

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 30.10.2023 17:06:28  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский

« 21 » февраля 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
КАТАЛИЗ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Направление подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность образовательной программы

**Синтетическая органическая химия**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **органической химии**

Санкт-Петербург

2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик доцент		Степаков А.В.

Рабочая программа дисциплины «Б1.В.05» обсуждена на заседании кафедры органической химии  
протокол от 23 января 2023 г. № 5

Заведующий кафедрой

М.Л. Петров

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от 06 февраля 2023 г. № 6

Председатель

М.В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки		М.Л. Петров
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	04
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	05
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	06
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	06
4.4. Самостоятельная работа.....	07
4.5. Темы контрольных работ.....	07
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	07
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	08
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	09
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	11
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	11

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

В результате освоения образовательной программы 04.04.01 магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-2</b> Способен проводить поиск, анализ и обработку научно-технической информации по заданной тематике исследования в области органической химии и смежных наук	<b>ПК-2.3</b> Выполнение поиска научной информации о каталитических системах, применяемых для проведения основных типов органических реакций	<b>Знать:</b> важнейшие концепции катализа в органической химии, классификации катализаторов по принципу их действия на органические субстраты, механизмы основных гомогенно- и гетерогенно-каталитических реакций и процессов <b>Уметь:</b> применять полученные знания при выборе катализатора для конкретных химических процессов выбрать метод исследования для заданной научной и технологической задачи <b>Владеть:</b> информацией о современных тенденциях и достижениях в области катализа органических реакций

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05) и изучается на 1 курсе во 2 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Методы тонкого органического синтеза», «Информатика в органической химии».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Катализ в органической химии» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>56</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	36 (2)
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	2
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>52</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	<b>Кр</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет

### 4. Содержание дисциплины.

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Роль металлокомплексного катализа в химии	2	4	0	7	ПК-2	ПК-2.3
2.	Элементарные стадии в реакциях металлокомплексных соединений.	2	4	0	7	ПК-2	ПК-2.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
3.	Превращения алкенов и диенов в координационной сфере металла.	4	8	0	10	ПК-2	ПК-2.3
4.	Реакции карбонилирования и их механизмы.	4	8	0	10	ПК-2	ПК-2.3
5.	Реакции окисления.	2	4	0	6	ПК-2	ПК-2.3
6.	Реакции кросс-сочетания.	2	4	0	6	ПК-2	ПК-2.3
7.	«Клик-химия».	2	4	0	6	ПК-2	ПК-2.3

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Иновационная форма
1	Роль металлокомплексного катализа в химии	2	ЛВ
2	Элементарные стадии в реакциях металлокомплексных соединений	2	ЛВ
3	Превращения алкенов и диенов в координационной сфере металла	4	ЛВ
4	Реакции карбонилирования и их механизмы	4	ЛВ
5	Реакции окисления	2	ЛВ
6	Реакции кросс-сочетания	2	ЛВ
7	«Клик-химия»	2	ЛВ

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы		Иновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Роль металлокомплексного катализа в химии	4		ЗК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	Элементарные стадии в реакциях металлокомплексных соединений.	4		ЗК
3	Превращения алкенов и диенов в координационной сфере металла.	8		ЗК
4	Реакции карбонилирования и их механизмы.	8		ЗК
5	Реакции окисления.	4		ЗК
6	Реакции кросс-сочетания.	4		ЗК
7	«Клик-химия».	4	2	ЗК

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Роль металлокомплексного катализа в химии	7	Устный опрос
2	Элементарные стадии в реакциях металлокомплексных соединений.	7	Устный опрос
3	Превращения алкенов и диенов в координационной сфере металла.	10	Контрольная работа
4	Реакции карбонилирования и их механизмы.	10	Устный опрос
5	Реакции окисления.	6	Устный опрос
6	Реакции кросс-сочетания.	6	Контрольная работа
7	«Клик-химия».	6	Устный опрос

#### 4.5. Темы контрольных работ.

**Контрольная работа №1.** Превращения алкенов и диенов в координационной сфере металла.

**Контрольная работа №2.** Реакции кросс-сочетания.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Итоговая аттестация по дисциплине проводится в форме зачета (2 семестр).

