



Государственный научный центр Российской Федерации  
Акционерное общество  
"Государственный Орден Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений"

**ГНИИХТЭС**

**УТВЕРЖДАЮ**

Временный генеральный директор

П.А. Стороженко

2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Современные методы исследований  
неорганических веществ»**

**Направление подготовки 18.06.01 – Химическая технология**

**Направленность (профиль) подготовки  
05.17.01 – Технология неорганических веществ**

**Квалификация выпускника  
Исследователь. Преподаватель-исследователь**

**Форма обучения  
Очная, заочная**

Москва 2020 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Современные методы исследований неорганических веществ» имеет своей целью формирование у обучающихся универсальных (УК-1) и профессиональных (ПК-1) компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология» (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Современные методы исследований неорганических веществ» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 18.06.01 «Химическая технология» (уровень подготовки кадров высшей квалификации). Дисциплина изучается на 3-4 курсах аспирантуры. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 акад. часов).

Для освоения дисциплины «Современные методы исследований неорганических веществ» обучающиеся должны обладать знаниями, умениями и навыками, полученными в результате формирования и развития компетенций в следующих дисциплинах:

**УК-1** (способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях):

- Методология научных исследований в химии, химической технологии;

- Актуальные проблемы современной химии, химической технологии.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения программы высшей квалификации (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код и название компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1 (способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений,	<b>Знать:</b> современные методы исследования в предметной области: физико-химические методы исследований в технологии неорганических веществ.



генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях)	<b>Уметь:</b> способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области физико-химических методов исследований неорганических соединений.
ПК-1 (Способностью к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук )	<b>Знать:</b> предметную область методов и свойств технологии неорганических в соответствии с паспортом научной специальности 05.17.01. неорганических веществ; новые подходы к изучению состава и строения неорганических соединений.
	<b>Уметь:</b> сформулировать задачи научного исследования в области изучения свойств неорганических соединений и выбрать необходимые методы их решения
	<b>Владеть:</b> способностью проводить анализ неорганических соединений с использованием современных инструментальных методов исследований, а также навыками интерпретации результатов исследований

#### 4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 акад. часов).

**4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.**

№ раздела	Объем (в акад. час.)					СР	Контроль	Формы текущего контроля успеваемости  Формы промежуточной аттестации
	Всего				СР под рук.			
		Всего	ЛК	ПР				
1	36	14	8	6		10	11	Устное собеседование
2	36	14	7	6		10	11	Устное собеседование; выполнение практического задания
3	36	14	7	7		11	12	Устное собеседование; выполнение практического задания
4	36	14	8	7		11	12	Устное собеседование; выполнение практического задания
По	144						46	Экзамен

материалам курса								
Всего	144	56	30	26		42	46	

#### 4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Классификация методов анализа.	Качественный и количественный анализ. Классификация методов анализа неорганических веществ. Физический, химический и физико-химические методы анализа веществ.
2	Химические методы анализа. Первичные методы идентификации веществ.	Химические методы количественного анализа. Титриметрия и гравиметрия. Первичные методы идентификация неорганических веществ. Температуры кипения и плавления. Показатель преломления. Плотность. Приборы для их определения.
3	Хроматографические методы анализа	Классификация хроматографических методов анализа. Суть и цель хроматографического метода. История открытия методов. Хроматографические параметры, характеризующие поведение вещества в колонке. Теория теоретических тарелок. Качественный и количественный хроматографический анализ. Газовая хроматография и ее классификация. Идентификация веществ методом ГЖХ. Жидкостная хроматография. Условия проведения метода. Выбор подвижной фазы и сорбента. ВЭЖХ. Тонкослойная хроматография. Применения жидкостной хроматографии. Гель-проникающая хроматография.
4	Спектральные методы анализа	Спектроскопические методы анализа веществ. Классификация, виды. Инфракрасная спектроскопия. История открытия. Виды ИК-спектров. Интерпретация спектров. Условия снятия спектров. Приборное оснащение для проведения метода. Применения инфракрасной спектроскопии на конкретных примерах. Спектроскопия в УФ-области.



