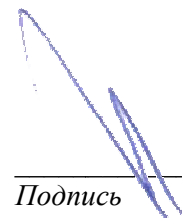


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный  
университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

---



Подпись

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕН

Резников В. А.

5 октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **Избранные главы металлоорганической химии**

специальность: 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия  
направленность (профиль): Фундаментальная и прикладная химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.х.н., доц. Конченко С.Н.

Зав. кафедрой

Чл.-к. РАН, д.х.н., проф. Федин В.П.

Руководитель программы:

д.х.н., доц. Емельянов В.А.

Новосибирск, 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося .....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы .....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<b>С-ОПК-1.</b> Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных («в стекле» и « <i>insilico</i> ») работ химической направленности	<b>С-ОПК-1.1.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	- <i>умеет</i> искать информацию по синтезу и структурному анализу металлоорганических соединений в научных публикациях с использованием БД; - <i>умеет</i> анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные
	<b>С-ОПК-1.2.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов, в том числе и компьютерных с использованием теоретических основ химии	- <i>знает</i> основные теоретические положения органической химии, а также свойства и реакционную способность основных классов металлоорганических соединений, методы их взаимопревращения; - <i>умеет</i> аргументированно объяснить собственные результаты по компьютерному синтезу и структурному анализу металлоорганических соединений с использованием теоретических основ химии
	<b>С-ОПК-1.3.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ химической направленности	- <i>умеет</i> выделить основные результаты с учетом поставленных целей и задач; - <i>формулирует</i> кратко, конкретно и обоснованно, с учетом собственной компьютерной экспериментальной работы, заключения при прохождении контрольных точек
<b>С-ОПК-6.</b> Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	<b>С-ОПК-6.1.</b> Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	- <i>владеет</i> навыками использования графических редакторов для изображения структурных формул металлоорганических соединений
	<b>С-ОПК-6.3.</b> Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	- <i>владеет</i> навыками использования современных программно-технических средств для подготовки презентации; - <i>знает</i> основные требования к оформлению презентации; - <i>имеет</i> опыт публичного выступления с презентацией на русском языке
<b>С-ПК-4.</b> Способен планировать и	<b>С-ОПК-4.1.</b> Использует базовые знания в области	- <i>знает</i> общие методы синтеза и химические свойства основных классов ме-

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
осуществлять направленный синтез (или выделение из природных объектов) известных и новых соединений и материалов	математики и физики при планировании работ химической направленности	галлоорганических соединений, основные механизмы их превращений; - <i>имеет</i> представление о взаимосвязи между различными классами металлоорганических соединений; - <i>владеет</i> навыком составлять план синтеза достаточно сложных металлоорганических молекул с использованием стандартных методик
<b>С-ПК-7.</b> Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к дизайну веществ и материалов с заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью	<b>С-ПК-7.1.</b> Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство»	- <i>имеет</i> представление о взаимосвязи между химическим строением металлоорганических соединений и их химическими и физико-химическими свойствами; - <i>умеет</i> предсказывать и объяснять наиболее вероятные направления химических превращений металлоорганических соединений, исходя из их строения и условий реакции.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *Избранные главы металлоорганической химии*:

- Физическая химия
- Неорганическая химия
- Органическая химия
- Введение в хемоинформатику

Дисциплины и практики, для изучения которых необходимо освоение дисциплины *Избранные главы металлоорганической химии*:

- Строение неорганических веществ
- Реакционная способность комплексных соединений
- Методология органического синтеза
- Расчетные методы квантовой химии
- Введение в теорию химических реакций
- Функциональные материалы
- Теоретические и экспериментальные методы исследования в неорганической химии
- Кластерные соединения
- Производственная практика, научно-исследовательская работа

А также другие специальные курсы профилей «биоорганическая химия», «органическая химия», «неорганическая химия», «физическая химия», «кинетика и катализ».

**3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Трудоемкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч)

Форма промежуточной аттестации: 8 семестр – экзамен

№	Вид деятельности	8 семестр
1	Лекции, ч	26
2	Практические занятия, ч	28
3	Занятия в контактной форме, ч из них	58
4	аудиторных занятий, ч	54
6	консультаций, час.	2
7	промежуточная аттестация, ч	2
8	Самостоятельная работа, час.	50
9	Всего, ч	108

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИНХ СО РАН при проведении следующих видов занятий, часть из которых предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