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется двумя теоретическими вопросами. При сдаче зачета студент получает 2 вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

#### **Вариант № 1**

1. Реакции С–С кросс-сочетания: реакция Хека, реакция Сузуки, реакция Соногаширы, реакция Хийямы.
2. Реакции гидроформилирования. Механизм реакций гидроформилирования. Условия реакции и катализаторы.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1



## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1. Смит, В. А. Основы современного органического синтеза : Учебное пособие для вузов по спец. ВПО 020101.65 - химия / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - 3-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 750 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9963-1613-7
2. Практикум по органическому синтезу / Р. Р. Костиков, М. А. Кузнецов, М. С. Новиков [и др.] ; Санкт-Петербургский государственный университет. - Санкт-Петербург : [б. и.], 2009. - 515 с. - Библиогр.: с. 499-500. - ISBN 978-5-9651-0330-0
3. Органикум : учебное пособие для вузов по спец. ВПО 020101.65 - химия : в 2-х томах / пер. с нем. Н. А. Беликовой, Г. В. Гришиной. - 4-е изд. - М. : Мир ; М. : Бином, 2008 - . - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 978-5-03-003805-6. Т. 1. - 2008. - 504 с. : ил. - ). - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-03-003807-0

### б) электронные учебные издания:

1. Аветисов, А. К. Прикладной катализ : учебник / А. К. Аветисов, Л. Г. Брук ; под редакцией О. Н. Темкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — ISBN 978-5-8114-3854-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126902> (дата обращения: 21.01.2023). — Режим доступа: по подписке.
2. Журавлева, М. В. Катализ в органической технологии : учебное пособие / М. В. Журавлева, Г. Ю. Климентова, О. В. Зиннурова, А. А. Фирсин. — Казань : КНИТУ, 2016. — 160 с. — ISBN 978-5-7882-1983-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102064> (дата обращения: 21.01.2023). — Режим доступа: по подписке.
3. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212642> (дата обращения: 21.01.2023). — Режим доступа: по подписке.
4. Трифонов, А. А. Координационные соединения переходных металлов в гомогенном катализе : учебное пособие / А. А. Трифонов. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. — 74 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153435> (дата обращения: 21.01.2023). — Режим доступа: по подписке.
5. Трифонов, А. А. Алкильные и гидридные комплексы редкоземельных металлов, стабилизированные нециклопентадиенильными лигандами, в катализе превращений ненасыщенных субстратов : учебное пособие / А. А. Трифонов. — Нижний Новгород :

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. — 52 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153434> (дата обращения: 21.01.2023). — Режим доступа: по подписке.

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

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

общие поисковые системы: [www.google.ru](http://www.google.ru),

портал по органической химии <https://www.organic-chemistry.org/>

специальные поисковые системы, сайт МГУ им. Ломоносова:  
<http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/>,

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

Крупнейшие международные издательства, публикующие литературу по органической химии: <https://pubs.acs.org/>, <https://www.rsc.org/>, <https://www.sciencedirect.com/>, <https://onlinelibrary.wiley.com/>, <https://www.springernature.com/gp/products>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Катализ в органической химии» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

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

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

построение и визуализация структур органических молекул,

поиск научной информации по органическим соединениям,

моделирование физико-химических и спектральных свойств органических соединений.

взаимодействие с обучающимися с помощью ЭИОС

### **10.2. Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel);

MDL ISIS Draw 2.5 редактор структурных химических формул,

Пакет программ ACD/Lab, ACDFree 12 редактор структурных химических формул, расчет физико-химических и спектральных свойств органических соединений,

### **10.3. Базы данных и информационные системы**

Справочно-поисковая система "Chemnet", химического факультета Московского Государственного университета. [www.chem.msu.ru/rus/elibrary/](http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/)

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется кафедральная аудитория № 2. Ноутбук Toshiba L40, мультимедийный проектор Benq MP 511+, экран. Компьютерный класс 50 кв.м., оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть ПК 8 шт.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Катализ органической химии»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>2</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>3</sup></b>
ПК-2	Способен проводить поиск, анализ и обработку научно-технической информации по заданной тематике исследования в области органической химии и смежных наук	промежуточный

<sup>2</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-2.3</b> Выполнение поиска научной информации о каталитических системах, применяемых для проведения основных типов органических реакций	<b>Знает</b> важнейшие концепции катализа в органической химии, классификации катализаторов по принципу их действия на органические субстраты, механизмы основных гомогенно- и гетерогенно-каталитических реакций и процессов	Правильные ответы на вопросы зачета № 1–19	Имеет фрагментарные знания механизмов и условий катализа реакций органических соединений	Допускает незначительные ошибки при объяснении механизмов и условий катализа реакций органических соединений	Уверенно и без ошибок объясняет механизмы и условия катализа реакций органических соединений.
	<b>Умеет</b> подбирать катализатор для конкретных химических процессов, выбрать метод исследования для заданной научной и технологической задачи	Правильные ответы на вопросы зачета № 4–19	Умеет решать задачу по подбору катализатора для конкретной реакции с ошибками и подсказками преподавателя	Умеет решать задачу по подбору катализатора для конкретной реакции с небольшими ошибками	Умеет безошибочно решать задачу по подбору катализатора для конкретной реакции

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Владеет</b> информацией о современных тенденциях и достижениях в области катализа органических реакций	Правильные ответы на вопросы зачета №1–4, 19	Отвечает на вопросы с ошибками с подсказками преподавателя	Отвечает на вопросы с небольшими ошибками	Отвечает на вопросы без ошибок и без подсказки преподавателя.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – «зачтено», «не зачтено».