		Возможности применения метода. Качественный анализ. ЯМР-спектроскопия. Теоретические основы методы. Интерпретация ЯМР-спектров
--	--	---

### 4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

### 4.4. Практические занятия (ПЗ)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. ч)
1	1	Выбор метода для анализа неорганических веществ	7
2	2	Хроматография	6
3	3	Интерпретация ИК-спектров	6
4	4	Интерпретация ЯМР-спектров	7
<b>Всего:</b>			<b>26</b>

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

- подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 7.1 и 7.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);
- оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий);
- написание реферата по заданной теме и подготовка к его защите в форме презентации (задание выполняется аспирантами в течение полугодия с использованием списка рекомендованной литературы для самостоятельного изучения).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации – в соответствии с тематикой дисциплины.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**6.1. Перечень компетенций**, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Современные методы исследований неорганических соединений», с указанием этапов их формирования в процессе освоения

образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы.

**6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая**

**6.2.1. Показатели и критерии оценивания компетенций, используемые шкалы оценивания**

Элементы компетенций (знания, умения, владения)	Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
<b>Знать (УК-1)</b>	<i>Знание</i> современных методов исследования в предметной области: физико-химические методы исследований в неорганической химии	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
<b>Уметь (УК-1)</b>	<i>Умение</i> способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области физико-химических методов исследований неорганических веществ	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2
<b>Знать (ПК-1)</b>	<i>Знание</i> предметной области методов и свойств технологии неорганических веществ в соответствии с паспортом научной специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ; новых подходов к изучению их состава и строения	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
<b>Уметь (ПК-1)</b>	<i>Умение</i> сформулировать задачи научного исследования в области изучения свойств неорганических веществ и выбрать необходимые методы их решения	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2



<b>Владеть (ПК-1)</b>	<b>Владение</b> способностью проводить анализ неорганических веществ с использованием современных инструментальных методов исследований, а также навыками интерпретации результатов исследований	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2
-----------------------	--	--	---	---------

### 6.2.2. Описание шкал оценивания степени сформированности элементов компетенций

#### *Шкала 1.* Оценка сформированности отдельных элементов компетенций

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции		
Цифр.	Оценка	Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

#### *Шкала 2.* Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности компетенции
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно ( <i>по усмотрению преподавателя</i> )	Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Субъект

		учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

**6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы,** необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

**Типовые вопросы и задания для текущего контроля** (оценка сформированности элементов (знаний, умений) общепрофессиональных (УК-1) и профессиональных (ПК-1) компетенций в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

#### **Контрольные вопросы по разделам 1-5**

*Раздел 1:*

- Дайте общую характеристику спектроскопических методов
- Перечислите основы метода ИК-спектроскопии
- Что такое коэффициент экстинкции?
- Как рассчитать концентрацию вещества по электронному спектру поглощения?
- Закон Бугера-Ламберта-Бера и отклонения от него.

*Раздел 2:*

- Охарактеризуйте методы флуоресцентной спектроскопии.
- Что такое флуоресцентные зонды и как их вводят в состав образца?
- Перечислите факторы, влияющие на квантовый выход флуоресценции
- Когда происходит гашение флуоресценции?
- Для каких целей используют этот метод?
- Опишите устройство спектрофлуориметра

*Раздел 3:*

- Особенности метода масс-спектрометрии



- Какие методы ионизации применимы к различным классам соединений?
- Какие существуют методы ионизации в масс-спектрометрии?
- Для каких методов ионизации наиболее характерна фрагментация молекулярного иона?
- Какова последовательность установления структуры соединения по масс-спектру?

*Раздел 4:*

- Основные принципы спектроскопии ядерного магнитного резонанса.
- Какие области применения метода ЯМР вы знаете?
- Каковы физические основы метода ЯМР?
- Какова последовательность установления структуры соединения по ЯМР спектру?
- Что такое константы спин-спинового взаимодействия, что они характеризуют?
- Опишите назначение двумерной ЯМР спектроскопии

**Контрольные практические задания по разделам 1-4**

(оценка сформированности элементов (знаний, умений) общепрофессиональных (УК-1) и профессиональных компетенций (ПК-1) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

- Проанализируйте предложенные ИК-спектры
- Какие характеристические группы наблюдаются в данном ИК-спектре? Какому из предложенных соединений соответствует ИК-спектр? (спектр и формулы соединений прилагаются)
- Предложите и обоснуйте выбор ряда физико-химических методов для установления строения кремнийорганического полимера.
- Установите строение предложенного мономера по спектральным данным
- Изобразите основные типы колебаний нелинейной молекулы  $\text{SO}_2$  (нарисовать)
- Качественный и количественный хроматографический анализ в применении к кремнийорганическим мономерам.
- Выполните отнесение сигналов в протонном спектре ЯМР ОСУ-Д (спектр прилагается)
- Проанализируйте предложенные ЯМР-спектры .