- лекции;
- практические занятия.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**8 семестр**  
Лекции (26 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
<b>Раздел 1. Предмет и история развития металлоорганической химии</b>	
Тема 1. <i>Предмет и краткая история металлоорганической химии.</i> Предмет металлоорганической химии. Условность разделения на мета-лло- и элементоорганическую химию, разделы, рассматриваемые в данном курсе. Краткая история развития металлоорганической химии – основные события и люди.	2
<b>Раздел 2. Общая характеристика связи металл-углерод и классификация синтетических методов металлоорганической химии</b>	
Тема 2. <i>Природа и физикохимические характеристики связи металл-углерод.</i> Связь металл – углерод как основной отличительный элемент металло-органических соединений: степень ионности и ковалентности связей С–М, и влияние этих факторов на строение и реакционную способность металло – и элементоорганических соединений. Влияние поляризации органических фрагментов и поляризации металла на структуру соединений. Обзор лигандов: $\sigma$ -лиганды, лиганды $\pi$ -донорного и $\pi$ -акцепторного типов, их классификация и номенклатура.	2
Тема 3. <i>Основные синтетические подходы к металлоорганическим соединениям.</i> Окислительное присоединение галогенуглеводородов: «прямой» синтез из металла и галогенуглеводорода; «смешаннометаллический» синтез – из галогенуглеводорода и смеси металла-восстановителя с металлом, соединение которого необходимо получить; окисление галогенуглеводородами металлов в промежуточной степени окисления. Трансме-	2

таллирование. Обмен металлов. Метатезис (нуклеофильное замещение галогена на R <sup>-</sup> ). Замещение галогена на металл в реакции арилгалогенидов с алкиллитием. Металлирование и меркурирование C–H кислот. Гидрометаллирование, карбометаллирование, внедрение карбенов. Декарбоксилирование. Арилирование через соли диазония.	
<b>Раздел 3. Металлоорганическая химия s-элементов, цинка и ртути</b>	
Тема 4. <i>Соединения щелочных и щелочноземельных металлов.</i> Соединения щелочных металлов (M <sup>1</sup> = Li, Na, K): методы синтеза соединений M <sup>1</sup> . Основные закономерности строения органических соединений M <sup>1</sup> в кристаллической фазе, растворах и газовой фазе. Основные химические свойства соединений M <sup>1</sup> : реакции с гетеро-литическим разрывом связи C–M <sup>1</sup> и отдельные примеры реакций без разрыва связи C–M <sup>1</sup> . Влияние растворителя на реакционное поведение органических соединений M <sup>1</sup> . Примеры использования этих веществ в промышленности. Соединения щелочноземельных металлов (M <sup>2</sup> :Be, Mg, Ca, Sr, Ba). Методы синтеза магниорганических соединений, их значение и использование в органическом и неорганическом синтезе. Соединения Mg(I). Соединения других M <sup>2</sup> в степени окисления 2+: синтез, строение, основные свойства.	2
Тема 5. <i>Соединения металлов 12 группы.</i> Соединения металлов 12 группы (M <sup>12</sup> = Zn, Cd и Hg). Основные типы: σ- и π-комплексы металлов M <sup>12</sup> (II) и M <sup>12</sup> (I). Природа связей M <sup>12</sup> –C и M <sup>12</sup> –M <sup>12</sup> , структурные особенности органических соединений ртути. Неорганические соли ртути как основные исходные соединения для синтеза органических соединений ртути. Реакция обмена радикалов в органических соединениях ртути: симметризация, диспропорционирование, реакции с соединениями других металлов. Ртутьорганические соединения как основа исследования механизмов реакций металлоорганических соединений с σ-связью металл-углерод. Соединения ртути с различными функциональными заместителями в органических радикалах.	2
<b>Раздел 4. Металлоорганическая химия p- и f-элементов</b>	
Тема 6. <i>Соединения элементов 13 группы.</i> Металлоорганические соединения Al, Ga, In, Tl: методы синтеза и реакции образования органических соединений M <sup>13</sup> в степенях окисления +3, +2 и +1, структура в растворах, твердой и газовой фазах, димеризация и олигомеризация. Термодинамические и структурные закономерности. Основные химические свойства. Взаимные превращения соединений Tl(I) и Tl(III). Основные направления использования соединений таллия в тонком органическом синтезе. Функционально замещенные таллийорганические соединения.	2
Тема 7. <i>Соединения f-элементов (лантаноиды).</i> Методы получения алкильных комплексов лантаноидов, основные закономерности и проблемы. Методы синтеза сэндвичевых и полусэндвичевых комплексов лантаноидов. Соединения лантаноидов в степенях окисления +2 и +3. Особенности их строения. Современные тенденции развития металлоорганической химии лантаноидов. <i>Соединения f-элементов (актиноиды)</i> Типичные степени окисления актиноидов, проявляемые в металлоорганических соединениях. π-комплексы лантаноидов. Соединения урана и тория в катализе. соединения урана в степенях окисления +2, +3, +4, +5, +6. Особенности их строения. Современные тенденции развития металлоорганической химии актиноидов.	6
Тема 8. <i>Соединения кремния, германия, олова и свинца.</i> Органические соединения кремния, германия, олова и свинца (M <sup>14</sup> ): особенности структуры и электронного строения тетраэдрических органических соединений Si, Ge, Sn. Сравнительная полярность и реакционной способности σ- и π-связей M <sup>14</sup> –C. Важнейшие методы синтеза кремнийорганических соединений. Важнейшие реакции соединений кремния. Важнейшие методы синтеза соединений Ge, Sn и Pb. Важнейшие химические свойства германий- и оловоорганических соединений. Некоторые примеры реакций соединений свинца. Полиэлементные соединения Si, Ge, Sn. Соединения со связями Si=Si, Si=C, Ge=Ge, Sn=Sn.	2
Тема 9. <i>Соединения мышьяка, сурьмы и висмута.</i> Органические соединения металлов 15 группы (M <sup>15</sup> = As, Sb, Bi): методы синтеза и реакции образования моно- и полиядерных	2

