеталей и кеталей, альдегидов и кетонов (стереохимия восстановления кетонов литийалюминийгидридом и ДИБАГ). Взаимодействие карбоновых кислот с гидридом бора и ДИБАГ, синтез спиртов и альдегидов. Восстановление галогенангидридов, сложных эфиров карбоновых кислот до спиртов и альдегидов. Реакции амидов и нитрилов кислот с ДИБАГ, синтез аминов и альдегидов. Восстановление лактонов, ангидридов двухосновных кислот. <i>Оловоорганические соединения в синтезе.</i> Гидростаннирование. Восстановление оловоорганическими гидридами галогеналкилов и -ариллов, радикальный характер реакции, преимущества по сравнению с другими типами восстановителей. Взаимодействие гидридов олова с альдегидами, кетонами, ацилгалогенидами. Реакции несимметричных α-замещенных МОС олова с карбонильными соединениями (образование замещенных спиртов). <i>МОС сурьмы и висмута в органическом синтезе.</i> Арилирование и алкилирование спиртов соединениями сурьмы (синтез простых эфиров). Синтез кетонов, спиртов из пентаалкилпроизводных сурьмы и альдегидов, галогенангидридов. Образование алкенов при взаимодействии илидов сурьмы с карбонильными соединениями и триалкилсурьмы с эфирами броммалоновой кислоты. Ацилаты триарилсурьмы в реакциях каталитического β-арилирования непредельных соединений. Окисление спиртов соединениями висмута (V) (диацилатами и производными неорганических кислот. О-арилирование спиртов и фенолов, N-арилирование аминов, C-арилирование фенолов, 1,3-дикарбонильных соединений диацилатами триарилвисмута. <i>Применение медьорганических соединений в органическом синтезе.</i> Получение углеводов окислением σ-ковалентных МОС меди. Каталитическое кросс-сочетание. Карбанионные комплексы меди: диалкил-, диалкенилкупраты лития (магния). Реакции нуклеофильного замещения: синтез углеводов перекрестным кросс-сочетанием,</p>	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>синтез кетонов из ацилгалогенидов и органокупратов лития. Реакции нуклеофильного присоединения: к оксиранам (синтез спиртов), по системе сопряженных связей α, β-непредельных карбонильных соединений. Взаимодействие диалкилкупратов лития с эфирами α, β-непредельных кислот этиленового и ацетиленового ряда. Сравнение реакционной способности МОС лития и диалкилкупратов лития.</p>	
2.	Соединения переходных металлов в органическом синтезе	<p><i>Титанорганические соединения в синтезе.</i> Синтез смешанных производных R_nTiX_{4-n} ($X=OPr-i, NR_2, Hal$). Хемоселективность МОС титана в реакциях с карбонильными соединениями, сравнение с МОС лития и магния. Реакции стереоселективного присоединения. Открытая и циклическая модели Крама. Контроль, обусловленный хелатообразованием. Реакции титанорганических соединений с CO_2. <i>Гомогенный катализ комплексами переходных металлов.</i> Основные промышленные процессы. Общие вопросы металлокомплексного катализа: каталитический цикл, роль переходного металла (способность к образованию связей, выбор и влияние лигандов, способность металла к изменению координационного числа и степени окисления). Правило 16 и 18 электронов. Устойчивость комплексов: электронное строение, термодинамический аспект, кинетический аспект. Типы металлокомплексов в каталитических процессах: сигма-, карбеновые, алкеновые, алкиновые, карбонильные, гидридные. Стадии каталитического цикла и активация молекул (путем координации, присоединения), «близкое взаимодействие», элиминирование. <i>Гомогенное гидрирование.</i> Катализаторы гидрирования, каталитический цикл. Лимитирующие стадии, предкатализаторы и катализаторы. Влияние заместителей в алкене на скорость гидрирования. Активация водорода путем гомолитического присоединения. Гидрирование сопряженных диенов, карбонильных соединений. Асимметричное гидрирование в присутствии хиральных катализаторов. <i>Изомеризация алкенов.</i> Активация алкена путем координации и путем присоединения. Алкилгидридная изомеризация и изомеризация</p>	Лекции, самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>посредством π-аллильного комплекса. Промышленное использование изомеризации алкенов, диенов, функционально-замещенных алкенов. <i>Линейная олигомеризация алкенов.</i> Каталитический цикл. Факторы, влияющие на соотношение реакций внедрения и элиминирования. Олигомеризация алкенов типа RCH=CH₂, диенов. Окислительное сочетание аренов. <i>Метатезис алкенов.</i> Практическое применение в синтезах. Катализаторы метатезиса алкенов, образование карбеновых комплексов. Каталитический цикл. Алкины и циклоалкены – субстраты реакций метатезиса. <i>Синтезы с оксидом углерода.</i> Гидроформилирование алкенов и алкинов. Катализаторы на основе кобальта, родия, никеля. Введение СО в галогеналканы, спирты, сложные эфиры, ацилгалогениды. Синтез карбоновых кислот (реакции Реппе, «Monsanto»), сложных эфиров (карбонилирование спиртов, галогеналкилов, простых эфиров), ангидридов карбоновых кислот. Реакция Фишера-Тропша. Влияние природы металла - катализатора на характер конечных продуктов. Синтез этиленгликоля на основе «синтез-газа».</p>	
3.	Перспективы металлокомплексного катализа.	<p><i>Проблемы и развитие металлокомплексного катализа.</i> Фиксация азота. Работы Вольпина, Шура, Шилова. Способы соединения металла и азота. Гидрирование связанного азота. Гидрирование атмосферного азота. Активация алкенов. Взаимодействие металлов с активированными СН-связями: стерическая активация, агостическая связь М-С-Н. Взаимодействие металла с неактивированными С-Н-связями. Дейтерообмен в алканах в присутствии PtCl₄²⁻. Реакции окислительного присоединения С-Н связей углеводородов к металлам, кинетический и термодинамический аспекты. Использование в синтезах.</p>	Лекции, самостоятельная работа