- Проанализируйте применение основных спектральных методов в области неорганической химии.

### **6.3.2. Оценочные материалы для промежуточной аттестации**

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, владений) общепрофессиональных (УК-1) и профессиональных (ПК-1) компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

#### Содержание экзаменационного билета:

- 1 вопрос – фундаментальная теория (оценка знаний);
- 2 вопрос – прикладная теория (оценка умений);
- 3 вопрос – комплексное задание (оценка владений)

#### Пример типового экзаменационного билета:

- 1 вопрос – Спектральные методы анализа. Основные принципы метода кругового дихроизма и область его применения.
- 2 вопрос – Проанализируйте предложенные ИК-спектры
- 3 вопрос – Установите строение предложенного соединения по спектральным данным

#### **Вопросы к экзамену**

1. Химические методы количественного анализа. Первичные методы идентификация неорганических веществ.
2. Классификация хроматографических методов анализа.
3. Газовая хроматография и ее классификация. Хроматографические параметры, характеризующие поведение вещества в колонке.
4. Идентификация веществ методом ГЖХ.
5. Жидкостная хроматография. Условия проведения метода. Выбор подвижной фазы и сорбента. ВЭЖХ.
6. Тонкослойная хроматография



7. Общая характеристика спектральных методов анализа. Общая теория электронных переходов в молекулах. Поглощение в ультрафиолетовой и видимой областях спектра.
8. Электронная спектроскопия. Поглощение света молекулами. Закон Бугера-Ламберта-Бера и отклонения от него.
9. Метод ИК-спектроскопии. Поглощение ИК-излучения молекулами. Валентные и деформационные колебания.
10. Влияние массы атомов и электронных эффектов в молекуле на положение полосы поглощения. Техника измерения ИК-спектров. ИК-спектрофотометр.
11. Коэффициент молекулярной экстинкции. Расчет концентрации хромофора в растворе. Пределы применимости закона Бугера-Ламберта-Бера.
12. Физические основы метода ЯМР. Применимость метода.
13. Спин-спиновое взаимодействие ядер, сигналы на спектрах ЯМР, константы спин-спинового взаимодействия.
14. Различные эксперименты ЯМР, их назначение. Требования к образцам.
15. Практическая реализация ЯМР: устройство ЯМР установок, пробоподготовка.
16. Спектроскопия в УФ-области. Возможности применения метода.
17. Эбулиоскопия и другие методы определения ММ.

Комплекты контрольных заданий Фонда оценочных средств по дисциплине представлены в составе УМК дисциплины.

**6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания** знаний, умений, навыков и(или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры и средства оценивания элементов компетенций по дисциплине

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

**7. Ресурсное обеспечение дисциплины**

**7.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины**

а) основная литература:

1. А.А. Ищенко, «Спектральные методы анализа», МИТХТ 2013, 167с.  
Электронный ресурс: <http://old.mitht.ru/e-library>

2. Р. Драго. Физические методы в химии. Т.1,2, М., «Мир» 1981

3. Х. Гюнтер Введение в курс спектроскопии ЯМР. «Мир», Москва, 1984г.

б) дополнительная литература:

2. Дж. Фритц, Г. Шенк, «Количественный анализ», Мир 1978.

3. Л.А. Асланов, Е.М. Треушников, «Основы теории дифракции рентгеновских лучей», Химия, 1985.

4. Б.В. Айвазов, «Введение в хроматографию», Высшая школа, 1983.

5. Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин, «Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия», Высшая школа 1987.

6. Ф.А. Бови, «ЯМР высокого разрешения макромолекул», Химия, 1977.



## **7.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины**

1. <http://www.acdlabs.com/>
2. <http://philosophy.mit.edu/histchem.htm>
3. <http://publisher.samsu.ru/archive/2006/files/20060311.pdf>
4. [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Zamyshlyayeva2.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Zamyshlyayeva2.pdf)
5. [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)

**7.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

- Программные средства Microsoft Office;

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

Помещения, оснащенные мультимедийным презентационным оборудованием.