органических соединений $M^{15}$ : цепи, кольца и «клетки». Основные свойства. Кратные связи $M^{15}-M^{15}$ и $M^{15}-E$ ( $E = p$ - или $d$ -элемент).	
Тема 10. <i>Соединения селена и теллура</i> . Органические соединения металлов 16 группы ( $M^{16} = Se, Te$ ): методы синтеза и реакции образования моно- и полиядерных органических соединений $M^{16}$ . Основные свойства.	2
<b>Раздел 5. Прикладные аспекты металлоорганической химии, включая био-логию и медицину</b>	
Тема 11. <i>Металлоорганические соединения в катализе и материало-ведении</i> . Гетерогенный катализ закрепленными на поверхности оксидов металлоорганическими комплексами актиноидов. Гомогенный катализ металлоорганическими комплексами лантаноидов: гидрирование, гидроаминирование, миграция кратных связей и т.д. Процессы CVDc участием металлоорганических соединений лантаноидов. Метилалюмоксаны.	1
Тема 12. <i>Металлоорганические соединения в биологии и медицине</i> . Металлоорганические соединения в живых организмах. Биологическое действие соединений ртути и таллия. Медицинские препараты на основе металлоорганических соединений мышьяка и висмута. Контрастные агенты. Фотодинамическая терапия.	1

#### Практические занятия (28 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Семинар 1. Термодинамические и кинетические аспекты устойчивости и лабильности связи металл-углерод.	1
Семинар 2. Литература и интерактивные системы для поиска методик синтеза и свойств МС	1
Решение задач по Теме 2	1
Семинар 3. Планирование синтеза МС, синтетическая аппаратура	1
Решение задач по Теме 3	1
Семинар 4. Соединения щелочных металлов	1
Решение задач по Теме 3	1
Семинар 5. Соединения щелочноземельных металлов	1
Решение задач по Теме 4	1
Семинар 6. Соединения цинка, кадмия и ртути	1
Решение задач по Теме 5	1
Семинар 7. Соединения металлов 13 группы	1
Решение задач по Теме 6	1
Семинар 8. Соединения лантаноидов	1
Решение задач по Теме 7	1
Семинар 9. Соединения лантаноидов	1
Решение задач по Теме 7	1
Семинар 10. Соединения актиноидов	2
Решение задач по Теме 8	1
Семинар 11. Соединения элементов 14 группы	1
Решение задач по Теме 9	1
Семинар 12. Соединения элементов 15 группы	1
Решение задач по Теме 10	1
Семинар 13. Соединения селена и теллура	1
Решение задач по Теме 11	1
Семинар 14. Практическое применение МС	1
Решение задач по Теме 12	1

#### Самостоятельная работа студентов (50 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час

Самостоятельная работа во время занятий, из них:	30
закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала	6
уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях	6
выполнение домашнего задания	10
подготовка к прохождению текущего контроля успеваемости (контрольные работы)	6
изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	2
Самостоятельная работа во время промежуточной аттестации, из них:	20
подготовка к экзамену	20

### 5. Перечень учебной литературы

1. Эльшенбройх К. Металлоорганическая химия. Пер. с нем. Ю.Ф.Опруненко и Д.С.Перекалина. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 746 с.: ил.– ISBN 978-5-9963-0203-1. <https://search.rsl.ru/ru/record/01004896494>
2. Федюшкин И.Л. Введение в металлоорганическую химию редкоземельных элементов: Учеб.пособие. Н. Новгород: НГПУ, 2009. – 144 с. – ISBN 978-5-85219-166-3.
3. Биометаллоорганическая химия. Перевод Дядченко В.П. и Зайцева К.В. Ред. Жауэн. Ж. М.: БИНОМ.Лаборатория знаний, 2011. – 494 с.:ил.– ISBN 978-5-9963-0225-3. <https://docplayer.ru/45610306-Biometalloorganicheskaya-himiya.html>
4. Коллмен Дж., Хигедас Л., Нортон Дж., Финке Р. Металлоорганическая химия переходных металлов (1 т.). М.: Мир, 1989.– 504 с. ил. – ISBN 5-03-000279-0. <https://www.studmed.ru/>