5. Образовательные технологии

При реализации учебной работы используются активные образовательные технологии (семинары), технологии интерактивного обучения (презентации), информационно-коммуникативные технологии (компьютер, средства мультимедиа).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

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

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается учебниками, учебно-методическими пособиями и научными статьями, доступными в читальном зале библиотеки и в электронных библиотеках.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме собеседования во время семинаров и контроля самостоятельной работы.

Итоговый контроль освоения дисциплины – зачет.

Критерии оценок выполнения задания:

Зачтено	Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с некоторыми ошибками. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются неточности, нарушения в последовательности изложения материала.
Незачтено	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Незнание значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов.

Вопросы для самоконтроля:

1. Реакция металлизации и ее синтетические возможности. Взаимодействие диалкил- и алкилвиниловых эфиров с RLi .
2. Основные и побочные процессы при взаимодействии литийорганических соединений с карбонильными соединениями и производными карбоновых кислот.
3. Синтез кетонов на базе амидов и нитрилов карбоновых кислот. Реакция Циглера.
4. Присоединение RLi к аренам, диенам, нафталину, пиридину. Образование замещенных аренов. Механизм.
5. Синтез альдегидов посредством реактивов Гриньяра.
6. Рассмотреть взаимодействие $RMgX$ с: изобутиленоксидом; CO ; непредельными кетонами. Основные и побочные процессы.
7. Реакции гидро- и карбалюминирования и их особенности. Синтез алканов и циклоалканов с использованием МОС алюминия.
8. Окисление МОС алюминия, образование основных и побочных продуктов.
9. Стереоселективный синтез алкенилгалогенидов, непредельных (цис- и транс-) карбоновых кислот.

10. Реакция Реформатского. Синтезы β -гидрокси, β -оксокислот с использованием функциональных производных карбоновых кислот $RC(O)X$ [$X=Cl, OR, OCOR$], RCN] β -гидрокси, β -оксокислот.

11. Синтез циклопропановых соединений реакцией Симмонса-Смита.

12. Реакция сольвомеркурирования. Взаимодействие солей ртути с алкилвиниловыми эфирами, виниловыми эфирами карбоновых кислот (синтез альдегидов и кетонов).

13. Процессы аминомеркурирования. Синтез β -замещенных аминов.

14. Рассмотреть реакции сольвомеркурирования/демеркурирования. Назвать образующиеся продукты:



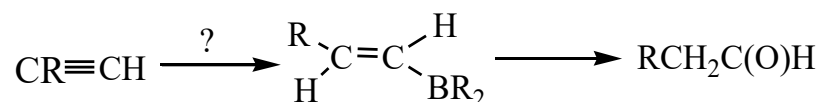
15. Синтез галогензамещенных циклопропанов с использованием арилполигалогенметилртути.

16. Замещение ртути в ртутноорганических соединениях на галоген. Синтез функционально-замещенных ароматических галогенпроизводных.

17. Реакция гидроборирования алкенов и алкинов и ее особенности. Влияние электронных и стерических факторов.

18. Методы протолиза борорганических соединений. Синтез углеводородов.

19. Окисление ЭОС бора. Осуществить превращения:



20. Восстановление альдегидов и кетонов боралкилами и реакции присоединения к α , β -непредельным карбонильным соединениям (синтез насыщенных альдегидов и кетонов).

21. Получить альдегид, кетон, а также первичный, вторичный и третичный спирты карбонилированием трипропилбора.

22. Восстановление карбонилсодержащих соединений дибораном, комплексными гидридами $LiAlH_4$, $NaBH_4$. Влияние на реакционную способность индукционного и мезомерного заместителей у карбонильной группы.

23. Восстановление α -окисей.

24. Синтез аминов восстановлением амидов и нитрилов кислот. Получение альдегидов из последних обработкой ДИБАГ.

25. Рассмотреть взаимодействие 2-метилпропановой кислоты с гидридом бора и ДИБАГ.

26. Восстановление сложных эфиров литийалюминийгидридом и диизобутилалюминийгидридом. Условия реакций.

27. Написать реакции восстановления следующих соединений с триалкилгидридом олова: $\text{CH}_2=\text{CHR}$; RX ; RC(O)Cl ; RCBr_3 ; R_2CO ; $\text{CH}_2=\text{CH-COOMe}$; $\text{CH}_2=\text{CH-CN}$. Механизм процессов. Преимущества органогидридов олова по сравнению с другими восстановителями.
28. Синтезировать спирты и кетоны, используя соединения сурьмы (V).
29. Написать синтез аллилтрибутилсурьмы и реакции ее с альдегидами и галогенангидридами карбоновых кислот.
30. Синтез илидов сурьмы и их реакции с альдегидами и кетонами. Получение алкенов и α -окисей.
31. Методы получения диацилатов триарилвисмута и их действие в реакциях С-ариллирования, О-ариллирования спиртов и фенолов, N-ариллирования аминов. Написать реакции трифенилдиацетата висмута с метиловым эфиром пара-гидроксibenзойной кислоты, изопропиламином, 2-нафтолом. Условия процессов.
32. Написать схемы получения следующих углеводородов посредством соединений меди: $\text{RC}\equiv\text{C-C}\equiv\text{CR}'$; $\text{RC}\equiv\text{C-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{OH}$; Е-дец-4-ена.
33. Синтезировать 5-цианопентанон-2 и бутин-2-он-4 с помощью карбанионных комплексов меди.
34. Нуклеофильное присоединение диалкилкупратов лития к α -оксиранам (на примере 1,2-эпоксibутана), непредельным циклическим кетонам.
35. Рассмотреть возможные продукты реакций дибутилкупрата лития с метиловым эфиром бутин-2-овой кислоты и метилметакрилатом.
36. Синтез алкил(арил)алкоксисоединений титана. Хемоселективность в реакциях с альдегидами и кетонами. Отличия от МОС лития и магния.
37. Получить цианометилтриизопропоксититан и написать его реакции со смесью бензальдегида и ацетофенона (1:1).
38. Влияние стерических факторов в реакциях ЭОС титана с альдегидами и кетонами.
39. Стереохимические аспекты взаимодействия алкилалкоксисоединений титана с карбонильными соединениями. Образование стереоизомеров в реакциях 2-фенилпропаналя и фенил(фенилгидроксиметил)кетона с метилтриизопропил-оксититаном.
40. Каталитический цикл. Роль переходного металла в катализе. Предкатализаторы и катализаторы. Активация молекул в каталитическом цикле (координация, окислительное присоединение, гомолитическое присоединение). Близкое взаимодействие: внедрение и миграция внутренних лигандов, элиминирование.