## **7.5. Приборное обеспечение**

Спектрометр ЯМР Bruker AVANCE 600;

Спектрометр ЯМР AM-360;

Фурье Спектрометр ЯМР VARIAN Unity Plus 400;

ИК Фурье Спектрометр Nicolet7600;

Сканирующий электронный микроскоп с рентгеновским анализатором PHILIPS SEM-505

Лазерный анализатор размера частиц Nanotrac Ultra 253, Microtrac

Лазерный анализатор размера частиц Cis-100, Ankersmid

Аппарат рентгеновский для спектрального анализа Спектро-Скан-Макс, ООО НПО «Спектрон»

Хромато-масс-спектрометр 240 Ion Trap GC/MS, Agilent Tech.,

Спектрофотометр атомно-адсорбционный с пламенной и электротермической атомизацией, Spectr AA-240FS, Varian

Газовый хроматограф Кристалл- 2000, 5000 модуль ПИД-ДТП ЗАО «Хроматэк»

Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой ICP-MS 7900, Agilent

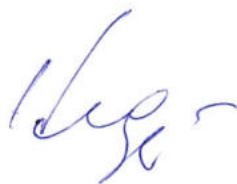
Tech.

Высокоэффективный жидкостной хроматограф HPLC 1260 Infinity, Agilent  
Tech.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология» с учетом специфики профиля подготовки – 05.17.01 «Технология неорганических веществ»

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании Ученого совета АО «ГНИИХТЭОС» (протокол № 1 от «19» марта 2019 г.)

Преподаватель, к.т.н., доцент



Н.В. Нефедова

Ученый секретарь, к.х.н.



Н.И. Кирилина

Ведущий инженер отдела  
Ученого секретаря, к.х.н.



О.В. Криволапова



**8. ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В  
РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ ДИСЦИПЛИНЫ**

№ п/п	Дата внесения изменений	Номер пункта программы рабочей программы дисциплины	Содержание изменений	Согласование	
				Профессор-преподаватель	Генеральный директор института

**Аннотация к рабочей программе дисциплины  
«Современные методы исследований  
неорганических веществ»**

**1. Цель освоения дисциплины**

Дисциплина «Современные методы исследований неорганических веществ» имеет своей целью формировать у обучающихся универсальные (УК-1) и профессиональные (ПК-1) компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) с учетом специфики профиля подготовки – 05.17.01 «Технология неорганических веществ».

В результате изучения дисциплины «Современные методы исследований неорганических веществ» обучающийся должен:

**Знать:**

- современные методы исследования в предметной области: физико-химические методы исследований в неорганической химии (УК-1);
- предметную область методов и свойств неорганической химии в соответствии с паспортом научной специальности 05.17.01 «Технология неорганических веществ»; новые подходы к изучению состава и строения (ПК-1);

**Уметь:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений в области физико-химических методов исследований неорганических веществ (УК-1);
- сформулировать задачи научного исследования в области изучения свойств неорганических соединений и выбрать необходимые методы их решения (ПК-1);

**Владеть:**

- способностью проводить анализ неорганических веществ с использованием современных инструментальных методов исследований, а также навыками интерпретации результатов исследований (ПК-1).

Дисциплина «Современные методы исследований неорганических веществ» направлена на изучение физических и физико-химических методов анализа, способных на основе теоретических знаний и практических навыков решать задачи изучения строения и свойств молекул, проводить качественный и количественный анализ вещества, интерпретировать ИК- и ЯМР-спектры, хроматограммы, подбирать условия хроматографического разделения смесей веществ. Опираясь на полученные ранее знания по специальным курсам в магистратуре, программа дисциплины предусматривает дальнейшее углубление аспирантами современных методов исследований неорганических веществ, приобретение знаний о причинно-следственной связи физико-механических свойств соединений с их химическим строением, структурой и молекулярной массой в зависимости от внешних условий.

**2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры**

Дисциплина «Современные методы исследований неорганических веществ» относится к вариативной части блока «Обязательные дисциплины».

**3. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часов)**

Форма промежуточной аттестации – экзамен.