### 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

1. Соколов М.Н., Самсоненко Д.Г. Координационная химия. Часть II: Металлоорганические соединения, катализ с участием комплексов переходных металлов, кластерные соединения. Новосибирск: НГУ, 2011. <http://icchair.niic.nsc.ru/files/CoordChemII.pdf>
2. Соколов М.Н., Гущин А.Л., Самсоненко Д.Г. Координационная химия. Часть I: Электронное строение, устойчивость, механизмы реакций, неводные растворители. Новосибирск: НГУ, 2013. [http://icchair.niic.nsc.ru/files/Sokolov\\_CoordChem\\_Part1.pdf](http://icchair.niic.nsc.ru/files/Sokolov_CoordChem_Part1.pdf)

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

#### 7.1 Ресурсы сети Интернет

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
- «Российская национальная платформа открытого образования» (<http://openedu.ru/>), Coursera ([www.coursera.org](http://www.coursera.org)), edX ([www.edx.org](http://www.edx.org)).

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС и электронную почту.

#### 7.2 Современные профессиональные базы данных:

- Реферативно-поисковая база данных Reaxys(Elsevier)



- Реферативно-библиографическая база данных Scopus (Elsevier)
- Реферативно-библиографическая база данных Scifinder (ChemicalAbstractsService)
- Библиометрическаябазаданных Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.)
- База данных полнотекстовых научных журналов JSTOR.
- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ)
- Электронные ресурсы российской научной библиотеки eLibrary.ru
- Электронные ресурсы издательства AmericanChemicalSociety (ACS)
- Электронные ресурсы издательства AnnualReviews
- Электронные ресурсы FreedomCollection издательства Elsevier
- Электронныересурсыиздательства The Royal Society of Chemistry (RSC)
- Электронные ресурсы издательства Wiley

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **8.1 Перечень программного обеспечения**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для прохождения практики не требуется.

### **8.2 Информационные справочные системы**

Не используются

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины *Избранные главы металлоорганической химии* используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;
3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень результатов обучения по дисциплине *Избранные главы металлоорганической химии* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

При прохождении курса «Избранные главы металлоорганической химии» студенты работают по системе ИКИ (индивидуальный кумулятивный индекс), которая составлена таким образом, что текущий контроль охватывает все разделы курса. Эта система предусматривает прохождение контрольных точек – тестов и контрольных работ. Суммарное количество баллов выставляется в конце семестра. Итоговая аттестация не предусматривает обязательного экзамена – итоговые оценки «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» за курс в целом можно получить «автоматом», набрав соответствующее количество баллов в семестре. Студент, не набравший достаточного количества баллов для получения «оценки-автомата» или желающий ее повысить, сдает экзамен в письменной форме, состоящий из двух частей – теоретический тест и практическая контрольная работа. Экзамен проводится во время экзаменационной сессии.

#### **Правила ИКИ**

Расписание прохождения контрольных точек на текущий учебный семестр размещается на сайте кафедры по адресу: <http://icchair.niic.nsc.ru/>

В семестре до экзамена можно набрать максимум 1000 баллов.

Контрольные точки:

- Тест 1 и контрольная работа 1: Тема 1 – Тема 6. Балл (max.) 500;
- Тест 2 и контрольная работа 2: Тема 7 – Тема 12. Балл (max.) 500.

Все контрольные точки являются обязательными. Контрольные работы пишутся в назначенные по расписанию дни. Студент, не прошедший какую-либо контрольную точку в назначенный срок, получает за нее 0 баллов. Если студент пропустил контрольную точку по уважительной причине и имеет документ, подтверждающий это, он имеет право ее пересдать, для чего он должен не откладывая договориться с преподавателем о времени пересдачи. Допускается только однократное прохождение контрольной точки, передача на более высокий балл не разрешается. Об апелляции после контрольных работ: правильное решение тестов и контрольных работ сообщается студентам на ближайшем семинаре после прохождения контрольной точки. В случае выявления некорректности оценки работы студента, проблема решается в устной беседе с преподавателем на том же семинаре. Позже апелляция не принимается.

#### **Экзамен.**

Студенты имеют возможность получить итоговые оценки за семестр «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично», не сдавая экзамен. Для получения оценки – «автомата» студент должен набрать до начала зимней сессии: на «отлично» – 800 баллов и более (80%); на «хорошо» – 700 баллов и более (70%); на «удовлетворительно» - 550 баллов и более (55%). Студент, получивший автоматом «удовлетворительно» или «хорошо», может ее повысить, сдав письменный экзамен на более высокую оценку. Экзамен оценивается в 1000 баллов, границы получения соответствующих оценок такие же, как для сумм баллов за контрольные точки: «отлично» – 800 баллов и более (80%); на «хорошо» – 700 баллов и более (70%); на «удовлетворительно» - 550 баллов и более (55%). Студенты, не имеющие оценки – «автомата», должны сдавать экзамен, оценка на котором выставляется независимо от суммы баллов, набранных в семестре. Студенты, получившие «неуд» на экзамене, имеют право на переэкзаменовку. Все переэкзаменовки проводятся в форме письменной контрольной работы, по итогам которой для получения положительной оценки («удовлетворительно») студент должен набрать не менее 55% баллов.