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

#### **3.1. Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

1. Причины широкого применения комплексов переходных металлов в качестве катализаторов.
2. Гомогенный и гетерогенный катализ, их сравнительные достоинства и недостатки для промышленного и лабораторного синтеза.
3. Основные промышленные гомогенно-каталитические процессы и перспективы их развития.
4. Основные современные методы органического синтеза, основанные на катализе комплексами переходных металлов. Гидрирование. Метатезис. Реакции C–C кросс-сочетания: реакция Хека, реакция Сузуки, реакция Соногаширы, реакция Хийямы. Реакции кросс-сочетания с участием гетероатомов.
5. Диссоциация и координация лигандов, окислительное присоединение и восстановительное элиминирование, внедрение (миграция) и экструзия ( $\alpha$ - и  $\beta$ -элиминирование). Изменение электронного и координационного состояния металла в результате каждой из этих стадий. Принцип микроскопической обратимости.
6. Окислительное присоединение как ключевая стадия металлокомплексного катализа. Зависимость механизма, скорости и стереохимии окислительного присоединения от природы металла, лигандного окружения и органического субстрата. Внешняя электрофильная и нуклеофильная атака на координированный субстрат. Гаптотропные перегруппировки.
7. *Изомеризация*. Механизмы изомеризации - металлалкильные и металлаллильные интермедиаты. Значение изомеризации олефинов для других гомогеннокаталитических процессов.
8. *Олигомеризация*. Параметры (степень олигомеризации, стереохимия, для диенов - образование линейных или циклических продуктов). Механизм димеризации алкенов в присутствии комплексов никеля. Селективность реакции.
9. Циклоолигомеризация диеновых углеводородов. Механизмы линейной и циклоолигомеризации диеновых углеводородов, влияние структуры субстрата и природы катализатора на направление и селективность процесса.
10. *Метатезис олефинов*. Механизм процесса. Доказательства участия карбеновых комплексов металлов. Синтетическое применение в промышленности и в лабораторном органическом синтезе.
11. *Гидрирование алкенов и алкинов (Rh и Ru катализаторы)*. Достоинства реакции - мягкие условия и селективность. Влияние структуры и стереохимии субстрата и природы лиганда на скорость реакции. Сравнение алкенов и алкинов. Примеры лабораторного использования в органическом синтезе (химия стероидов).
12. Асимметрический синтез. Параметры (% э.и.). Методы достижения хиральности продукта. Моно- и бидентантные хиральные фосфиновые лиганды.
13. Реакции гидроформилирования. Механизм реакций гидроформилирования. Условия реакции и катализаторы. Кинетика процесса. Региоселективность и хемоселективность реакции.
14. Гидрокси- и алкоксикарбонилирование алкенов и алкинов. Окислительное карбонилирование. Карбонилирование спиртов и галогенидов. Получение уксусной кислоты (процесс «Монсанто», процесс ВР). Получение уксусного ангидрида.
15. Карбонилирование арилгалогенидов, катализируемое комплексами палладия. Карбонилирование арилгалогенидов, катализируемое комплексами кобальта.

16. Роль ионов переходных металлов в автоокислении углеводов. Окисление активированных С-Н связей. Фентоновская система. Цитохром Р450 и родственные ферменты. Гетеролитическое окисление алкенов (Вакер-процесс).
17. Общие закономерности и различия механизмов палладий-катализируемых реакций кросс-сочетания, кросс-сочетания с участием гетероатомов и карбонилирования.
18. Элементарные стадии в реакциях кросс-сочетания, катализируемых комплексами палладия: диссоциация и координация лигандов, окислительное присоединение и восстановительное элиминирование, трансметаллирование. Изменение электронного и координационного состояния металла в результате каждой из этих стадий.
19. «Клик-химия». Механизм реакции циклоприсоединения азидов и алкинов, катализируемой комплексами меди. Применение метода в органической химии и биохимии.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает один вопрос из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопрос - до 45 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.