41. Общая схема гидрирования. Катализаторы на основе рутения, родия, катализатор Уилкинсона. Гидрирование сопряженных диенов в присутствии цианида кобальта, карбонильных соединений. Асимметрическое гидрирование. Влияние строения лигандов на стереоселективность процесса.

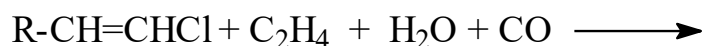
42. Изомеризация алкенов. Механизмы. Алкилгидридная изомеризация на катализаторах типа $\text{HCo}(\text{CO})_4$, $\text{HRh}(\text{CO})(\text{PR}_3)_3$. Использование процесса в оксосинтезах. Изомеризация через стадии образования α – аллилгидридных комплексов. Изомеризация аллилового спирта в акролеин. Синтез адипонитрила из бутадиена и HCN .

43. Олигомеризация алкенов. Катализаторы. Общая схема димеризации пропена. Схемы образования изомерных гексенов. Циклическая и линейная олигомеризация бутадиена.

44. Метатезис алкенов. Общая схема процесса. Катализаторы. Металлкарбены – ключевые интермедиаты метатезиса. Каталитический цикл. Метатезис функционально-замещенных алкенов. Образование полиалкеномеров из циклических алкенов.

45. Предкатализаторы и катализаторы реакций гидроформилирования. Гидроформилирование алкенов и алкинов. Синтез альдегидов и кетонов.

46. Синтез карбоновых кислот. Метод Монсанто. Осуществить синтез:



47. Синтез сложных эфиров (алкен + CO + спирт; карбонилированием спиртов, галогеналкилов с последующей обработкой спиртом).

48. Реакция Фишера-Тропша. Образование метана, метанола, уксусной кислоты. Катализаторы, схемы и условия процессов.

49. Фиксация азота. Возможные пути связывания азота с металлом. Гидрирование связанного азота. Катализаторы.

50. Взаимодействие металлов с активированными алифатическими C-H -связями. Стерическая активация [окислительное присоединение sp^3 (C-H), sp^2 (C-H , арен) – связей к металлу]. Синтезы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Общая органическая химия. Т.7. Металлоорганические соединения. М.: химия, 1984.

2. Реутов О.А., Куру А.Л., Бутин К.П. Органическая химия. Часть 4. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2004.

3. π -Комплексы переходных металлов в синтезах органических соединений. / сост. Степовик Л.П. Н.Новгород. ННГУ, 1995.

4. Цудзи Д. Органические синтезы с участием комплексов переходных металлов. М.: Химия, 1979.

б) Дополнительная литература

1. Уэйкфилд Б. Методы синтеза с использованием литийорганических соединений. М.: Мир, 1991.
2. Методы элементоорганической химии. Серия книг под общей редакцией А.Н.Несмеянова. М.: Наука.
3. Михайлов Б.М., Бубнов Ю.Н. Борорганические соединения в органическом синтезе. М.: Наука, 1977.
4. Кучин А.В., Толстикова Г.А. Препаративный алюминийорганический синтез. Сыктывкар, 1997.
5. Корнеев Н.Н. Химия и технология алюминийорганических соединений. М.: Химия, 1979.
6. Новые пути органического синтеза. Практическое использование переходных металлов. М.: Химия, 1989.
7. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир, 1983.
8. Шульпин Г.Б. Органические реакции, катализируемые комплексами металлов. М.: Наука, 1988.
9. Хананашвили Л.М. Химия и технология элементоорганических мономеров и полимеров. М.: Химия, 1998.
10. Маквиллин Ф.Дж. Гомогенное гидрирование в органической химии. М.: Химия, 1980.
11. Шилов А.Е., Шульпин Г.Б. Активация и каталитические реакции углеводородов. М.: Наука, 1995.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.sciencedirect.com>

<http://www.tandf.co.uk>

<http://www.springerlink.com>

<http://pubs.acs.org>

<http://onlinelibrary.wiley.com>

<http://onlinelibrary.wiley.com>

<http://onlinelibrary.wiley.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные работы по получению металлоорганических соединений выполняются в специализированной лаборатории, оснащенной стандартным комплексом оборудования для проведения синтезов, изучения их физико-химических свойств. Работы с

использованием МОС проводятся на рабочих местах в рамках тематики научных исследований, как по известным методикам, так и по вновь разрабатываемым. Для самостоятельной подготовки используется компьютерный класс.