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Избранные главы металлоорганической химии**

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
<b>С-ОПК-1.</b>	<b>С-ОПК-1.1.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	- <i>умеет</i> искать информацию по синтезу и структурному анализу металлоорганических соединений в научных публикациях с использованием БД; - <i>умеет</i> анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен
	<b>С-ОПК-1.2.</b> Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов, в том числе и компьютерных с использованием теоретических основ химии	- <i>знает</i> основные теоретические положения органической химии, а также свойства и реакционную способность основных классов металлоорганических соединений, методы их взаимопревращения; - <i>умеет</i> аргументированно объяснить собственные результаты по компьютерному синтезу и структурному анализу металлоорганических соединений с использованием теоретических основ химии	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен
	<b>С-ОПК-1.3.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных и собственных экспериментальных работ химической направленности	- <i>умеет</i> выделить основные результаты с учетом поставленных целей и задач; - <i>формулирует</i> кратко, конкретно и обоснованно, с учетом собственной компьютерной экспериментальной работы, заключения при прохождении контрольных точек	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен
<b>С-ОПК-6.</b>	<b>С-ОПК-6.1.</b> Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на	- <i>владеет</i> навыками использования графических редакторов для изображения структурных формул металлоорганических со-	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
	русском языке	единений	
	<b>С-ОПК-6.3.</b> Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	- <i>владеет</i> навыками использования современных программно-технических средств для подготовки презентации; - <i>знает</i> основные требования к оформлению презентации; - <i>имеет</i> опыт публичного выступления с презентацией на русском языке	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен
<b>С-ПК-4.</b>	<b>С-ОПК-4.1.</b> Использует базовые знания в области математики и физики при планировании работ химической направленности	- <i>знает</i> общие методы синтеза и химические свойства основных классов металлоорганических соединений, основные механизмы их превращений; - <i>имеет</i> представление о взаимосвязи между различными классами металлоорганических соединений; - <i>владеет</i> навыком составлять план синтеза достаточно сложных металлоорганических молекул с использованием стандартных методик	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен
<b>С-ПК-7.</b>	<b>С-ПК-7.1.</b> Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство»	- <i>имеет</i> представление о взаимосвязи между химическим строением металлоорганических соединений и их химическими и физико-химическими свойствами; - <i>умеет</i> предсказывать и объяснять наиболее вероятные направления химических превращений металлоорганических соединений, исходя из их строения и условий реак-	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, контрольные работы, экзамен

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
		ции.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><b>Тест</b>(теоретические вопросы) – наличие полных ответов на 80% вопросов и более (сумма баллов <math>\geq 80</math>)</p>	Отлично
<p><b>Контрольная работа</b>(практические задания) – предложенные схемы синтеза корректны и рациональны, все предлагаемые стадии превращений являются выполнимыми, целевые продукты в них являются единственными или основными, условия проведения практически всех стадий указаны корректно, знание всех механизмов используемых превращений, сумма баллов <math>\geq 320</math> (80%)</p>	
<p><b>Экзамен:</b> <b>Теоретические вопросы:</b> – наличие полных ответов на 80% вопросов и более (сумма баллов <math>\geq 400</math>) <b>Практическое задание:</b> – предложенные схемы синтеза корректны и рациональны, все предлагаемые стадии превращений являются выполнимыми, целевые продукты в них являются единственными или основными, условия проведения практически всех стадий указаны корректно, знание всех механизмов используемых превращений, сумма баллов <math>\geq 400</math> (80%). Или в семестре по системе ИКИ набрано не менее 80% баллов.</p>	
<p><b>Тест</b>(теоретические вопросы) – наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками, сумма баллов <math>\geq 70</math> (70%)</p>	Хорошо
<p><b>Контрольная работа</b>(практические задания) – предложенная схема синтеза корректна, все предлагаемые стадии превращений являются выполнимыми, целевые продукты в них являются, по</p>	

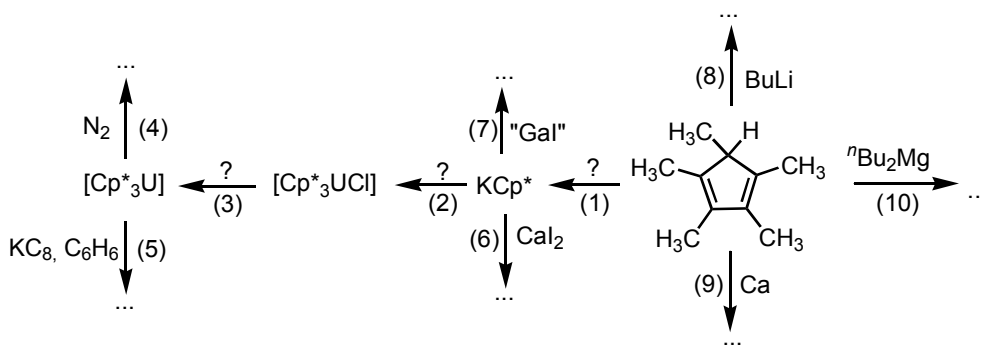
<p>крайней мере, основными, знание практически всех механизмов используемых превращений, сумма баллов <math>\geq 280</math> (70%).</p> <p>Или в семестре по системе ИКИ набрано не менее 70% баллов.</p>	
<p><b>Экзамен:</b>  <b>Теоретические вопросы:</b>  – наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками,  – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок.  <b>Практическое задание:</b>  – предложенная схема синтеза корректна, все предлагаемые стадии превращений являются выполнимыми, целевые продукты в них являются, по крайней мере, основными, знание практически всех механизмов используемых превращений.  В сумме количество баллов за теоретические вопросы и практическое задание должно составлять не менее 700 (70%).  Или в семестре по системе ИКИ набрано не менее 70% баллов.</p>	
<p><b>Тест</b>(теоретические вопросы)  – наличие ответов на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок.  Сумма баллов <math>\geq 55</math> (55%)</p>	
<p><b>Контрольная работа</b>(практические задания)  – схема синтеза формулируется со значительным количеством ошибок, но они не противоречат основам химии,  – знание основных механизмов используемых превращений присутствует, но применяется с ошибками.  Сумма баллов <math>\geq 220</math> (55%)</p>	<p>Удовлетворительно</p>
<p><b>Экзамен:</b>  <b>Теоретические вопросы:</b>  – наличие ответов на все вопросы, часть из которых содержат существенные, но не грубые (противоречащие основам химии) ошибки,  – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок.  <b>Практическое задание:</b>  – предложенная схема синтеза в целом корректна, но не все предлагаемые стадии превращений являются выполнимыми, целевые продукты в них являются разумными.  В сумме количество баллов за теоретические вопросы и практическое задание должно составлять не менее 550 (55%).  Или в семестре по системе ИКИ набрано не менее 550% баллов.</p>	
<p><b>Тест</b>(теоретические вопросы)</p>	<p>Неудовлетворительно</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– отсутствие ответов на большую часть вопросов, или они некорректны,</li> <li>– наличие ответов, противоречащих здравому смыслу и общехимическому знанию,</li> <li>– грубые ошибки в применении терминов и понятий.</li> </ul> Сумма баллов < 55 (55%)	<i>летворительно</i>
<b>Контрольная работа</b> (практические задания) – неспособность предложить схему синтеза целевого соединения или грубые на большинстве этапов. Сумма баллов < 220 (55%)	
<b>Экзамен:</b> <b>Теоретические вопросы:</b> – отсутствие ответов на большую часть вопросов, или они некорректны, – наличие ответов, противоречащих здравому смыслу и общехимическому знанию, – грубые ошибки в применении терминов и понятий. Сумма баллов < 275 (55%) <b>Практическое задание:</b> – неспособность предложить схему синтеза целевого соединения или грубые на большинстве этапов. Сумма баллов < 275 (55%)	

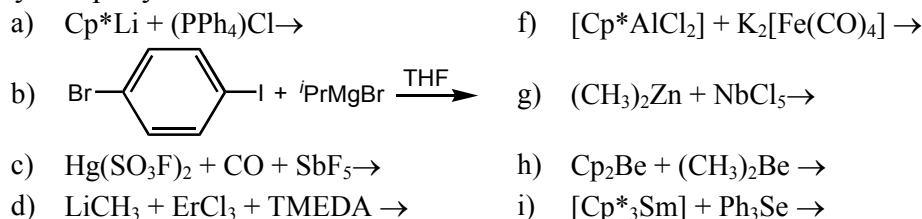
**Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

Пример задания контрольной работы:<sup>1</sup>

1. (150 баллов) Напишите уравнения реакций 1-10 соответствующих следующей схеме, укажите условия проведения этих реакций, изобразите структурные формулы продуктов реакций:



2. (150 баллов) Завершите уравнения реакций (или схемы реакций), изобразите структурные формулы продуктов:



<sup>1</sup> Примеры контрольных работ по всем темам размещены на учебно-методическом сайте кафедры органической химии по адресу: <http://icchair.niic.nsc.ru/>



3. (100 баллов) Какие продукты образуются в реакциях триметилалюминия с аминами  $R_xNH_{3-x}$  ( $x = 1, 2, 3$ ) в зависимости от значения  $x$ , условий реакции и размера органического радикала  $R$ ? Напишите уравнения реакций, изобразите структурные формулы продуктов.

Пример задания теоретического теста:

1. (10 баллов) Когда произошли следующие события: а) открытие ферроцена, б) присуждение нобелевской премии Гриньяру, в) синтез первого соединения  $Zn(I)$ , г) синтез карбонила хрома, д) синтез первого соединения  $Mg(I)$ ? Буквы пунктов в таблице поставьте в соответствие годам. Изобразите структурные формулы соединений, о которых речь идет в пунктах в) и г).

1912	1927	1951	2004	2007

2. (10 баллов) Какие из следующих веществ чувствительны к воздуху из-за реакции с парами воды (**A**), кислородом (**B**), парами воды и кислородом (**B**)? Проставьте + (да) или – (нет) в соответствующей колонке.

<b>Вещество:</b>	$Zn(C_2H_5)_2$	$Hg(CH_3)_2$	$(C_6H_5)_2SbCl$	$(C_6H_5)_3P$
<b>A</b>				
<b>B</b>				
<b>B</b>				

3. (10 баллов) Чемуподобен  $[Cp^*Ga]$  как лиганд? Сделайте Ваш выбор, поставив знак(и) + в соответствующей(их) клеточке(ах). Ответ проиллюстрируйте примером или примерами.

TMEDA	$NO_2^-$	CO	NO

4. (10 баллов) В каких из перечисленных ниже соединений лиганд  $Cp^{*-}$  координирован к металлу по  $\eta^1$ -типу?

$[Cp^*_2Ca(THF)_2]$	$[Cp^*_2Mg]$	$[Cp^*AlCl_2]$	$[Cp^*_2Zn]$	$[Cp^*_2Zn_2]$

5. (10 баллов) В качестве растворителя при синтезе бутиллития следует использовать:

Диэтиловый эфир	Пиридин	Гексан	Тetraгидрофуран

6. (10 баллов) Расположите в ряд (поставьте номера 1-5) по уменьшению кислотности следующие соединения:

Толуол	Бензол	Циклопентадиен	Ацетилен	Вода

7. (10 баллов) Кто считается «Отцом» металлоорганической химии? Поставьте любой знак против выбранной Вами фамилии.

Э. Франкланд	Д. Менделеев	Р. Бунзен	В. Шленк	Д. Медведев



8. (10 баллов) Лекарство от сифилиса на основе мышьякорганических соединений называется:

Триазавирин	Сальварсан	Кагоцел	Капролактан	Арсагера

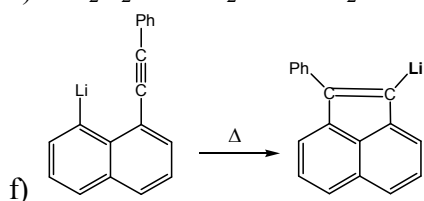
9. (20 баллов) Для приведенного в таблице набора соединений поставьте в соответствие выбранную из списка геометрическую фигуру, которой соответствует геометрия металлоорганического соединения, в которой центральный атом – элемент 14–16 группы ПС. Набор геометрических фигур: тригональная бипирамида, октаэдр, пентагональная бипирамида, тетраэдр, бисфеноид(ходули), квадрат, квадратная пирамида, тригональная пирамида, треугольник, куб.

Na[SnMe <sub>3</sub> ]	[Ph <sub>5</sub> As]	[Me <sub>4</sub> Sb][SbCl <sub>6</sub> ]	Li[SbPh <sub>6</sub> ]	[Ph <sub>4</sub> Se]	[Ph <sub>5</sub> Te][B(C <sub>6</sub> F <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> ]

Пример задания экзамена:

1. (150 баллов) К каким методам синтеза относятся следующие реакции получения металлоорганических соединений:

- $\text{LiCp}^* + \text{InCl} \rightarrow \text{Cp}^*\text{In} + \text{LiCl}$
- $(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{Mg} + 2\text{Cp}^*\text{H} \rightarrow 2(n\text{-C}_4\text{H}_{10}) + [\text{Cp}^*_2\text{Mg}]$
- $2\text{Na} + \text{Hg} + 2\text{CH}_3\text{Br} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{Hg} + 2\text{NaBr}$
- $\text{ArN}_2\text{Cl} + \text{Hg} \rightarrow \text{ArHgCl} + \text{N}_2$
- $\text{CH}_2\text{N}_2 + \text{ZnCl}_2 \rightarrow \text{ClCH}_2\text{ZnCl} + \text{N}_2$



Букву соответствующего пункта поставьте в соответствие названию метода в таблице:

Окислительное присоединение		Меркурирование С–Н кислот	
Трансметаллирование		Гидрометаллирование	
Обмен металлов		Карбометаллирование	
Метатезис		Внедрение карбенов	
Замещение галогена на металл		Декарбоксилирование	
Металлирование С–Н кислот		Арилирование через соли диазония	

2. (150 баллов) Что зашифровано как X в приведенных ниже реакциях? Удалите (или зачеркните) из таблицы лишние расшифровки X. Обведите правильный вариант в таблице.

$[(\text{C}_5\text{Me}_5)\text{AlX}_2] + \text{K}_2[\text{Fe}(\text{CO})_4] \xrightarrow{-2\text{KX}} (\text{OC})_4\text{Fe}-\text{Al} \langle \text{C}_5\text{Me}_5 \rangle$	X =	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>	RO <sup>-</sup>	R <sub>2</sub> N <sup>-</sup>
$\text{Ph}_2\text{SeX}_2 + 2\text{PhLi} = \text{Ph}_4\text{Se} + 2\text{LiX}$		F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	CN <sup>-</sup>	RO <sup>-</sup>	R <sub>2</sub> N <sup>-</sup>

$\text{EtO}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{X} + \text{RMgBr} \longrightarrow \text{EtO}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{MgBr} + \text{RX}$	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{I}^-$	$\text{CN}^-$	$\text{RO}^-$	$\text{R}_2\text{N}^-$
$4^n\text{Bu}_3\text{SnH} + \text{Ti}(\text{X})_4 \rightarrow (\text{R}_3\text{Sn})_4\text{Ti} + 4\text{HX}$	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{I}^-$	$\text{CN}^-$	$\text{RO}^-$	$\text{R}_2\text{N}^-$
$\text{LnX}_3 + 3\text{LiR}^{\text{big}} \xrightarrow{\text{пентан}} \text{LnR}_3^{\text{big}} + 3\text{LiX}$	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{I}^-$	$\text{CN}^-$	$\text{RO}^-$	$\text{R}_2\text{N}^-$

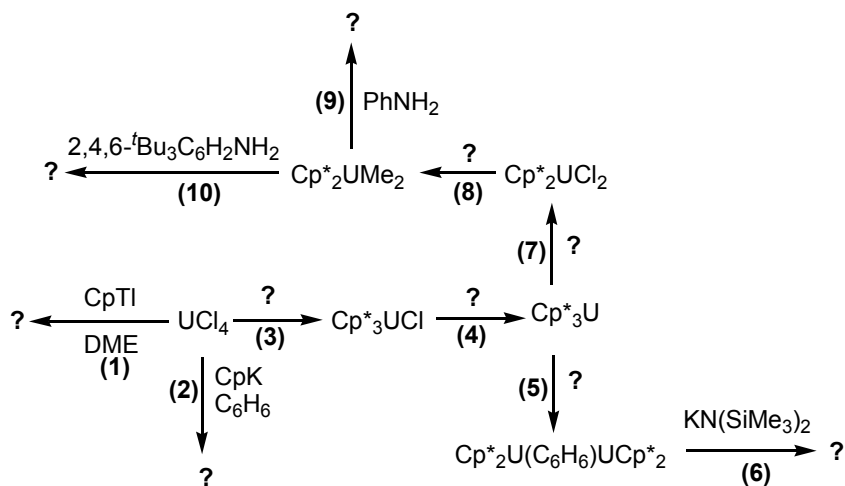
3. (150 баллов) Какова кратность связи E-Eв соединениях R-EE-R? Обведите правильные ответы.

E =	C	Te	Ge	Pb	Zn
Кратность связи	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4

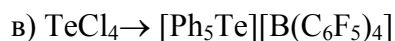
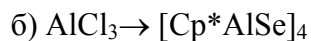
4. (150 баллов) Взаимодействием  $\text{YbX}_3$  ( $\text{X}$  = галогенид или замещенный фенолят) с литийорганическими соединениями  $\text{RLi}$  можно получить  $[\text{Li}_{\text{solv}}]_3[\text{YbR}_6]$ ,  $[\text{Li}_{\text{solv}}][\text{YbR}_4]$ ,  $[\text{YbR}_3(\text{THF})_2]$  или  $[\text{YbR}_3]$ . Выберите, какие **R** соответствуют соединениям 1-4 (поставьте любой знак в нужных клетках).

R	Соединения			
	$[\text{Li}_{\text{solv}}]_3[\text{YbR}_6]$	$[\text{Li}_{\text{solv}}][\text{YbR}_4]$	$[\text{YbR}_3(\text{THF})_2]$	$[\text{YbR}_3]$
$\text{CH}_3$				

5. (200 баллов) Напишите уравнения реакций 1-10, соответствующих следующей последовательности химических превращений, укажите условия проведения синтезов, изобразите структурные формулы продуктов, содержащих уран.



6. (200 баллов) Напишите уравнения реакций (или схемы реакций), с помощью которых в несколько стадий можно осуществить следующие синтезы. Укажите условия проведения синтезов. Изобразите структурные формулы финальных продуктов.



Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**  
**«Избранные главы металлоорганической химии»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного