

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация бакалавр**

**Москва 2025**

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов А.Н. Морозовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов  
«28» апреля 2025 г., протокол № 5

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение 1 семестра.

Дисциплина «**Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ**» относится к элективным дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химии и физике.

**Цель дисциплины** состоит в приобретении обучающимися углубленных знаний и практических навыков в области технологии чистых веществ и реактивов и использовании их в профессиональной деятельности.

**Задачи дисциплины** – ознакомление студентов с номенклатурой и свойствами промышленно выпускаемых чистых веществ и реактивов, методами их получения, развитие способностей к анализу и совершенствованию типовых процессов технологии чистых веществ и реактивов.

Дисциплина «**Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ**» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p>ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p>	<p>Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – б).</p>
			<p>ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по</p>	

			профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ	Химическое, химико-технологическое	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации.	40.136. Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических

<p>поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	<p>процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов. А. Разработка, сопровождение и интеграция типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов.  (уровень квалификации – 6).</p>
---	---	--	---	---

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- требования к чистым веществам и реактивам, их классификацию;
- теоретические и практические основы их получения и применения;
- особенности их производства и контроля;
- экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения.

*Уметь:*

- использовать методы исследования и определения параметров и показателей процессов получения чистых веществ и реактивов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;
- выбирать конструкционные материалы для процессов получения реактивов и особо чистых веществ;
- проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;
- применять знания, полученные в результате изучения дисциплины, при выборе современных и инновационных технологий, при написании научных статей, отчетов и выпускной квалификационной работы.

*Владеть:*

- основными навыками работы с реактивами и особо чистыми веществами, в т.ч. с каталогами их отечественных и зарубежных производителей;
- умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению чистых веществ и реактивов;
- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;
- навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы;
- методами определения качества чистых веществ и реактивов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч	Астр. ч
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64,4</b>	<b>48,6</b>
Лекции	0,9	32	24,3
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24,3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,2</b>	<b>79,6</b>	<b>59,4</b>
Контактная самостоятельная работа	2,2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,2	59,1
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Химические методы очистки неорганических веществ</b>	<b>60</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>34</b>
1.1	Введение. Основные понятия и номенклатура чистых веществ	12	4	2	-	4	4	-	-	6
1.2	Источники загрязнений в технологии получения чистых веществ	6	-	2	-	-	-	-	-	4
1.3	Конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов	6	-	2	-	-	-	-	-	4
1.4	Методы очистки через газовую фазу	18	4	4	-	4	4	-	-	10
1.5	Методы очистки через жидкую фазу	18	4	4	-	4	4	-	-	10
	<b>Раздел 2. Физико-химические методы очистки неорганических веществ</b>	<b>83,6</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>45,6</b>
2.1	Процессы кристаллизационной очистки	24	6	6	-	6	6	-	-	12
2.2.	Метод адсорбционной очистки	10	-	2	-	-	-	-	-	8
2.3.	Экстракционные методы очистки	14	2	2	-	2	2	-	-	10
2.4.	Дистилляционные методы очистки	11	2	2	-	4	4	-	-	5
2.5	Ионообменный метод получения чистых веществ	11	4	2	-	4	4	-	-	5
2.6	Мембранные методы очистки и разделения жидких и газовых сред	12,6	4	4	-	4	4	-	-	5,6
	<b>ИТОГО</b>	<b>136,6</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>79,6</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Химические методы очистки неорганических веществ**

#### **1.1. Введение. Основные понятия и номенклатура чистых веществ**

Общие сведения и классификация реактивов и особо чистых веществ. Номенклатура и области их потребления. Общие сведения и основные понятия о чистоте вещества. Способы выражения степени чистоты вещества. Особенности производства и контроля чистых веществ и реактивов. Особенности проектирования, эксплуатации и оптимизации производств. Гибкие автоматизированные системы. Хранение и транспортирование реактивов.

#### **1.2. Источники загрязнений в технологии получения чистых веществ**

Формы примесей. Нормирование примесей. Понятия «микропримесь», «особо чистое вещество», «высокочистое вещество». Влияние примесей на свойства веществ. Попадание примесей из атмосферы. Технологии очистки воздуха. Чистое помещение. Загрязнение материалом аппаратуры.

#### **1.3. Конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов**

Особенности выбора конструкционных материалов для производства неорганических реактивов и особо чистых веществ. Материалы для изготовления оборудования производства реактивов и особо чистых веществ. Неорганические конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов и особо чистых веществ. Углеродистые материалы, их получение и использование в технологии реактивов и особо чистых неорганических веществ. Органические конструкционные материалы, используемые в технологии неорганических реактивов и особо чистых веществ.

#### **1.4. Методы очистки через газовую фазу**

Теоретические основы очистки веществ и классификация методов очистки. Термодинамические основы очистки веществ. Коэффициент разделения (распределения) примесей. Классификация методов очистки веществ. Сравнительная оценка возможностей методов. Галогенидный метод. Гидридный метод. Очистка с использованием элементоорганических соединений. Карбонильный метод. Химические транспортные реакции. Особенности и выбор транспортных реакций для очистки веществ. Способы осуществления транспорта (перенос вещества потоком газа-реагента, молекулярной диффузией, посредством конвекции).

#### **1.5. Методы очистки через жидкую фазу**

Очистка растворов осаждением примесей. Очистка осаждением основного вещества. Очистка растворов от примесей их соосаждением с неорганическими или органическими коллекторами. Методы избирательного окисления или восстановления примесей. Избирательное комплексообразование в растворе. Оценка предельных возможностей очистки через жидкую фазу.

### **Раздел 2. Физико-химические методы очистки неорганических веществ**

#### **2.1. Процессы кристаллизационной очистки**

Кристаллизация из растворов. Фракционирование примесей в процессах кристаллизации из растворов. Основные показатели и закономерности фракционирования. Влияние различных факторов на фракционирование примесей. Явление изоморфизма, способы устранения изоморфного загрязнения вещества. Схемы очистки веществ методами многоступенчатой перекристаллизации. Метод фракционированной (дробной) кристаллизации. Практическое использование процессов кристаллизации для получения чистых веществ и реактивов. Кристаллизация из расплавов. Теоретические основы. Зонная плавка. Основные факторы, влияющие на эффективность процесса. Варианты его

осуществления и используемая аппаратура. Применение зонной плавки для очистки веществ. Направленная кристаллизация. Основы составления материального баланса.

## **2.2. Метод адсорбционной очистки**

Основные закономерности и особенности адсорбции примесей из газов, паров, растворов. Наиболее распространенные типы сорбентов. Практическое применение адсорбционных методов для очистки неорганических веществ. Хроматографический метод получения чистых веществ.

## **2.3. Экстракционные методы очистки**

Экстракционные методы. Классификация экстрагентов. Экстракционные системы для очистки неорганических веществ. Многоступенчатые процессы очистки. Особенности аппаратурного оформления процессов жидкостной экстракции.

## **2.4. Дистилляционные методы очистки**

Особенности проведения процесса при малых содержаниях примесей. Способы организации дистилляционных процессов. Простая перегонка, ректификация, экстрактивная ректификация. Хеморектификация. Молекулярная. Использование методов ректификации для получения особо чистых веществ. Дистилляция.

## **2.5. Ионообменный метод получения чистых веществ**

Ионообменный метод получения чистых веществ. Получение ионитов. Их термохимическая устойчивость, механическая устойчивость. Термодинамика ионного равновесия, динамика ионного обмена. Особенности использования ионообменного метода в технологии чистых веществ и реактивов. Получение особо чистой воды.

## **2.6. Мембранные методы очистки и разделения жидких и газовых сред**

Мембранные методы очистки и разделения жидких и газовых сред. Классификация мембран и мембранных процессов. Виды мембран, их характеристика. Микрофльтрация, ультрамикрофльтрация и обратный осмос. Области применения. Специфика аппаратурного оформления.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	
<b>Знать:</b>				
1	– требования к чистым веществам и реактивам, их классификацию;	+	+	
2	– теоретические и практические основы их получения и применения;	+	+	
3	– особенности их производства и контроля;	+	+	
4	– экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения.	+	+	
<b>Уметь:</b>				
5	– использовать методы исследования и определения параметров и показателей процессов получения чистых веществ и реактивов;	+	+	
6	– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;	+	+	
7	– выбирать конструкционные материалы для процессов получения реактивов и особо чистых веществ;	+	+	
8	– проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;	+	+	
9	– применять знания, полученные в результате изучения дисциплины, при выборе современных и инновационных технологий, при написании научных статей, отчетов и выпускной квалификационной работы.	+	+	
<b>Владеть:</b>				
10	– основными навыками работы с реактивами и особо чистыми веществами, в т.ч. с каталогами их отечественных и зарубежных производителей;	+	+	
11	– умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению чистых веществ и реактивов;	+	+	
12	– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;	+	+	
13	– навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы;	+	+	
14	– методами определения качества чистых веществ и реактивов.	+	+	
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения:</i>				
<b>Код и наименование ПК</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		
15	– ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя	– ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	+	+

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов</li> <li>– обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством)</li> <li>– документы к патентованию, оформлению ноу-хау</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада</li> </ul>	+	+
16	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ПК-4.1. Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации</li> </ul>	+	+
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</li> </ul>	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Номенклатура реактивов и особо чистых веществ	4
2	1	Оценка коэффициента разделения в газофазных методах очистки	4
3	1	Оценка предельных возможностей гидролитического метода очистки	4
4	2	Основы составления материального баланса	4
5	2	Кристаллизация из растворов	8
6	2	Технологические расчеты в процессах экстракции	4
7	2	Технологические расчеты в мембранных процессах	4

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «*Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ*» не предусмотрен.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (7 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

Реферативно-аналитическая работа по дисциплине «*Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ*» не предусмотрена.

### 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные составляет 30 баллов за каждую.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.**

#### Вопрос 1.1.

1. Понятие о чистоте вещества.
2. Химические, физические, эксплуатационные свойства веществ реактивной квалификации. Примеры.
3. Особенности выбора конструкционных материалов в производстве реактивов и особо чистых веществ.

#### Вопрос 1.2.

1. Технология галогенидных методов очистки. Достоинства и недостатки.
2. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.
3. Факторы, влияющие на процесс гидролитической очистки.

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.**

#### Вопрос 2.1.

1. Определение идеального коэффициента очистки кристаллов.
2. Понятие изоморфизм. Правило Гольдшмидта.
3. Схема дробной кристаллизации.

#### Вопрос 2.2.

1. Дистилляция и ректификация в технологии тонкого неорганического синтеза.
2. Ионообменный метод очистки. Классификация ионитов.
3. Мембранные методы очистки жидких и газообразных сред.

### 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачет с оценкой).

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* (7 семестр)– 40 баллов.

#### 8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – зачет с оценкой).

Итоговая работа включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов, вопрос 4 – 10 баллов.

1. Понятие о чистоте вещества.
2. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.
3. Понятие изоморфизм. Правило Гольдшмидта.
4. Мембранные методы очистки жидких и газообразных сред.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

#### 8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (7 семестр).

**Зачет с оценкой** по дисциплине «*Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p>«Утверждаю» И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <hr/> <p>«__» _____ 20__</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология Профиль - Технология неорганических веществ</b>
	<b>Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ</b>
<p><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие о чистоте вещества.</li> <li>2. Оценка предельных возможностей химических методов очистки.</li> <li>3. Понятие изоморфизм. Правило Гольдшмидта.</li> <li>4. Мембранные методы очистки жидких и газообразных сред.</li> </ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Девярых Г.Г. Введение в теорию глубокой очистки веществ / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. - М.: Наука. 1981. - 320 с.
2. Девярых Г.Г. Глубокая очистка веществ: учебное пособие / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. – 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1990. – 192 с.
3. Девярых Г.Г. Глубокая очистка веществ: учебное пособие для химических и химико-технологических специальностей вузов / Г.Г. Девярых, Ю.Е. Еллиев. – М.: Высш. шк., 1974. – 160 с.
4. Десятов, А. В. Мембранные методы очистки природных и сточных вод: методические материалы для курсового и дипломного проектирования / А.В. Десятов, Н. Е. Кручинина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. - 159 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Девярых Г.Г. Методы получения веществ особой чистоты // Г.Г. Девярых, М.Ф. Чурбанов. -М.: Знание. 1976. – 64 с.
2. Литвин Б.Н. Гидротермальный синтез неорганических соединений / Б.Н. Литвин, В.И. Пополитов; ред. И.В. Тананаев; Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова АН СССР. – М.: Наука. 1984. – 185 с.
3. Кубасов В.Л. Электрохимическая технология неорганических веществ: учебник / В.Л. Кубасов, В.В. Банников. – М.: Химия. 1989. -288 с.
4. Кельцев, Н. В. Очистка отходящих газов от вредных примесей: текст лекций: Учебное пособие / Н.В. Кельцев. - М. : МХТИ, 1979. - 48 с

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Неорганические материалы» ISSN 0002-337X
- Журнал «Физическая химия» ISSN 0044-4537
- Журнал «Кристаллография» ISSN 0023-4761

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://e.lanbook.com/> - электронно-библиотечная система Лань
- <http://lib.muotr.ru/> - электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)
- <https://scifinder-n.cas.org> - CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин
- <https://onlinelibrary.wiley.com> - полнотекстовые коллекции журналов и книг крупнейшего академического издательства Wiley Journals Database
- <https://www.orbit.com> - база данных патентного поиска Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium)
- <https://sk.sagepub.com/books/discipline> - электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections
- <https://www.worldscientific.com> - мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing

- <https://www.nature.com> - полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group
- <https://scitation.org> - электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing
- <https://eurekaselect.com/bypublication> - полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science
- <https://journals.rcsi.science/> - научные журналы РАН
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - научная электронная библиотека
- <http://doaj.org/> - база полнотекстовых журналов Directory of Open Access Journals (DOAJ)
- <https://www.doabooks.org/> - база более 3000 книг по различным отраслям знаний Directory of Open Access Books (DOAB)
- <https://www.biomedcentral.com/> - база данных журналов BioMed Central
- <https://arxiv.org/> - бесплатный архив электронных научных публикаций
- <http://www.mdpi.com/> - коллекция журналов MDPI AG
- <http://www.intechopen.com/> - издательство книг с открытым доступом InTech
- <http://www.chemspider.com/> - база данных химических соединений ChemSpider
- <http://journals.plos.org/plosone/> - коллекция журналов PLOS ONE
- <http://www.uspto.gov/> - ведомство по патентам и товарным знакам США – USPTO
- <http://worldwide.espacenet.com/> - база данных патентов (либо патентных заявок) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро
- [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru) - информационные ресурсы федерального института промышленной собственности свободного доступа
- <https://pubs.rsc.org/en/journals> - база журналов издательства The Royal Society of Chemistry
- <https://www.tandfonline.com/> - база журналов издательства Taylor & Francis
- 

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 17, (общее число слайдов – 340);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200).

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

### 11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

### 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

- Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1.</b> Химические методы очистки неорганических веществ	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- требования к чистым веществам и реактивам, их классификацию;</li><li>- теоретические и практические основы их получения и применения;</li><li>- особенности их производства и контроля;</li><li>- экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения.</li></ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- использовать методы исследования и определения параметров и показателей процессов получения чистых веществ и реактивов;</li><li>- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;</li><li>- выбирать конструкционные материалы для процессов получения реактивов и особо чистых веществ;</li><li>- проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;</li><li>- применять знания, полученные в результате изучения дисциплины, при выборе современных и инновационных технологий, при написании научных статей, отчетов и выпускной квалификационной работы.</li></ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основными навыками работы с реактивами и особо чистыми веществами, в т.ч. с каталогами их отечественных и зарубежных производителей;</li><li>- умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению чистых веществ и реактивов;</li><li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;</li></ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы;</li> <li>- методами определения качества чистых веществ и реактивов.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2.</b> Физико-химические методы очистки неорганических веществ</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- требования к чистым веществам и реактивам, их классификацию;</li> <li>- теоретические и практические основы их получения и применения;</li> <li>- особенности их производства и контроля;</li> <li>- экономические и экологические проблемы производства и пути их уменьшения.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методы исследования и определения параметров и показателей процессов получения чистых веществ и реактивов;</li> <li>- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;</li> <li>- выбирать конструкционные материалы для процессов получения реактивов и особо чистых веществ;</li> <li>- проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;</li> <li>- применять знания, полученные в результате изучения дисциплины, при выборе современных и инновационных технологий, при написании научных статей, отчетов и выпускной квалификационной работы.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными навыками работы с реактивами и особо чистыми веществами, в т.ч. с каталогами их отечественных и зарубежных производителей;</li> <li>- умением корректно ставить и решать задачи по получению и применению чистых веществ и реактивов;</li> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов их получения;</li> <li>- навыками построения и технико-экономической оптимизации технологической схемы;</li> <li>- методами определения качества чистых веществ и реактивов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (7 семестр)</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– – Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Введение в химическую технологию реактивов и особо чистых веществ»**

**основной образовательной программы**  
18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технология неорганических веществ»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Технология неорганических функциональных материалов:  
катализаторы и адсорбенты»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация бакалавр**

**Москва 2025**

Программа составлена:

Доктором технических наук, профессором кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Коньковой Татьяной Владимировной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов протокол №5 от 28.04.2025 года.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению **18.03.01 – Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра в online-формате с применением технологий электронного обучения.

Дисциплина **«Технология неорганических функциональных материалов: катализаторы и адсорбенты»** относится к части дисциплин учебного плана, формируемых участниками образовательных отношений. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической химии. Дисциплина необходима для изучения последующих курсов отдельных специальностей.

**Цель дисциплины:** приобретение обучающимися углубленных знаний, необходимых специалистам в области технологии катализаторов для последующей производственно-технологической и научно-исследовательской деятельности в получении продукции заданного качества и технически грамотного её применения.

### **Задачи дисциплины:**

- дать основные знания по специальным технологиям катализаторов, позволяющим выпускнику на основе владения общими принципами подхода к специальным технологиям быстро адаптироваться к конкретной технологии,

- дать методы получения катализаторов, особенности проведения стадий производства и их влияние на свойства конечного продукта, основы формования и термообработки катализаторов и носителей, принципы подбора оборудования в производстве катализаторов.

Дисциплина **«Технология неорганических функциональных материалов: катализаторы и адсорбенты»** преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3 Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	ПК-3.1 Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов ПК-3.2 Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов. Обработки данных	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – б)

<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>- Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p>ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.          Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок.          С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – б)</p>

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- состав и свойства неорганических функциональных материалов;
- методы получения катализаторов и адсорбентов, особенности проведения стадий производства и их влияние на свойства конечного продукта;
- основы формования и термообработки катализаторов, их носителей и адсорбентов,
- оборудование в производстве неорганических функциональных материалов.

*Уметь:*

- анализировать взаимосвязь состава сырья, технологических параметров и свойств получаемых материалов;
- обосновать и составить технологическую схему получения неорганического материала заданного состава и свойств.
- проводить исследования по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;

*Владеть:*

- знаниями технологии неорганических функциональных материалов заданного состава и формы;
- принципами подбора технологической схемы и оборудования в получении неорганических функциональных материалов для различных производственных процессов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3,22</b>	<b>116</b>	<b>87</b>
Контактная самостоятельная работа	1,14	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		116,6	857,5
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лек	ПЗ	Лаб. работы	СР
1.	<b>Раздел 1. Основы технологии неорганических функциональных материалов</b>	90	16	16	0	58
2.	<b>Раздел 2. Технологические схемы получения функциональных материалов</b>	90	16	16	0	58
	<b>Всего часов</b>	<b>180</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>116</b>

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

*Раздел 1. Основы технологии неорганических функциональных материалов*

Введение. Основные понятия: катализаторы, адсорбенты, носители катализаторов. Состав катализаторов, промоторы. Свойства катализаторов: активность, селективность, удельная поверхность и пористость, механическая прочность, термостойкость, ядоустойчивость, теплопроводность, температура зажигания, стоимость. Требования, предъявляемые к промышленным функциональным материалам. Исходное сырье, основы и способы получения катализаторов, адсорбентов. Типы катализаторов: смешанные, осажденные, плавленные, скелетные, нанесенные. Функциональные материалы на основе природных материалов и методы их получения. Плавленные катализаторы и скелетные контактные массы. Механическое смешение компонентов: сухой и мокрый способы, катализатор синтеза метанола. Основные стадии в производстве осажденных материалов: растворение, осаждение (соосаждение), фильтрование, промывка осадка, формовка материала, сушка, прокаливание. Формирование кристаллической и пористой структуры катализатора на стадии осаждения. Золь-гель метод. Ионный обмен в производстве катализаторов. Способы промывки осадков: декантация, репульпация и др.

Термическая обработка материалов: сушка и прокаливание. Способы сушки: вымораживание, сублимация, конвективная, контактная, распылительная. Методы регулирования пористой структуры материалов в процессе термообработки. Формование катализаторов их носителей и адсорбентов: формование из суспензий, золь и растворов – газо- и жидкофазное формование (коагуляция в капле, распыление), дробление твердого материала, формование порошков (таблетирование, гранулирование окатыванием), формование паст (экструзия, вмазывание пасты). Основы экструзионного формования. Основные положения физико-химической механики дисперсных систем. Методы исследования и управления реологическими свойствами формируемых дисперсных систем.

Основные носители катализаторов (оксид алюминия, цеолиты, силикагель, активный уголь и др.), их свойства и методы получения. Способы нанесения активных компонентов на носитель: нанесение из расплавов, из растворов, из коллоидных систем. Адсорбционные и пропиточные катализаторы. Пропитка окунанием, опрыскиванием, с упариванием раствора. Регулирование глубины пропитки.

#### **Раздел 2. Технологические схемы получения функциональных материалов**

Технологические схемы получения катализаторов на примере осажденных катализаторов окисления монооксида углерода, катализаторов очистки выхлопных газов автотранспорта, катализаторов окисления органических веществ в сточных водах, конверсии природного газа, платинового сетчатого катализатора окисления аммиака, железного катализатора синтеза аммиака и др. Производство силикагеля. Оксид алюминия как адсорбент, носитель и катализатор, его получение и применение. Производство углеродных адсорбентов методом карбонизации углеродсодержащего сырья. Составление схем по заданным составам и условиям использования адсорбентов и катализаторов. Решение задач по получению осажденных материалов и нанесенных катализаторов.

### **5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2
	<b>Знать:</b>		
1	- состав и свойства катализаторов и адсорбентов;	+	+
2	- методы получения неорганических функциональных материалов, особенности проведения стадий производства и их влияние на свойства конечного продукта	+	+
3	- основы формования и термообработки адсорбентов, катализаторов и носителей,	+	+
4	- оборудование в производстве неорганических функциональных материалов.	+	+

	<b>Уметь:</b>		
5	- анализировать взаимосвязь состава сырья, технологических параметров и свойств получаемых катализаторов и адсорбентов;	+	+
6	- обосновать и составить технологическую схему получения материала заданного состава и свойств.	+	+
7	- проводить исследования по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;	+	+
	<b>Владеть:</b>		
8	- знаниями технологии катализаторов и адсорбентов заданного состава и формы;	+	+
9	- принципами подбора технологической схемы и оборудования в получении функциональных материалов для различных производственных процессов.	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <b>компетенции и индикаторы достижения:</b>			
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>	
10	ПК-3 Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	ПК-3.1 Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+
		ПК-3.2 Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов. Обработки данных	+
11	ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами		+
			+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1 Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Практическое занятие 1. Расчет материального баланса двухкомпонентных осажденных оксидных систем и состава катализатора.	4
2	1	Практическое занятие 2. Расчет содержания активных компонентов в катализаторе нанесенного типа.	4
3	1	Практическое занятие 3. Сушка функциональных материалов	6
4	1	Практическое занятие 4. Разработка схем получения катализаторов осажденного типа.	6
5	1	Практическое занятие 5. Разработка схем получения катализаторов нанесенного типа.	6
6	1	Практическое занятие 6. Разработка схем получения катализаторов заданного состава и формы.	6

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Технология неорганических функциональных материалов: катализаторы и адсорбенты» не предусмотрен

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике курса;
- подготовку к выполнению тестов по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче зачета по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов), написания и сдачи реферата

(максимальная оценка 30 баллов) и итогового тестирования (максимальная оценка 40 баллов) в форме *Зачета с оценкой*.

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.

1. Синтез и применение функциональных материалов на основе природных цеолитов
2. Синтез и применение функциональных материалов на основе синтетических углеродных материалов
3. Синтез и применение функциональных материалов на основе аморфного оксида кремния (силикагеля)
4. Синтез и применение функциональных материалов на основе оксида алюминия
5. Синтез и применение функциональных материалов на основе синтетических алюмосиликатов
6. Синтез и применение функциональных материалов на основе синтетических цеолитов
7. Синтез и применение функциональных материалов на основе полимеров
8. Синтез и применение функциональных материалов на основе композиционных материалов
9. Синтез и применение функциональных материалов на основе природных слоистых алюмосиликатов
10. Синтез и применение функциональных материалов на основе мезоструктурированных силикатных материалов
11. Синтез и применение функциональных материалов на основе природного углеродсодержащего сырья
12. Синтез и применение функциональных материалов на основе природных алюмосиликатов для очистки сточных вод от органических веществ
13. Синтез и применение функциональных материалов на основе углеродных материалов для очистки сточных вод от органических веществ
14. Синтез и применение функциональных материалов на основе оксида алюминия для очистки сточных вод от органических веществ.
15. Синтез и применение катализаторов, содержащих редкоземельные элементы для окисления монооксида углерода
16. Синтез и применение катализаторов восстановления оксидов азота
17. Синтез и применение трехфункциональных катализаторов очистки выхлопных газов двигателей
18. Синтез и применение катализаторов очистки выхлопных газов дизельных двигателей
19. Синтез и применение катализаторов для очистки сточных вод от органических веществ
20. Синтез и применение катализаторов для окисления органических примесей в газовой фазе
21. Пилларирование слоистых алюмосиликатов для каталитических процессов
22. Катализаторы дегидрирования на основе диоксида кремния
23. Катализаторы, синтезированные золь-гель методом
24. Катализаторы, синтезированные темплатным методом
25. Осажденные катализаторы, содержащие редкоземельные элементы
26. Катализаторы для окисления органических веществ с помощью озона
27. Катализаторы на основе оксида кремния для очистки сточных вод от органических веществ.
28. Катализаторы на основе цеолитов для деструкции органических примесей в сточных водах
29. Катализаторы для окисления органических веществ с помощью кислорода
30. Фотокатализаторы окисления органических веществ в присутствии пероксида водорода

## 8.2. Примеры задач для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Максимальная оценка за которые составляет 30 баллов, по 15 баллов за каждую контрольную работу.

### Контрольная работа № 1

Вариант 1

Носитель  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с объемом пор  $0,5 \text{ см}^3/\text{г}$  опрыскивали смесью растворов нитратов меди и железа с концентрацией  $1,1 \text{ моль/л}$  без избытка по влагоемкости, молярное соотношение  $\text{Cu} : \text{Fe} = 2 : 3$ . Носитель с нанесенными активными компонентами высушивали, а затем прокаливали для разложения солей и образования оксидов. Рассчитать суммарное содержание активных компонентов в полученном катализаторе (% масс.) в пересчете на оксиды ( $\text{CuO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и на металлы.

Вариант 2

Носитель  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с объемом пор  $0,4 \text{ см}^3/\text{г}$  опрыскивали смесью растворов нитратов марганца и циркония с концентрацией  $0,6 \text{ моль/л}$  без избытка по влагоемкости, молярное соотношение  $\text{Mn} : \text{Zr} = 3 : 7$ . Носитель с нанесенными активными компонентами высушивали, а затем прокаливали для разложения солей и образования оксидов. Рассчитать суммарное содержание активных компонентов в полученном катализаторе (% масс.) в пересчете на оксиды ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZrO}_2$ ) и на металлы.

Вариант 3

Носитель  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с объемом пор  $0,3 \text{ см}^3/\text{г}$  опрыскивали смесью растворов нитратов цинка и железа с концентрацией  $0,5 \text{ моль/л}$  без избытка по влагоемкости, молярное соотношение  $\text{Zn} : \text{Fe} = 1 : 4$ . Носитель с нанесенными активными компонентами высушивали, а затем прокаливали для разложения солей и образования оксидов. Рассчитать суммарное содержание активных компонентов в полученном катализаторе (% масс.) в пересчете на оксиды ( $\text{ZnO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и на металлы.

Вариант 4

Носитель  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с объемом пор  $0,6 \text{ см}^3/\text{г}$  опрыскивали смесью растворов нитратов никеля и марганца с концентрацией  $1,7 \text{ моль/л}$  без избытка по влагоемкости, молярное соотношение  $\text{Ni} : \text{Mn} = 3 : 2$ . Носитель с нанесенными активными компонентами высушивали, а затем прокаливали для разложения солей и образования оксидов. Рассчитать суммарное содержание активных компонентов в полученном катализаторе (% масс.) в пересчете на оксиды ( $\text{NiO}$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ) и на металлы.

Вариант 5

Носитель  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  с объемом пор  $0,5 \text{ см}^3/\text{г}$  опрыскивали смесью растворов нитратов кобальта и меди с концентрацией  $1,2 \text{ моль/л}$  без избытка по влагоемкости, молярное соотношение  $\text{Co} : \text{Cu} = 1 : 9$ . Носитель с нанесенными активными компонентами высушивали, а затем прокаливали для разложения солей и образования оксидов. Рассчитать суммарное содержание активных компонентов в полученном катализаторе (% масс.) в пересчете на оксиды ( $\text{Co}_3\text{O}_4$  и  $\text{CuO}$ ) и на металлы.

### Контрольная работа № 2

1. Разработать принципиальную технологическую схему получения осажденного катализатора, состоящего из оксида железа и представляющего собой гранулы размером 5 мм.
2. Разработать принципиальную технологическую схему получения осажденного катализатора, состоящего из оксида железа и представляющего собой гранулы размером 1 мм.

3. Разработать принципиальную технологическую схему получения осажденного катализатора, состоящего из оксида железа и представляющего собой таблетки размером 5x3 мм.
4. Разработать принципиальную технологическую схему получения осажденного катализатора, состоящего из оксида марганца и представляющего собой гранулы размером 3x5 мм.
5. Разработать принципиальную технологическую схему получения осажденного катализатора, состоящего из оксида марганца и представляющего собой гранулы размером 1 мм.

### **8.3. Вопросы для итогового тестирования**

1. Состав и структура функциональных материалов, промоторы.
2. Классификация катализаторов.
3. Способы получения функциональных материалов.
4. Свойства промышленных катализаторов.
5. Основные этапы в приготовлении катализаторов и адсорбентов.
6. Смешанные катализаторы, способы смешения материалов.
7. Механоактивация в технологии катализаторов.
8. Плавленые и скелетные катализаторы
9. Осажденные функциональные материалы, стадии и методы осаждения.
10. Параметры осаждения их влияние на свойства осадка.
11. Стадии формирования гидроксидов при химическом осаждении.
12. Золь-гель технологии получения катализатора, адсорбентов и носителей.
13. Функциональные материалы на основе природных материалов: глины, цеолиты.
14. Отделение твердой фазы от жидкой, промывка осадков.
15. Способы формования функциональных материалов.
16. Измельчение твердых материалов, его механизмы, оборудование.
17. Способы помола материалов, оборудование.
18. Формование коагуляцией в капле, распыление.
19. Гранулирование окатыванием, оборудование.
20. Формование таблетированием.
21. Основы экструзионного формования, устройство экструдера.
22. Структурообразование в вязких средах, влияние влажности пасты на процесс формования.
23. Структурно-механические свойства формируемых масс.
24. Сушка материалов, способы осуществления.
25. Формы связи влаги с материалом, периоды сушки.
26. Особенности сушки сформованных изделий, регулирование пористой структуры материалов при термообработке.
27. Процессы, протекающие при прокаливании материалов, спекание.
28. Нанесенные катализаторы, способы нанесения активных компонентов на носитель, типы взаимодействия носитель - нанесенное вещество, режимы пропитки.
29. Распределение нанесенного компонента на носителе, регулирование глубины пропитки.
30. Носители катализаторов, их свойства, примеры.
31. Сравнительная характеристика способов формования
32. Требования к катализаторам для жидкофазных процессов.
33. Требования к катализаторам для газофазных процессов.
34. Сравнительная характеристика способов сушки
35. Сравнительная характеристика способов прокаливания
36. Катализаторы на основе цеолитов

37. Катализаторы для окислительно-восстановительных процессов
38. Катализаторы для экологического катализа
39. Гомогенное осаждение при получении катализаторов.
40. Типы промоторов, механизм их действия.
41. Фильтрование осадков, оборудование.
42. Факторы, влияющие на процесс фильтрования.
43. Сравнительная характеристика методов помола материалов.
44. Сравнительная характеристика методов смешения материалов.
45. Требования к катализаторам, работающим во взвешенном слое.
46. Каталитические яды, механизм их действия.
47. Факторы, влияющие на процесс экструзионного формования.
48. Классификация гидроксидов по способности к кристаллизации.
49. Оборудование для смешения материалов.
50. Способы промывки осадков и аппаратное оформление.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <p>_____</p> <p>Дата</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p>
	<p><b>Направление подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология Профиль «Технология неорганических веществ» Дисциплина «Технология неорганических функциональных материалов: катализаторы и адсорбенты»</b></p>
<p><b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b></p> <p>1. Классификация катализаторов. 2. Отделение твердой фазы от жидкой, промывка осадков, способы осуществления и аппаратное оформление.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1 Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература:

1. Конькова Т.В., Либерман Е. Ю. Основы технологии катализаторов гетерогенных процессов // Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2018. 120

#### Б. Дополнительная литература:

1. Конькова Т.В., Алехина М. Б., Либерман Е. Ю., Кошкин А.Г. Экспериментальные методы исследования в гетерогенном катализе. // Лабораторный практикум: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2013. 68 с.
2. Крылов О. В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига». 2004. 679 с.
3. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов Учебное пособие. М.: ИКЦ «Академкнига». 2007. 309 с.
4. Ильин, А. П. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов / А. П. Ильин, В. Ю. Прокофьев. — Иваново : ИГХТУ, 2004. — 316 с. — ISBN 5-9616-0049-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4470> (дата обращения: 20.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Презентационные материалы.
- Конспекты лекций.

Научно-технические журналы:

1. Журнал неорганической химии. ISSN 0044-457X
2. Перспективные материалы. ISSN 1028-978X
3. Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
4. Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
5. Химическая технология. ISSN 1684-5811
6. Кинетика и катализ ISSN 0453-8811
7. Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
8. Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
9. Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
10. Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет:

- [www.centerprioritet.ru](http://www.centerprioritet.ru) – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета.

Поиск книг и журналов

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

## 9.3 Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации учебной программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации лекций – 8, (общее число слайдов – 160).
- банк тестовых заданий (общее число вопросов – 175).
  - банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 95);
  - банк тестовых заданий для итогового тестирования (общее число вопросов – 80).

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Технология катализаторов ющегося».

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Электронные средства демонстрации (компьютер со средствами аудиовидеовоспроизведения).

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; видеолекции.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, принтеры и программными средствами; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Срок окончания действия лицензии	Примечание
-------	------------------------------------	-----------------------------	----------------------------------	------------

1.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочно	Лицензия на операционную систему Microsoft Windows 8.1. ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах.
2.	Microsoft Office Standard 2013	Контракт № 62-64ЭА/2013 от 02.12.2013	бессрочная	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
3.	Microsoft Office Professional Plus 2019 В составе: • Word • Excel • Power Point	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, принимающее участие в образовательных процессах.
4.	O365ProPlusOpenFclty ShrdSvr ALNG SubsVL OLV E 1Mth Acdmc AP AddOn toOPP  Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)
5.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	бессрочная	Лицензия на ПО, не принимающее прямого участия в образовательных процессах (инфраструктурное/вспомогательное ПО)

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование модулей	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Основы технологии неорганических функциональных материалов</b>	<i>Знает:</i> - состав и свойства катализаторов; - методы получения катализаторов, особенности проведения стадий производства и их влияние на свойства конечного продукта;	Оценка за контрольную работу № 1 Оценка за реферат Оценка за зачет

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основы формования и термообработки катализаторов и носителей,</li> <li>- оборудование в производстве катализаторов.</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать взаимосвязь состава сырья, технологических параметров и свойств получаемых катализаторов;</li> <li>- обосновать и составить технологическую схему катализатора заданного состава и свойств.</li> <li>- проводить исследования по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаниями технологии катализаторов заданного состава и формы;</li> <li>- принципами подбора технологической схемы и оборудования в получении катализаторов для различных производственных процессов.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2. Технологические схемы получения функциональных материалов</b></p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- состав и свойства неорганических функциональных материалов;</li> <li>- методы получения катализаторов и адсорбентов, особенности проведения стадий производства и их влияние на свойства конечного продукта;</li> <li>- основы формования и термообработки катализаторов, их носителей и адсорбентов,</li> <li>- оборудование в производстве неорганических функциональных материалов.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать взаимосвязь состава сырья, технологических параметров и свойств получаемых материалов;</li> <li>- обосновать и составить технологическую схему получения неорганического материала заданного состава и свойств.</li> <li>- проводить исследования по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов;</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знаниями технологии неорганических функциональных материалов заданного состава и формы;</li> <li>- принципами подбора технологической</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2</p> <p>Оценка за реферат</p> <p>Оценка за зачет</p>

	схемы и оборудования в получении неорганических функциональных материалов для различных производственных процессов.	
--	---	--

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Технология неорганических функциональных материалов: катализаторы и  
адсорбенты»**

**основной образовательной программы**

18.03.01 «Химическая технология»

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Технология неорганических веществ: каталитические  
процессы»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация бакалавр**

**Москва 2025**

Программа составлена к.т.н., доцентом кафедры ТНВ и ЭП Н.В. Нефедовой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов «28» 04 2025 г., протокол № 5.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»** относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана и рассчитана на изучение дисциплины в одном семестре. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по базовым дисциплинам рабочего учебного плана естественно-научного цикла, таких как «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Процессы и аппараты химической технологии» и других.

**Цель дисциплины** – приобретение обучающимися знаний и компетенций в области технологии неорганических веществ, включая каталитические процессы и их особенность в технологии основного неорганического синтеза, а также изучение физико-химических основ и факторов, влияющих на неорганические процессы.

### **Задачи дисциплины :**

- формирование у студентов базовых знаний и основных понятий технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;
- получение необходимых знаний об особенностях технологии получения кислорода, азота и благородных газов с использованием криогенной технологии;
- получение необходимых знаний о термодинамике процессов глубокого холода и термодинамических диаграммах;
- формирование у студентов знаний о кинетике и механизме гетерогенного катализа в технологии неорганических веществ;
- получение необходимых знаний о разделении газовых смесей с целью получения индивидуальных компонентов и синтез-газов;
- получение необходимых знаний об основных закономерностях технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты.

Дисциплина **«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»** преподается в 5 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины **«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»** при подготовке бакалавров по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология**, профиль подготовки – **«Технология неорганических веществ»** направлено на приобретение следующих компетенций.

### **Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	- Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	ПК-3.2 Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов  ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки. Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы (уровень квалификации – 6)
		ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	ПК-4.1 Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации  ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

**знать:**

- основные понятия технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;
- основные закономерности технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты.

**уметь:**

- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;
- проводить эксперименты по заданным методикам;
- анализировать результаты экспериментов;

**владеть:**

- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;
- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Лекции	1,33	60	45
Практические занятия (ПЗ)	1,33	36	27
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,33</b>	<b>84</b>	<b>63</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,33	84	63
<b>Вид контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг.	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг.	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг.	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. )	Сам. работа
	<b>Введение</b>	<b>1</b>	-	<b>1</b>	-	-	-	-	-	-
<b>1.</b>	<b>Раздел 1.</b> Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза	<b>90</b>	-	<b>33</b>	-	<b>22</b>	-	-	-	<b>35</b>
1.1	Процессы очистки газовых потоков от вредных примесей	<b>30</b>		<b>11</b>		<b>7</b>				<b>12</b>
1.2	Неорганические синтезы на основе газового сырья	<b>30</b>		<b>11</b>		<b>7</b>				<b>12</b>
1.3	Технологии модернизированных процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов	<b>30</b>		<b>11</b>		<b>8</b>				<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>Раздел 2.</b> Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза	<b>60</b>	-	<b>18</b>	-	<b>12</b>	-	-	-	<b>30</b>
2.1	Варианты реализации процессов термической переработки веществ	<b>20</b>		<b>6</b>		<b>4</b>				<b>10</b>

2.2	Оформление адсорбционных процессов. Конструктивные особенности адсорберов.	20		6		4				10
2.3	Технологические схемы синтеза аммиака и особенности оборудования.	20		6		4				10
3.	<b>Раздел 3.</b> Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза	30	-	8	-	2	-	-	-	20
3.1	Основные экологические проблемы и их решение при получении водорода и синтез-газов.	10		3		1				7
3.2	Проблемы экологии при синтезе неорганических веществ.	10		3		1				7
3.3	Детоксикация отходящих газов и очистка сточных вод в неорганическом производстве.	10		2						6
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>84</b>
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>								
	<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>								

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### Введение.

Основные продукты технологии неорганического синтеза – чистые газы, газовые смеси заданного состава (синтез-газы), продукты на основе синтез-газов. Их значение для экономики и области применения. Основные направления развития технологии неорганического синтеза. Особенности сырья для получения продуктов неорганического синтеза.

### Раздел 1. Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза

#### 1.1 Процессы очистки газовых потоков от вредных примесей

Каталитическое гидрирование и дегидрирование сероорганических соединений. Каталитическая очистка отходящих газов от оксида азота и серы.

Адсорбционные методы очистки и разделения газов

Адсорбционная осушка газов. Адсорбционная очистка отходящих газов от оксидов углерода, серы и азота. Особенности технологии и аппаратуры адсорбционных и каталитических процессов очистки и разделения газов.

Абсорбенты и их характеристика – вода, растворы щелочей, аммиак, органические растворители: аминоспирты, метилдиэтаноламин и др. Абсорбционная очистка газов от оксидов углерода, соединений серы. Очистка технологических газов от соединений селена и мышьяка.

Криогенные процессы очистки и разделения газов, термодинамика процесса.

Получение азота, кислорода и синтез-газов криогенным методом.

#### 1.2 Неорганические синтезы на основе газового сырья

Синтез аммиака

Физико-химические основы синтеза. Катализаторы синтеза аммиака, их свойства и методы получения. Технология процесса. Особенности энерготехнологии при получении аммиака. Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака.

Технология разбавленной азотной кислоты

Физико-химические основы процесса получения разбавленной азотной кислоты. Окисления аммиака. Катализаторы процесса, их особенности и свойства. Механизм катализа.

Окисление оксида азота. Равновесие и кинетика процесса.

Абсорбция оксидов азота с получением разбавленной азотной кислоты. Химизм процесса. Обоснование технологических режимов стадий окисления оксида азота и абсорбции полученных продуктов.

Промышленные агрегаты производства разбавленной азотной кислоты, их классификация по технологическим параметрам. Технологические схемы процессов. Особенности энерготехнологии при производстве азотной кислоты.

Технология концентрированной азотной кислоты.

Основы концентрирования разбавленной азотной кислоты и прямой способ получения концентрированной азотной кислоты. Технологические схемы и аппаратное оформление процессов.

### **1.3 Технологии модернизированных процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов**

Технология серной кислоты

Контактный метод производства серной кислоты. Основные стадии процесса. Получение диоксида серы.

Окисление диоксида серы в триоксид. Физико-химические основы процесса. Катализаторы окисления, их свойства и методы получения.

Абсорбция триоксида серы. Химизм процесса. Принципы организации технологии абсорбции триоксида серы. Пути интенсификации сернокислотного производства.

Получение серной кислоты методом двойного контактирования и двойной абсорбции (ДК-ДА).

Получение аммиачной селитры.

Физико-химические основы процесса, пути кондиционирования и модифицирования селитры с целью устранения слеживаемости и снижения взрывоопасности. Технологические схемы синтеза селитры и гранулирования, аппаратное оформление процесса и основные аппараты.

Технология сульфата аммония.

Способы синтеза, физико-химические основы технологии из аммиака, содержащегося в коксовом газе и надсмольной воде. Технологическая схема и основные аппараты.

Синтез карбамида (мочевины)

Физико-химические основы синтеза мочевины. Методы рециркуляции аммиака и диоксида углерода. Технология процесса с жидкостным рециклом. Стриппинг – процесс получения мочевины.

## **Раздел 2. Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза**

### **2.1 Варианты реализации процессов термической переработки веществ**

Варианты технологической реализации процессов термической переработки веществ и их сравнение по степени извлечения целевого продукта, затратам и возможности утилизации отходов. Характеристика основных аппаратов.

Конструктивные особенности электролизеров для разложения водных хлоридов. Пути снижения энергетических затрат.

### **2.2 Оформление адсорбционных процессов. Конструктивные особенности адсорберов.**

Технологическое оформление адсорбционных процессов. Конструктивные особенности адсорберов. Короткоцикловые безнагревные установки. Адсорбционные процессы очистки синтез-газа от диоксидов углерода.

### **2.3 Технологические схемы синтеза аммиака и особенности оборудования.**

Технологические схемы синтеза аммиака и продуктов на его основе и особенности оборудования.

Конструктивные особенности основного оборудования производства азотной кислоты и сульфата и нитрата аммония.

Особенности технологии и основные оборудования синтеза карбамида

## **Раздел 3. Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза**

### **3.1 Основные экологические проблемы и их решение при получении водорода и синтез-газов.**

Решения экологических проблем технологии неорганического веществ

Основные экологические проблемы и их решение при получении водорода и синтез-газов.

### **3.2 Проблемы экологии при синтезе неорганических веществ.**

Проблемы охраны окружающей среды электрохимических производств.

Проблемы экологии при синтезе аммиака.

Проблемы загрязнения атмосферы отходящими газами при производстве разбавленной и концентрированной азотной кислоты.

Проблемы загрязнения окружающей среды при получении серной кислоты и пути их решения.

### **3.3 Детоксикация отходящих газов и очистка сточных вод в неорганическом производстве.**

Очистка выбросных газов в производстве связанного азота и серной кислоты. Очистка жидких стоков в производстве азотных удобрений и осажденных катализаторов для каталитических процессов производства неорганических веществ. Очистка отходящих газов и при водоподготовке путем озонирования. Термодеструкция остаточного озона на стадии финишной очистки выхлопных газов.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	- основные понятия технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;	+	+	+
2	- основные закономерности технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты.	+	-	+
	<b>Уметь:</b>			
3	- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;	+	-	+
4	- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;	+	+	+
5	- проводить эксперименты по заданным методикам;	+	+	+
6	- анализировать результаты экспериментов;	+	+	+
	<b>Владеть:</b>			
7	- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;	+	+	+
8	- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+	+
9	- методами определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным.	+	+	+
	В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции:			
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>		

10	ПК-3. Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	ПК-3.2 Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+
11		ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+
12	ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	ПК-4.1 Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации	+	+	+
13		ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине *«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»* в объеме 36 часов. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекционных занятиях, формирование понимания связей между теоретическими положениями химической технологии и методологией решения практических задач по тематике лекций, приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	<b>Практическое занятие 1</b> Основные физико-химические свойства исходного сырья	9
2	1	<b>Практическое занятие 2</b> Структура производства и потребления продуктов неорганического синтеза	9
3	2	<b>Практическое занятие 4</b> Расчет криогенных процессов разделения газов	3
4	2	<b>Практическое занятие 5</b> Расчет равновесных составов газовых смесей	3
5	2	<b>Практическое занятие 6</b> Физико-химические основы конверсии природного газа водяным паром и кислородом	2
6	2	<b>Практическое занятие 7</b> Расчет составов конвертированного газа	2
7	2	<b>Практическое занятие 8</b> Составы и свойства катализаторов двухстадийной конверсии метана	2
8	2	<b>Практическое занятие 9</b> Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака	4
9	3	<b>Практическое занятие 12</b> Расчет установок очистки отходящих газов от кислых компонентов	2

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине *«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»* не предусмотрен.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Учебной программой дисциплины *«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»* предусмотрена самостоятельная работа обучающихся в объеме 84 часа. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на лекциях и практических занятиях учебного материала и подготовку к выполнению контрольных работ по модулям дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче экзамена (5 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 40 баллов), реферата оценка 20 баллов и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов).

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

1. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением кислорода.
2. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением азота.
3. Применение низкотемпературных процессов в неорганической технологии.
4. Адсорбционные процессы очистки и осушки газовых смесей.
5. Абсорбционные процессы очистки газовых смесей.
6. Мембранное разделения газов.
7. Каталитические процессы очистки газовых смесей.
8. Современные катализаторы синтеза аммиака (составы, методы получения).
9. Современные агрегаты по производству разбавленной азотной кислоты.
10. Методы синтеза карбамида.
11. Экологические проблемы неорганической технологии.
12. Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
13. Очистка газовых выбросов технологии серной кислоты.
14. Очистка газов от оксидов азота в производстве азотной кислоты.
15. Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода.
16. Сравнительный анализ сырья и схем в производстве серной кислоты.
17. Перспективные катализаторы окисления аммиака в производстве азотной кислоты.
18. Катализ и катализаторы процессов гидрирования оксидов углерода.
19. Термохимические циклы при получении водорода и др. неорганических веществ.
20. Современные катализаторы конверсии СО: составы, свойства, синтез.
21. Перспективные катализаторы конверсии метана: составы, свойства, синтез.

22. Новые разработки в области катализаторов синтеза аммиака: составы, свойства, синтез.
23. Топохимические процессы восстановления плавящихся катализаторов синтеза аммиака.
24. Основы адсорбционного разделения газов, сравнительный анализ существующих схем.
25. Технология синтеза аммиака: особенности производства единичной мощности 1360 т NH<sub>3</sub> /сутки и сравнение со схемой на 600 т /сутки.
26. Особенности производства серной кислоты из плавящейся серы. Сравнение технологических схем серной кислоты для различных типов сырья.
27. Технология получения водорода электрохимическим методом.
28. Сравнительный анализ сорбентов и схем детоксикации отходящих газов от сероводорода.
29. Переработка оксидов азота в разбавленную азотную кислоту: физико-химические основы процесса и технологическая схема.
30. Физико-химические основы производства пористой аммиачной селитры и технологическая схема.
31. Технология аммиачной селитры, пути снижения слеживаемости, гигроскопичности, взрывоопасности.
32. Конструктивные особенности аппаратного оформления процесса аммиачной селитры.
33. Физико-химические основы производства карбамида, совмещенная схема синтеза аммиака и карбамида.
34. Технология карбамида с полным жидкостным рециклом.
35. Стриппинг-процесс карбамида по схеме фирмы «Стамикарбон».
36. Технология сульфата аммония полупрямым способом
37. Абсорбционные методы очистки газов от оксидов углерода.
38. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
39. Очистка технологических газов от серосодержащих соединений путем каталитического гидрирования.
40. Газификация твердого и жидкого топлива: схемы и основное оборудование.
41. Технология каталитического обезвреживания отходящих газов.

## **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы 40 (5 семестр) составляет 20 баллов за каждую.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 задания: 2 баллов за 1 задание; 2 балла – за 2 задание; 8 баллов – за 3 задание; 8 баллов – за 4 задание**

### **Вопрос 1.1.**

Найти по диаграмме S—T теплоту испарения жидкого воздуха при давлении 5 ат.

### **Вопрос 1.2.**

Теоретические основы процесса газификации твердых топлив.

### Вопрос 1.3.

Определить термоперепад и теплоперепад при адиабатическом расширении сжатого азота от давления 15 бар до давления 2 бар, если начальная температура процесса равна 153 °С.

### Вопрос 1.4.

Определить константы «а» и «b» уравнении Ван-дер-Ваальса для воздуха, исходя из критических значений:  $p_{кр} = 38,4 \text{ кг/см}^2$ ,  $T_{кр} = 132 \text{ К}$ ,  $R = 29,27$ .

**Разделы 2-3. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 задания: по 5 баллов за каждое задание**

### Вопрос 2.1.

При газификации кокса, содержащего 96,5 % С и 3,5 % H<sub>2</sub>O по массе, с водяным паром полученный водяной газ содержит 6% CO<sub>2</sub> (об.). Рассчитать состав полученного газа при газификации 1 т кокса указанного состава и составить материальный баланс, при этом протекают реакции:



### Вопрос 2.2.

Определить состав газа после контактного аппарата при окислении диоксида серы, расход воздуха и составить материальный баланс контактного отделения, если производительность аппарата 10 000 м<sup>3</sup>/ч исходного газа следующего состава, %(об.): SO<sub>2</sub> - 8,5; O<sub>2</sub> - 12,5; N<sub>2</sub> - 79. Степень окисления SO<sub>2</sub> в SO<sub>3</sub> составляет 98 %.

### Вопрос 2.3.

Блок-схема прямого способа производства концентрированной азотной кислоты

### Вопрос 2.4.

Определить равновесный состав конвертированного газа, получаемого при конверсии метана смесью водяного пара и кислородобогащенным воздухом (40 % O<sub>2</sub>). Соотношение между объемами компонентов CH<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O : O<sub>2</sub> : N<sub>2</sub> в исходной газовой смеси 1:1:0,6:0,9. Температура риформинга 827 °С, общее давление 1 атм.

## 8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (\_5 семестр – экзамен)

Экзаменационный билет включает три вопроса разделов 1-3: 2 - теоретических вопроса и 1-ой задачи. Каждый из теоретических вопросов оценивается 10 баллами, практический 20 баллами. Всего на экзамене можно получить до 40 баллов.

Пример вопросов в билете

1. Физико-химические основы разделения воздуха с однократным дросселированием
2. Технологическая схема конверсионного способа получения нитрата калия.
3. В лабораторном реакторе объемом 6 л находится 9,2 г N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> при t=111 °С и P=0,1 МПа. Определить константу равновесия реакции диссоциации димера.

Максимальное количество баллов за *вид контроля* 5 семестр – 40 баллов.

### 8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (\_5 семестр – экзамен).

Экзаменационный билет включает три вопроса разделов 1-3: 2 - теоретических вопроса и 1-ой задачи. Каждый из теоретических вопросов оценивается 10 баллами, практический 20 баллами. Всего на экзамене можно получить до 40 баллов

1. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением кислорода.
2. Разделение воздуха адсорбционным методом с получением азота.
3. Применение низкотемпературных процессов в неорганической технологии.
4. Адсорбционные процессы очистки и осушки газовых смесей.
5. Абсорбционные процессы очистки газовых смесей.
6. Мембранное разделения газов.
7. Каталитические процессы очистки газовых смесей.
8. Современные катализаторы синтеза аммиака (составы, методы получения).
9. Современные агрегаты по производству разбавленной азотной кислоты.
10. Методы синтеза карбамида.
11. Экологические проблемы неорганической технологии.
12. Методы очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
13. Очистка газовых выбросов технологии серной кислоты.
14. Очистка газов от оксидов азота в производстве азотной кислоты.
15. Термическая переработка минерального сырья без доступа кислорода.
16. Сравнительный анализ сырья и схем в производстве серной кислоты.
17. Перспективные катализаторы окисления аммиака в производстве азотной кислоты.
18. Катализ и катализаторы процессов гидрирования оксидов углерода.
19. Термохимические циклы при получении водорода и др. неорганических веществ.
20. Современные катализаторы конверсии СО: составы, свойства, синтез.
21. Перспективные катализаторы конверсии метана: составы, свойства, синтез.
22. Новые разработки в области катализаторов синтеза аммиака: составы, свойства, синтез.
23. Топохимические процессы восстановления плавленных катализаторов синтеза аммиака.
24. Основы адсорбционного разделения газов, сравнительный анализ существующих схем.
25. Технология синтеза аммиака: особенности производства единичной мощности 1360 т  $\text{NH}_3$  /сутки и сравнение со схемой на 600 т /сутки.
26. Особенности производства серной кислоты из плавленной серы. Сравнение технологических схем серной кислоты для различных типов сырья.
27. Технология получения водорода электрохимическим методом.
28. Сравнительный анализ сорбентов и схем детоксикации отходящих газов от сероводорода.
29. Переработка оксидов азота в разбавленную азотную кислоту: физико-химические основы процесса и технологическая схема.
30. Физико-химические основы производства пористой аммиачной селитры и технологическая схема.
31. Технология аммиачной селитры, пути снижения слеживаемости, гигроскопичности, взрывоопасности.
32. Конструктивные особенности аппаратного оформления процесса аммиачной селитры.

33. Физико-химические основы производства карбамида, совмещенная схема синтеза аммиака и карбамида.
34. Технология карбамида с полным жидкостным рециклом.
35. Стриппинг-процесс карбамида по схеме фирмы «Стамикарбон».
36. Технология сульфата аммония полупрямым способом
37. Абсорбционные методы очистки газов от оксидов углерода.
38. Основные особенности современных агрегатов для производства неорганических продуктов.
39. Очистка технологических газов от серосодержащих соединений путем каталитического гидрирования.
40. Газификация твердого и жидкого топлива: схемы и основное оборудование.
41. Технология каталитического обезвреживания отходящих газов.

#### 8.4. Структура и примеры билетов для экзамена (5 семестр).

Экзаменационный билет состоит из трех вопросов: 2-х теоретических вопросов и 1-ой задачи. Каждый из теоретических вопросов оценивается 10 баллами, практический 20 баллами. Всего на экзамене можно получить до 40 баллов.

<p>«Утверждаю» И.о. зав.каф. ТНВ и ЭП _____ Д.О. Лемешев «__» _____ 2022г.</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p>
	<p><b>Кафедра ТНВ и ЭП</b></p>
	<p><b>Направление 18.03.01 Химическая технология, Профиль «Технология неорганических веществ»</b></p>
	<p><b>Технология неорганических веществ: каталитические процессы</b></p>
<p>БИЛЕТ № 1</p>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получение низких температур методом изоэнтальпного расширения газа. Физическая сущность процесса. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты.</li> <li>2. Производство неконцентрированной азотной кислоты.</li> <li>3. Определить термо- и теплоперепад при адиабатическом расширении сжатого азота от давления 15 бар до давления 2 бар, если начальная температура процесса равна 153 °С.</li> </ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

1. Конькова Т.В., Либерман Е.Ю. Теоретические и практические основы технологии неорганических веществ: учебное пособие для ВУЗов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020. – 240 с.
2. Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, В. М. Бусыгин, Л. Г. Гайсин, Р. Т. Ахметова ; под редакцией Т. Г. Ахметова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 452 с.
3. Химическая технология неорганических веществ. Книга 1 : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Ахметова, Л. Г. Гайсин, Л. Т. Ахметова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 688 с.
4. Химическая технология неорганических веществ. Книга 2 : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Ахметова, Л. Г. Гайсин, Л. Т. Ахметова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 536 с.
5. Алехина, М. Б. Металлорганические каркасные структуры для очистки и разделения газовых сред [Текст] : учебное пособие / М. Б. Алехина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018.

### Б. Дополнительная литература:

1. Ленинградский технологический институт им. Ленсовета. Катализ и катализаторы [Текст] : межвузовский сборник научных трудов / Ленинградский технологический институт им. Ленсовета ; ред. И. П. Мухленов. - Л. : ЛТИ, 1990. - 129 с.
2. Шумяцкий, Ю. И. Промышленные адсорбционные процессы [Текст] : учебное пособие / Ю. И. Шумяцкий. - М. : "КолосС", 2009. - 183 с.
3. Позин, М. Е. Физико-химические основы неорганической технологии [Текст] / М. Е. Позин, Р. Ю. Зинюк. - 2-е изд., перераб. - СПб. : Химия, 1993. - 440 с.
4. Крылов, О. В. Гетерогенный катализ [Текст] : учебное пособие для вузов / О. В. Крылов. - М. : Академкнига, 2004. - 679 с
5. Алехина, М. Б. Промышленные адсорбенты [Текст] : учебное пособие / М. Б. Алехина. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. - 110 с.
6. Милютин, В. В. Современные методы очистки техногенных сточных вод от токсичных примесей [Текст] : учебное пособие / В. В. Милютин, М. Б. Алехина, Б. Е. Рябчиков. - М. : РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

1. Журнал неорганической химии. ISSN 0044-457X
2. Перспективные материалы. ISSN 1028-978X
3. Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
4. Theoretical Foundation of Chemical Engineering. ISSN 0040-5795
5. Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
6. Химическая технология. ISSN 1684-5811
7. Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
8. Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
9. Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
10. Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- [www.centerprioritet.ru](http://www.centerprioritet.ru) – СМЦ «Приоритет» - техническая документация исследований (ИКСИ) – заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
- <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета.

Поиск книг и журналов

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины (При необходимости)**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины: **(ПРИМЕР)**

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 14, (общее число слайдов – 160);
- банк заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число заданий – 95);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число заданий – 80).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2023 составляет 1 727 628 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Технология неорганических веществ: каталитические процессы*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1	Электронно-библиотечная система (ЭБС) «ЛАНЬ»	<p>ООО «Издательство «Лань», Реквизиты договора – Договор № 33.02-Р-2.7-8599/2024 от 13.11.2024 г. г.</p> <p>Сумма договора – 315208-51</p> <p>С 01.10.2024 г. по 31.12.2024 г.</p> <p>Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a></p> <p>Количество ключей - доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.</p>	<p>Доступ к коллекции «Единая профессиональная база знаний для технических вузов – ЭБС ЛАНЬ, а также отдельные издания из других коллекций издательства «ЛАНЬ» в соответствии с Договором.</p> <p>Доступ к коллекциям: «Химия» - изд-ва Лаборатория знаний «Химия»-КНИТУ (Казанский национальный исследовательский технологический университет), «Химия» - изд-ва ФИЗМАТЛИТ», «Информатика»-Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ».</p>
2	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	<p>Принадлежность – собственная РХТУ.</p> <p>Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://lib.muctr.ru/">http://lib.muctr.ru/</a></p> <p>Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера</p>	<p>Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.</p>
3	Научно-электронная библиотека «eLibrary.ru»	<p>Реквизиты договора – ООО Научная электронная библиотека, Договор № SU-364/2023/33.03-Л-3.1-7490/2024 от 31.01.2024 г..</p> <p>Сумма договора – 897 350-00</p> <p>С 31.01.2024 г. по 31.12.2024 г.</p> <p>Ссылка на сайт – <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a></p>	<p>Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – это крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 29 млн научных статей и публикаций, в том числе электронные версии более 5600 российских научно-технических журналов.</p>

		<p>Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте НЭБ.</p>	
4	<p>Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ»</p>	<p>Принадлежность – сторонняя Образовательная платформа ЮРАЙТ» Договор № № 33.02-Л-3.1-7818/2024 от 27.04.2024.г. Сумма договора –589 175.00  С 27.04.2024 г. по 26.04.2025 г..  Ссылка на сайт <a href="https://bibli-online.ru/">https://bibli-online.ru/</a>  Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.</p>	<p>Электронная библиотека включает более 5000 наименований учебников и учебных пособий по всем отраслям знаний для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.</p>

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Физико-химические основы и технологии процессов разделения газовых смесей сложного состава и синтеза продуктов основного неорганического синтеза</p>	<p><b><u>знает:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;</li> <li>- основные закономерности технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты.</li> </ul> <p><b><u>умеет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;</li> <li>- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;</li> <li>- проводить эксперименты по заданным методикам;</li> <li>- анализировать результаты экспериментов;</li> </ul> <p><b><u>владеет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;</li> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;</li> <li>- методами определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (5 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (5 семестр)</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Особенности аппаратуры и технологического оформления процессов неорганического синтеза</p>	<p><b><u>знает:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;</li> <li>- основные закономерности технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты.</li> </ul> <p><b><u>умеет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;</li> <li>- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;</li> <li>- проводить эксперименты по заданным методикам;</li> <li>- анализировать результаты экспериментов;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (5 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (5 семестр)</p>

	<p><b><u>владеет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;</li> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;</li> <li>- методами определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Решения экологических проблем технологии основного неорганического синтеза</p>	<p><b><u>знает:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия технологии неорганических веществ и каталитических процессов, представлений о ее отличительной особенности;</li> <li>- основные закономерности технологии неорганических веществ и основных неорганических продуктах связанного азота и серной кислоты.</li> </ul> <p><b><u>умеет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методы исследования и определения параметров процессов основного неорганического синтеза;</li> <li>- анализировать взаимосвязь технологических параметров и эффективности процесса и качество продукции;</li> <li>- проводить эксперименты по заданным методикам;</li> <li>- анализировать результаты экспериментов;</li> </ul> <p><b><u>владеет:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами качественного и количественного анализа неорганических веществ;</li> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;</li> <li>- методами определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (5 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (5 семестр)</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Технология неорганических веществ: каталитические процессы»**

**основной образовательной программы**

18.03.01 Химическая технология

профиль «Технология неорганических веществ»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доктором технических наук, профессором кафедры Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Почиталкиной И.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов  

---

«28» апреля 2025 г., протокол № 5

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «**Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли**», относится к блоку 1 вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологии неорганических веществ.

**Цель дисциплины** – приобретение обучающимися углубленных знаний и практических навыков в области физико-химических основ и технологии получения минеральных удобрений и солей и использование их в профессиональной деятельности.

**Задачи дисциплины** – ознакомление с классификацией промышленных процессов и оборудования, справочной технической литературой и стандартами на технологию его изготовления, развитие способностей к анализу эффективности работы используемого типового оборудования, совершенствованию химико-технологических процессов, а также формирование у обучающихся системных знаний в области технологии неорганических веществ.

Дисциплина «**Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли**», преподается в VII семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения**:

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства)</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p> <p><b>ПК-1.2</b> Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты</p> <p><b>ПК-1.3</b> Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом</p>	<p>Профессиональный стандарт</p> <p><b>26.006</b> Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов</p> <p><b>26.018</b> Аппаратчик ведения технологических процессов на производстве основных неорганических веществ и азотных соединений</p> <p><b>40.011</b> Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам</p> <p><b>А</b> Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы (ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3)</p> <p><b>А/02.5</b> ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3</p> <p><b>40.136</b> Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических</p>

		<p><b>ПК-2</b> Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p> <p><b>ПК-2.2</b> Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада</p> <p><b>ПК-2.3</b> Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных</p> <p>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>процессов и производств в области материаловедения технологии материалов (ПК-3; ПК-4)</p> <p><b>А</b> Разработка, сопровождение и интеграция типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов (ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3)</p>
--	--	---	--	---

		<p><b>ПК-3</b> Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов  <b>ПК-3.2</b> Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов  <b>ПК-3.3</b> Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	
		<p><b>ПК-4</b> Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации  <b>ПК-4.2</b> Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов  <b>ПК-4.3</b> Владеет основами проектирования технологической линии производства для получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- классификацию и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза;
- теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;
- основные типы и конструкции реакторов для проведения процессов;
- методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ;
- системы автоматизированного проектирования технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы;
- технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений.

*Уметь:*

- использовать методы исследования и определения параметров технологичных процессов;
- анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;
- проводить эксперименты по заданным методикам; анализировать результаты экспериментов.

*Владеть:*

- методами расчета необходимых технологических параметров на основе экспериментальных и литературных данных;
- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ;
- определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным;
- программами для построения и оптимизации технологической схемы;
- методами технико-экономической оптимизации технологических схем.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,7</b>	<b>96</b>	<b>60,5/</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки (при наличии)</b>	-	-	-
Лекции	<b>2,00</b>	<b>72</b>	<b>24/</b>
Практические занятия (ПЗ)	0,7	24	14
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3,3</b>	<b>120</b>	<b>74,5</b>
Подготовка к самостоятельной работе	3,3	0,6	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		2,7	74,2
<b>Виды контроля: Экзамен</b>			
Контактная работа	1,00	36	0,2
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1.</b> Общие сведения о продуктах неорганической химии	<b>30</b>	-	<b>4</b>	-	<b>4</b>	-	-	-	<b>22</b>
1.1	Введение	8		1		1				6
1.2	Значение продуктов технологии неорганических веществ в экономике страны.	8	-	1	-	1	-	-	-	6
1.3	Роль удобрений в жизни растений	8	-	1	-	1	-	-	-	6
1.4	Сырьё и энергия для производства кислот, солей и удобрений.	6	-	1	-	1	-	-	-	4
<b>2.</b>	<b>Раздел 2</b> Равновесие и кинетика в технологии неорганических веществ	<b>60</b>	-	<b>20</b>	-	<b>8</b>	-	-	-	<b>32</b>
2.1	Равновесие и кинетика в водносолевых и солеплавких системах	30	-	10	-	4	-	-	-	16
2.2	Применение диаграмм растворимости в технологии неорганических веществ	30	-	10	-	4	-	-	-	16
<b>3.</b>	<b>Раздел 3</b> Типовые процессы и операции в технологии неорганических веществ	<b>62</b>	-	<b>20</b>	-	<b>4</b>	-	-	-	<b>38</b>
3.1	Растворение и кристаллизации солей, разделение солей и природных минералов, термообработка.	40	-	16	-	2	-	-	-	20

3.2	Гигроскопичность и слёживаемость минеральных удобрений	22	-	4	-	2	-	-	-	18
<b>4</b>	<b>Раздел 4</b> Технология основных минеральных удобрений:	<b>64</b>	-	<b>20</b>	-	<b>16</b>	-	-	-	<b>28</b>
4.1	Производство азотных, калийных, фосфорных, сложных, смешанных и микроудобрений.	38	-	12	-	10	-	-	-	16
4.2	Экологические аспекты производства различных видов удобрений	26	-	8	-	6	-	-	-	12
	<b>Экзамен</b>	<b>36</b>		-		-				-
	<b>ИТОГО</b>	<b>252</b>	-	<b>64</b>	-	<b>32</b>	-	-	-	<b>120,0</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### **Раздел 1. Общие сведения о продуктах неорганической химии**

1.1 Введение.

1.2 Значение продуктов технологии неорганических веществ в экономике страны. Классификация и химические свойства сырья, способы его обогащения. Классификация и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза.

1.3 Роль удобрений в жизни растений. Основы агрохимии, классификация почв, обоснование выбора применяемого удобрения. Способы повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

### **Раздел 2. Равновесие и кинетика в технологии неорганических веществ.**

2.1 Равновесие и кинетика в водносолевых и солеплавких системах. Факторы, влияющие на кинетику процесса. Механизмы взаимодействия. Кинетические параметры процесса и их использование в реальных технологических схемах.

2.2 Применение диаграмм растворимости в технологии неорганических веществ. Параметры системы. Физико-химический анализ равновесных диаграмм и основы получения солей и удобрений.

### **Раздел 3. Типовые процессы и операции в технологии неорганических веществ.**

3.1 Растворение и кристаллизации солей, разделение солей и природных минералов, термообработка. Использование справочных данных равновесных диаграмм в конкретных приложениях: обогащение минерального сырья, обоснование выбора способа его химической переработки.

3.2 Процессы охлаждения и нагревания в 2-х и 3-х компонентных системах, графическое построение, расчёты. Процессы упаривания, растворения в 2-х и 3-х компонентных системах, графическое построение, расчёты. Процессы высаливания, графическое построение, расчёты.

3.3 Гигроскопичность и слёживаемость минеральных удобрений. Товарные свойства продуктов. Комплекс мер, обеспечивающих сохранение заявленного качества продуктов.

### **Раздел 4. Технология основных минеральных удобрений:**

4.1 Производство азотных, калийных, фосфорных, сложных, смешанных и микроудобрений. Технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений. Контроль технологических параметров и их взаимосвязь с эффективностью процесса и качеством продукции. Методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ. Аппаратурное оформление технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы.

4.2 Экологические аспекты производства различных видов удобрений. Комплекс мер и технические решения, обеспечивающие защиту окружающей среды. Аналитический контроль в технологии солей и минеральных удобрений.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<b>Знать:</b>				
1	– классификацию и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза;	+	+	+	+
	– теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;	+	+	+	+
	– основные типы и конструкции реакторов для проведения процессов;	+	+	+	+
	– методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ;	+	+	+	+
	– системы автоматизированного проектирования технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы;	+	+	+	+
	– технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений	+	+	+	+
	<b>Уметь:</b>				
2	– использовать методы исследования и определения параметров технологичных процессов;	+	+	+	+
	– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;	+	+	+	+
	– проводить эксперименты по заданным методикам; анализировать результаты экспериментов	+	+	+	+
	<b>Владеть:</b>				
3	– методами расчета необходимых технологических параметров на основе экспериментальных и литературных данных;	+	+	+	+
	– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ;	+	+	+	+
	– определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным;	+	+	+	+
	– программами для построения и оптимизации технологической схемы;	+	+	+	+
	– методами технико-экономической оптимизации технологических схем	+	+	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			

4	<p><b>ПК-1</b> Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p> <p><b>ПК-1.2</b> Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты</p> <p><b>ПК-1.3</b> Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом</p>	+	+	+	+
---	---	--	---	---	---	---

5	<p><b>ПК-2</b> Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p> <p><b>ПК-2.2</b> Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада</p> <p><b>ПК-2.3</b> Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных</p> <p>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	+	+	+	+
6	<p><b>ПК-3</b> Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	<p><b>ПК-3.1</b> Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p> <p><b>ПК-3.2</b> Умеет производить поисковые работы для разработки новых методов производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p> <p><b>ПК-3.3</b> Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	+	+	+	+

7	<p><b>ПК-4</b> Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации</p>	+	+	+	+
		<p><b>ПК-4.2</b> Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	+	+	+	+
		<p><b>ПК-4.3</b> Владеет основами проектирования технологической линии производства для получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	+			

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	<b>Практическое занятие 1 (4 ч).</b> Роль удобрений в жизни растений. Сырьё и энергия для солевых производств.	4
2	2	<b>Практическое занятие 2 (4 ч).</b> Процессы упаривания и растворения в 2-х компонентных системах, построение, расчёты. Процессы охлаждения и нагревания в 2-х компонентных системах, построение, расчёты. <b>Практическое занятие 3 (4ч)</b> Процессы упаривания и растворения в 3-х компонентных системах, построение, расчёты. Процессы охлаждения и высаливания в 3-х компонентных системах, построение, расчёты..	8
3	3	<b>Практическое занятие 4 (4 ч)</b> Процессы растворения и кристаллизация солей, методы разделения солей, термообработка. Гигроскопичность минеральных солей, слёживаемость солевых продуктов, способы снижения слёживаемости.	4
4	4	<b>Практическое занятие 5 (2 ч)</b> Классификация и свойства минеральных удобрений. Способы производства минеральных удобрений. <b>Практическое занятие 6 (9 ч)</b> Азотные удобрения. Калийные удобрения. Фосфорные удобрения. <b>Практическое занятие 7 (3ч)</b> Сложные удобрения. Смешанные и микроудобрения. <b>Практическое занятие 8 (2ч)</b> Экологические аспекты производства различных солей и удобрений	16

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли», не предусмотрен».

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала и подготовку к практическим занятиям и выполнению самостоятельных работ по разделам дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной технической литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовка к аналитической реферативной работе и оформление реферата;
- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине;
- использование рекомендованной технической литературы, электронных баз: РИНЦ, Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts и пакета программ для выполнения графической части работы.

## **8.ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 1, 2, 3 контрольных работ (максимальная оценка 15 баллов за каждую), реферат (максимальная оценка 15 баллов), и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов). Совокупная оценка складывается из оценок за выполнение контрольных работ (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме экзамена с максимальной оценкой 40 баллов из расчета 100 баллов по рейтингу.

### **8.1. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы по одной контрольной по каждому разделу. Максимальная оценка за каждую контрольную работу составляет 15 баллов.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### **Вопрос 1.1.**

1. Роль минеральных солей и удобрений в экономике государства.
2. Возобновляемые и не возобновляемые источники сырья.
3. Сырье для производства фосфорных удобрений, генезис, структура, свойства

#### **Вопрос 1.2.**

1. Классификация природных минералов и ресурсы минеральных солей.
2. Целевой компонент и способы его выделения.
3. Физические методы обогащения минерального сырья

#### **Вопрос 1.3.**

1. Взаимосвязь физиологической кислотности удобрений и их растворимости.
2. Влияние генезиса на состав, структуру и свойства сырья.
3. Значение продуктов технологии неорганических веществ в экономике страны

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### **Вопрос 2.1.**

1. Равновесное состояние водносолевых систем.
2. Понятия фазы, компонентов, степени свободы.
3. Компонентность водносолевых систем.

#### **Вопрос 2.2.**

1. Методы графического построения диаграмм растворимости.
2. Факторы, определяющие кинетику растворения области протекания процесса.

3. Выщелачивание целевого компонента из смеси.

**Вопрос 2.3.**

1. Кристаллизация солей в водных растворах, движущая сила процесса.
2. Механизм процесса кристаллизации.
3. Факторы, влияющие на стадии кристаллизации солей.

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 3 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

**Вопрос 3.1.**

1. Условия получения крупно- и мелкокристаллических осадков.
2. Влияние примесей и сокристаллизация солей.
3. Способы разделения природных минеральных солей, обогащение сырья.

**Вопрос 3.2.**

1. Политермическая диаграмма двухкомпонентной системы, способы изображения.
2. Изотермы и области диаграммы двухкомпонентной системы.
3. Правила соединительной прямой и рычага.

**Вопрос 3.3.**

1. Расчёты по методу материального баланса.
2. Расчёты по методу неизменного компонента.
3. Расчёты по правилу рычага.

**8.2. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

Примеры заданий для реферативно-аналитической работы по дисциплине «Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли».

1. Рассмотреть на примере фосфатного сырья различного генезиса взаимосвязь технологии и свойств солевых продуктов.
2. Экологические аспекты производства нитрата аммония.
3. Технология очистки отходящих газов производства NPK-удобрений от фтористых соединений.

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен)**

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса по 10 баллов за каждый.

**8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – экзамен).**

1. Классификация минеральных удобрений.
2. Изотермическое растворение соли в простой двухкомпонентной системе.
3. Получение аммиачной селитры: физико-химические основы, схема производства.
4. Физико-химические основы получения KCl галлургическим методом.

**8.4. Структура и пример билета для экзамена (6 семестр).**

**8.4.1. Экзамен** по дисциплине «Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли» включает контрольные вопросы по разделам 1 - 4 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам. Максимальная оценка составляет 40 баллов.

«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.	Министерство науки и высшего образования РФ
	Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева
	Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов
	18.03.01 Химическая технология
«__» _____ 2025	

Г	<b>Профиль - Технология неорганических веществ</b>
	<b>Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли</b>
<b>Билет № 1</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Влияние генезиса на состав, структуру и свойства сырья.</li> <li>2. Равновесие между твёрдой и газовой фазами в однокомпонентной системе.</li> <li>3. Трёхкомпонентная система с устойчивыми кристаллогидратами.</li> <li>4. Механизмы образования гранул в грануляторах различных типов.</li> </ol>	

Максимальное количество баллов за *экзамен* (6 семестр) – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. И.А. Петропавловский, Б.А. Дмитриевский, Б.В. Левин, И.А. Почиталкина. Технология минеральных удобрений – СПб.: Проспект науки, 2018. – 312 с.
2. И.А. Петропавловский, Б.А. Дмитриевский, Б.В. Левин, И.А. Почиталкина. Химия и технология минеральных удобрений – СПб.: Проспект науки, 2021. – 343 с.
3. М.Е. Позин. Технология минеральных удобрений и солей. – Л.: Химия, 1989.-352 с.
- 4.А.А. Соколовский, Е.Л. Яхонтова . Применение равновесных диаграмм растворимости в технологии минеральных солей. М.: Химия. 1982.- 264 с.
- 5.Е.Л. Яхонтова, И.А. Петропавловский. Кислотные методы переработки фосфатного сырья. - М.: Химия, 1988. – 288 с.
- 6.Аносов В.А., Озерова М.И., Фиалков Ю.А. Основы физико-химического анализа. – М.: Наука, 1976. – 504 с.
- 7.М.Е. Позин, Р.Ю.Зинюк «Физико-химические основы неорганической технологии». - Л.: Химия. 1985. – 384 с.
- 8.И.М. Кувшинников. Минеральные удобрения и соли. Свойства, способы их улучшения. - М.: Химия. 1986. – 256 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. М.М. Викторов Графические расчеты в технологии неорганических веществ. 3-е изд. Л.: Химия, 1972. - 276 с.
2. Ксензенко В. И., Кононова Г. Н. Теоретические основы процессов переработки галургического сырья. М.: Химия, 1982. - 328 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Презентации к лекциям.

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта.

Научно-технические журналы:

- Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
- Theoretical Foundation of Chemical Engineering. ISSN 0040-5795
- Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
- Химическая технология. ISSN 1684-5811
- Химическая промышленность сегодня. ISSN 0023-11 ОХ

- Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
- Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
- Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
- Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - Книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - Электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://lcweb.loc.go> - Библиотека Конгресса США

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы «Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли» подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 280);
- банк вопросов для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 250);
- банк вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 150).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

### 11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

### 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

- Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Раздел 1. Общие сведения о продуктах неорганической химии	<i>Знает:</i> – классификацию и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза; – теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы	Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр)  Зачет с оценкой

	<p>основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные типы и конструкции реакторов для проведения процессов;</li> <li>– методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– системы автоматизированного проектирования технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы;</li> <li>– технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать методы исследования и определения параметров технологичных процессов;</li> <li>– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;</li> <li>– проводить эксперименты по заданным методикам; анализировать результаты экспериментов</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета необходимых технологических параметров на основе экспериментальных и литературных данных;</li> <li>– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным;</li> <li>– программами для построения и оптимизации технологической схемы;</li> <li>– методами технико-экономической оптимизации технологических схем</li> </ul>	(7 семестр)
--	---	-------------

<p><b>Раздел 2.</b> Равновесие и кинетика в технологии неорганических веществ.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза;</li> <li>– теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;</li> <li>– основные типы и конструкции реакторов для проведения процессов;</li> <li>– методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– системы автоматизированного проектирования технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы;</li> <li>– технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать методы исследования и определения параметров технологических процессов;</li> <li>– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;</li> <li>– проводить эксперименты по заданным методикам; анализировать результаты экспериментов</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета необходимых технологических параметров на основе экспериментальных и литературных данных;</li> <li>– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным;</li> <li>– программами для построения и оптимизации технологической</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр)</p> <p>Зачет с оценкой (7 семестр)</p>
--	---	---

	<p>схемы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами технико-экономической оптимизации технологических схем</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Типовые процессы и операции в технологии неорганических веществ.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза;</li> <li>– теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;</li> <li>– основные типы и конструкции реакторов для проведения процессов;</li> <li>– методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– системы автоматизированного проектирования технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы;</li> <li>– технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать методы исследования и определения параметров технологических процессов;</li> <li>– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;</li> <li>– проводить эксперименты по заданным методикам; анализировать результаты экспериментов</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета необходимых технологических параметров на основе экспериментальных и литературных данных;</li> <li>– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– определения параметров математических моделей</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр)</p> <p>Зачет с оценкой (7 семестр)</p>

	<p>технологических аппаратов по экспериментальным данным;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– программами для построения и оптимизации технологической схемы;</li> <li>– методами технико-экономической оптимизации технологических схем</li> </ul>	
<p><b>Раздел 4</b> Технология основных минеральных удобрений.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию и химические свойства продуктов основного неорганического синтеза;</li> <li>– теоретические основы получения неорганических веществ; механизмы основных неорганических реакций и их общие кинетические закономерности;</li> <li>– основные типы и конструкции реакторов для проведения процессов;</li> <li>– методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических веществ;</li> <li>– системы автоматизированного проектирования технологических процессов и отдельных узлов технологической схемы;</li> <li>– технологические принципы осуществления химических процессов получения, минеральных солей и удобрений</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать методы исследования и определения параметров технологических процессов;</li> <li>– анализировать взаимосвязь технологических параметров с эффективностью процесса и качеством продукции;</li> <li>– проводить эксперименты по заданным методикам; анализировать результаты экспериментов</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета необходимых технологических параметров на основе экспериментальных и литературных данных;</li> <li>– методами теоретического и экспериментального исследования</li> </ul>	<p>Оценка за самостоятельную работу-реферат (7 семестр)</p> <p>Зачет с оценкой (7 семестр)</p>

	<p>технологических процессов производства неорганических веществ;</p> <p>– определения параметров математических моделей технологических аппаратов по экспериментальным данным;</p> <p>– программами для построения и оптимизации технологической схемы;</p> <p>– методами технико-экономической оптимизации технологических схем</p>	
--	---	--

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Технология неорганических веществ: минеральные удобрения и соли»

основной образовательной программы  
18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технология неорганических веществ»

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы проектирования и оборудование химических производств»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена доктором технических наук, профессором кафедры Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Почиталкиной И.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов  
« 28 » апреля 2025 г., протокол № 5

---

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение двух семестров.

Дисциплина **«Основы проектирования и оборудование химических производств»**, относится к блоку 1 вариативной части дисциплин учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области технологии неорганических веществ.

**Цель дисциплины** – создание для обучающихся условий приобретения необходимого для осуществления профессиональной деятельности уровня знаний, умений, навыков в инженерных основах и методах проектирования предприятий по производству неорганических веществ, принципиальных подходах к компоновке оборудования, расчету аппаратов для получения продуктов неорганической технологии с использованием справочной технической литературы.

**Задачи дисциплины** – ознакомление с классификацией промышленных процессов и оборудования, справочной технической литературой и стандартами на технологию его изготовления, развитие способностей к анализу эффективности работы используемого типового оборудования, совершенствованию химико-технологических процессов, а также формирование у обучающихся системных знаний в области технологии неорганических веществ.

Дисциплина **«Основы проектирования и оборудование химических производств»**, преподается в VII-VIII семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p> <p><b>ПК-1.2</b> Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты</p> <p><b>ПК-1.3</b> Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом</p>	<p>Профессиональный стандарт</p> <p><b>26.006</b> Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов</p> <p><b>40.011</b> Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам</p> <p><b>А</b> Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы (ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-1.3; ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3)</p> <p><b>А/02.5</b> ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3</p> <p><b>40.136</b> Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения технологии материалов (ПК-3;</p>

				ПК-4) А Разработка, сопровождение и интеграция типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов (ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3)
		<p><b>ПК-2</b> Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p> <p><b>ПК-2.2</b> Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада</p> <p><b>ПК-2.3</b> Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных</p>	<p>Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С/01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – б).</p>

		<p><b>ПК-4</b> Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации  <b>ПК-4.2</b> Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов  <b>ПК-4.3</b> Владеет основами проектирования технологической линии производства для получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	
--	--	---	--	--

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

*Знать:*

- основные принципы организации проектирования предприятий химической промышленности;
- основные стадии проектирования предприятий химической промышленности;
- исходные данные для проектирования промышленного химического производства;
- последовательность выполнения проектных расчетов, особенности выполнения материальных и тепловых расчетов типовых процессов неорганической химии;
- требования, предъявляемые к технологическому оборудованию;
- классификацию и особенности конструкции оборудования для проведения химико-технологических процессов;

*Уметь:*

- давать технико-экономическое обоснование проекта;
- выбирать стандартные элементы технологических аппаратов и проводить инженерные расчеты по данным источников технической литературы;
- выполнять материальные, технологические, тепловые расчеты при проектировании
- анализировать результаты расчетов;
- анализировать взаимосвязь технологических, конструктивных и механических особенностей аппарата;
- составлять спецификацию технологического оборудования;
- использовать пакеты прикладных программ для оформления графической части КП и ДП химико-технологических аппаратов и технологических схем;

*Владеть:*

- навыками поиска, пользования и анализа технической документации;
- навыками разработки принципиальной и технологической схемы производства и ее комплектования необходимым оборудованием;
- навыками разработки и графического изображения аппаратурно-технологических схем, типового оборудования и его отдельных узлов с помощью программных средств для построения технологических аппаратов и схем.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			7 семестр		8 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>4</b>	<b>80,8</b>	<b>3</b>	<b>32</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,24/2,76</b>	<b>80,8/99,6</b>	<b>1,79/1,22</b>	<b>64,4</b>	<b>0,44</b>	<b>16</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки (при наличии)</b>	-	-	-	-	-	-
Лекции	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>0,44</b>	<b>16</b>
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	0,89	32	0,89	32	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	1,33	48	0,89	32	0,44	16
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	1,33	48	0,89	32	0,44	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-	-	-	-

<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,76/ 2,24</b>	<b>99,6/ 80,8</b>	<b>1,22/ 1,79</b>	<b>44</b>	<b>1,54</b>	<b>55,6</b>
Контактная самостоятельная работа (АттК из УП для зач / зачс оц.)		0,8		0,4		0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (или другие виды самостоятельной работы)	2,76	98,8	1,22	43,6	1,54	55,2
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен (если предусмотрен УП)</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>0,02</b>	<b>0,72</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	1	0,4	0,02	0,72
Подготовка к экзамену.		35,6		35,6		0,72
<b>Вид итогового контроля:</b>				<b>Экзамен</b>	<b>Зач с оц.</b>	

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	<b>Раздел 1. Введение в проектирование.</b>	14	-	8	-	6	-	-	-	14
1.1	Химические предприятия, структура. Основные этапы и организация проектирования химических производств. Проектно-сметная документация. Технико-экономическое обоснование проекта. Исходные данные для проектирования промышленного химического производства. Химические предприятия, структура. Основные этапы и организация проектирования химических производств.	2	-	2	-	1	-	-	-	2
1.2	Критерии выбора конструкционных материалов. Классификация технологического оборудования.	2	-	2	-	1	-	-	-	4

1.3	Классификация сил и напряжений, причины возникновения и их последствия. Классификация деформаций.	6	-	2	-	2	-	-	-	4
1.4	Технико-экономическое обоснование проекта. Исходные данные для проектирования промышленного химического производства.	4	-	2	-	2	-	-	-	4
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Основы проектирования химического оборудования.</b>	<b>50</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>26</b>
2.1	Классификация материалов, химико-технологических процессов и оборудования.	10	-	2	-	2	-	-	-	6
2.2	Общие требования к оборудованию, предусмотренные основными нормативными документами. Правила конструирования технологического оборудования и технология его изготовления. Задачи технологического и механического расчетов.	18	-	2	-	2	-	-	-	6
2.3	Классификация сил и напряжений, причины возникновения и их последствия. Классификация деформаций. Критерии и алгоритм выбора конструкционных материалов.	22	-	4	-	2	-	-	-	14
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Расчет основных узлов и деталей химико-технологического оборудования.</b>	<b>80</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>40</b>

3.1	Мембранная теория в механических расчетах и основные допущения. Основы механического расчета отдельных элементов технологических аппаратов с использованием данных справочной технической литературы.	6	-	2	-	2	-	-	-	2
3.2	Классификация и расчет тонкостенных оболочек на прочность, жесткость и устойчивость конструкции. Эпюры сил и изгибающих моментов, возникающих в оболочке аппарата.	8	-	2	-	2	-	-	-	4
3.3	Фланцы, назначение, классификация, расчет и основные параметры для выбора стандартных элементов по справочной технической литературе.	6	-	2	-	2	-	-	-	2
3.4	Классификация, конструкция и механический расчет теплообменных аппаратов жесткой конструкции и с компенсацией температурных напряжений; колонных аппаратов, аппаратов высокого давления, реакционного оборудования.	60	-	16	-	8	-	-	-	34
	<b>Курсовой проект</b>	<b>108</b>	-	-	-	<b>24</b>	-	-	-	<b>48</b>
1	Принципиальная технологическая схема и ее комплектование основным и вспомогательным оборудованием.	14	-	-	-	8	-	-	-	6
2	Балансовые и механические расчеты типового технологического оборудования	32	-	-	-	8	-	-	-	24

3	Чертежи технологической схемы и основного технологического аппарата с применением пакета прикладных программ	24	-	-	-	8	-	-	-	18
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	-	<b>60</b>	-	<b>20</b>	-	-	-	<b>100</b>
	<i>Экзамен /Зач с оц.</i>	<b>72</b>		-		-				-
	<b>ИТОГО</b>	<b>252</b>								

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### **Раздел 1. Введение в проектирование.**

- 1.1. Проектно-сметная документация.
- 1.2. Химические предприятия, структура.
- 1.3. Основные этапы и организация проектирования химических производств.
- 1.4. Техничко-экономическое обоснование проекта.
- 1.5. Исходные данные для проектирования промышленного химического производства.

### **Раздел 2. Основы проектирования химического оборудования.**

- 2.1. Классификация материалов, химико-технологических процессов и оборудования.
- 2.2. Общие требования к оборудованию, предусмотренные основными нормативными документами. Правила конструирования технологического оборудования и технология его изготовления. Задачи технологического и механического расчетов.
- 2.3. Классификация сил и напряжений, причины возникновения и их последствия. Классификация деформаций. Критерии и алгоритм выбора конструкционных материалов.

### **Раздел 3. Расчет основных узлов и деталей химико-технологического оборудования.**

- 3.1. Мембранная теория в механических расчетах и основные допущения. Основы механического расчета отдельных элементов технологических аппаратов с использованием данных справочной технической литературы.
- 3.2. Классификация и расчет тонкостенных оболочек на прочность, жесткость и устойчивость конструкции. Эпюры сил и изгибающих моментов, возникающих в оболочке аппарата.
- 3.3. Фланцы, назначение, классификация, расчет и основные параметры для выбора стандартных элементов по справочной технической литературе.
- 3.4. Классификация, конструкция и механический расчет теплообменных аппаратов жесткой конструкции и с компенсацией температурных напряжений; колонных аппаратов, аппаратов высокого давления, реакционного оборудования.

### **Курсовой проект**

1. Принципиальная технологическая схема и ее комплектование основным и вспомогательным оборудованием.
2. Балансовые и механические расчеты типового технологического оборудования
3. Чертежи технологической схемы и основного технологического аппарата с применением пакета прикладных программ

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	КП
	<b>Знать:</b>				
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные тенденции развития химической технологии;</li> <li>– основные стадии проектирования предприятий химической промышленности;</li> <li>– исходные данные для проектирования промышленного химического производства;</li> <li>– последовательность выполнения проектных расчетов, особенности выполнения материальных и тепловых расчетов типовых процессов неорганической химии;</li> <li>– требования, предъявляемые к технологическому оборудованию;</li> <li>– классификацию и особенности конструкции оборудования для проведения химико-технологических процессов</li> </ul>	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	<b>Уметь:</b>				
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– давать технико-экономическое обоснование проекта;</li> <li>– выбирать стандартные элементы технологических аппаратов и проводить инженерные расчеты по данным источников технической литературы;</li> <li>– выполнять материальные, технологические, тепловые расчеты при проектировании</li> <li>– анализировать результаты расчетов;</li> <li>– анализировать взаимосвязь технологических, конструктивных и механических особенностей аппарата;</li> <li>– составлять спецификацию технологического оборудования;</li> <li>– использовать пакеты прикладных программ для оформления графической части КП и ДП химико-технологических аппаратов и технологических схем</li> </ul>		+  +	+ + + + + +	+ + + + + +
	<b>Владеть:</b>				
5	– навыками поиска, пользования и анализа технической документации;	+	+	+	+
6	– навыками разработки принципиальной и технологической схемы производства и ее комплектования необходимым оборудованием;	+	+	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>			

7	<p><b>ПК-1</b> Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа</p>	<p><b>ПК-1.1</b> Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса; основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции</p>	+	+	+	+
		<p><b>ПК-1.2</b> Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты</p>	+	+	+	+
		<p><b>ПК-1.3</b> Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом</p>	+	+	+	+

8	<p><b>ПК-2</b> Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками</p> <p><b>ПК-2.2</b> Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада</p> <p><b>ПК-2.3</b> Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных</p> <p>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	+	+	+	+
9	<p><b>ПК-4</b> Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p><b>ПК-4.1</b> Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации</p> <p><b>ПК-4.2</b> Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p> <p><b>ПК-4.3</b> Владеет основами проектирования технологической линии производства для получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	<b>Практическое занятие 1 (2 ч).</b> Проектно-сметная документация. Химическое предприятие, структура. <b>Практическое занятие 2 (2 ч).</b> Технико-экономическое обоснование проекта. Исходные данные для проектирования промышленного химического производства. <b>Практическое занятие 3 (2 ч)</b> Основные этапы и организация проектирования химических производств.	6
2	2	<b>Практическое занятие 4 (2 ч).</b> Силы и напряжения, классификации, причины возникновения и их последствия. Классификация деформаций. Критическое напряжение, деформация. <b>Практическое занятие 5 (2 ч).</b> Характеристики конструкционных материалов, критерии их выбора в соответствии с назначением технологического оборудования и условиями его эксплуатации. <b>Практическое занятие 6 (2 ч).</b> Правила конструирования технологического оборудования и технология его изготовления.	10
3	3	<b>Практическое занятие 7 (2 ч) .</b> Классификация технологического оборудования. Общие требования к оборудованию, предусмотренные основными нормативными документами. <b>Практическое занятие 8 (2 ч) .</b> Расчет основных узлов и деталей химико-технологического оборудования. Мембранная теория в механических расчетах и основные допущения. <b>Практическое занятие 9 (2 ч) .</b> Особенности конструкции и расчет тонкостенных оболочек на прочность, жесткость и устойчивость конструкции. <b>Практическое занятие 10 (2 ч) .</b> Эпюры сил и изгибающих моментов, возникающих в тонкой оболочке аппарата. <b>Практическое занятие 11. (2 ч)</b> Особенности конструкции фланцев, их механический расчет и выбор по справочной технической литературе.	20

		<p><b>Практическое занятие 12. (2 ч)</b> Особенности конструкции и механический расчет теплообменных аппаратов жесткой конструкции.</p> <p><b>Практическое занятие 13. (2 ч)</b> Особенности конструкции и механический расчет теплообменных аппаратов с компенсацией температурных напряжений.</p> <p><b>Практическое занятие 14. (2 ч)</b> Особенности конструкции колонных аппаратов, механический расчет.</p> <p><b>Практическое занятие 15. (2 ч)</b> Особенности конструкции и механический расчет аппаратов высокого давления.</p> <p><b>Практическое занятие 16. (2 ч)</b> Особенности конструкции и механический расчет реакционного оборудования.</p>	
КП	КП	<p><b>Практическое занятие 1. (4 ч)</b> Обоснование и выбор технологической схемы. Выбор материала, конструкции технологического аппарата и способа его изготовления.</p> <p><b>Практическое занятие 2. (4 ч)</b> Балансовые расчеты типового технологического оборудования.</p> <p><b>Практическое занятие 3. (2 ч)</b> Механические расчеты типового технологического оборудования</p> <p><b>Практическое занятие 4. (2 ч)</b> Комплектование технологической схемы.</p> <p><b>Практическое занятие 5. (4 ч)</b> Чертеж технологической схемы. Чертеж основного аппарата.</p>	16

## 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «**Основы проектирования и оборудование химических производств**», не предусмотрен».

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала и подготовку к практическим занятиям и выполнению самостоятельных работ по модулям дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной технической литературы, и работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;

- подготовку к сдаче экзамена по дисциплине;
- выполнение курсовой работы с использованием рекомендованной технической литературы, электронных баз: РИНЦ, Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts и пакета программ для выполнения графической части работы.

## **8.ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение 1 и 2 контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов за каждую), и итогового контроля в форме *экзамена* (максимальная оценка 40 баллов). Совокупная оценка за курсовой проект складывается из оценок за выполнение *расчетно-пояснительной записки и чертежей* (максимальная оценка 60 баллов) и итогового контроля в форме защиты. Максимальная оценка на зачете составляет 40 баллов из расчета 100 баллов по рейтингу.

### **8.1.Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

Реферативно-аналитическая работа по «**Основы проектирования и оборудование химических производств**» не предусмотрена.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено 3 контрольных работы (одной контрольная работа по разделу 1 и две контрольных работы по разделу 2). Максимальная оценка за каждую контрольную работу 1 составляет 20 баллов.

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### **Вопрос 1.1.**

1. Проект промышленного предприятия
2. Основные этапы и организация проектирования химических производств.
3. Выбор района размещения предприятия и площадки строительства

#### **Вопрос 1.2.**

1. Регламент цеха, структура, содержание
2. Оборудование, подведомственное Ростехнадзору, требования, предъявляемые к нему.
3. Классификация деформаций.

#### **Вопрос 1.3.**

1. Классификация конструкционных материалов.
2. Коэффициент стандартизации, факторы, влияющие на его величину.
3. Классификация сил и напряжений

#### **Вопрос 1.4.**

1. Классификация сил и напряжений
2. Классификация деформаций.
3. Основные виды нагрузок, действующие на технологический аппарат.

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### **Вопрос 2.1.**

1. Мембранная теория в механических расчетах, основные допущения.
2. Аппараты, к которым не применима мембранная теория.
3. Коэффициент стандартизации, факторы, влияющие на его величину.

#### **Вопрос 2.2.**

1. Фланцы, конструкция, классификация.
2. В чем заключается расчет на прочность, привести на конкретном примере.

3.Разновидности крышек и днищ, область применения.

**Вопрос 2.3.**

- 1.Классификация технологических аппаратов по фазовым группам.
- 2.В чем заключается механический расчет горизонтального футерованного резервуара.
- 3.Отбортовка, назначение.

**Вопрос 2.4.**

- 1.Классификации емкостного оборудования.
- 2.Ребра жесткости, назначение, варианты установки.
3. Классификация цилиндрических обечаек.

**Раздел2. Примеры вопросов к контрольной работе № 3. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 10 баллов за вопрос.**

**Вопрос 3.1.**

1. Аппараты высокого давления, назначение, способы их изготовления.
2. Шпилька, назначение, конструкция. Ответ проиллюстрировать.
3. Регулирование температуры в реакционных аппаратах с неподвижным слоем катализатора. Пояснить на конкретном примере.

**Вопрос 3.2.**

1. Графический метод определения коэффициента конических днищ, его применение в механических расчетах.
2. Условия применимости расчетной формулы для определения толщины стенки тонкой короткой обечайки.
3. В чем заключается проверка фланцевого соединения на прочность.
4. Эпюра изгибающих моментов в горизонтальном резервуаре, способы нивелирования напряжений.

**Вопрос 3.3.**

1. Теплообменные аппараты жесткой конструкции, условие их применения, причины возникновения температурных напряжений, способы их нивелирования.
- 2.На чем основано действие компенсатора температурных напряжений, пояснить на примере расчетных формул.
- 3.Привести и пояснить схему температурных деформаций трубок и корпуса теплообменного аппарата жесткой конструкции.
- 4.Алгоритм расчета болтовой нагрузки.

**Вопрос 3.4.**

- 1.Аппараты высокого давления, назначение, способы их изготовления.
- 2.Герметичность аппаратов высокого давления, материалы, используемые для этих целей.
- 3.Классификация напряжений, возникающих в аппаратах высокого давления.
- 4.Обтюраторы, определение, назначение, разновидности.

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – экзамен, 8 семестр – зачет с оценкой).**

Экзаменационный билет включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса по 10 баллов за каждый.

**8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (7 семестр – экзамен).**

- 1.Что подразумевается под ТЭО проекта?
- 2.Меридиональные напряжения, условия их возникновения, обозначение, способы нивелирования.
- 3.Закона Гука и его применение для расчета т/о аппаратов.
- 4.Полочный контактный аппарат: назначение, конструкция, принцип работы. Эскиз

### 8.3.2 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (8 семестр – зачет с оценкой).

1. Герметичность аппарата.
2. Обоснование выбора конструкционного материала.
3. Технология изготовления аппарата.
4. Прочность аппарата в условиях эксплуатации и в условиях монтажа.

### 8.4. Структура и пример билета для экзамена (7 семестр).

**8.4.1. Экзамен** по дисциплине «*Основы проектирования и оборудование химических производств*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам. Максимальная оценка составляет 40 баллов.

<p>«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <hr/> <p>«__» _____ 2024 г</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология</b>
	<b>Профиль - Технология неорганических веществ</b>
<b>Основы проектирования и оборудование химических производств</b>	
<b>Билет № 1</b>	
<p>1. Краевые и распорные напряжения, места возникновения, способы их нивелирования</p> <p>2. Фланцы, конструкция, классификация.</p> <p>3. Теплообменные аппараты жесткой конструкции, условие их применения, причины возникновения температурных напряжений, способы их нивелирования. Ответ проиллюстрировать.</p> <p>4. Шпилька, назначение, особенности конструкции, обеспечивающие минимизацию рабочих напряжений. Ответ проиллюстрировать.</p>	

**8.4.2. Зачет с оценкой** по дисциплине «*Основы проектирования и оборудование химических производств*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам. Максимальная оценка на зачете 40 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p>«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <hr/> <p>«__» _____ 2024 г</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология</b>
	<b>Профиль - Технология неорганических веществ</b>
<b>Основы проектирования и оборудование химических производств</b>	
<b>Билет № 2</b>	
<p>1. Преимущества представленной схемы производства в сравнении с аналогами.</p> <p>2. Указать места возникновения распорных напряжений в корпусе аппарата и способы их</p>	

нивелирования.

3. Полное осевое усилие и его связь с герметичностью аппарата.
4. Технология изготовления основного аппарата.

Максимальное количество баллов за *экзамен* (7 семестр) – 40 баллов, за *зачет с оценкой* (8 семестр) – 40 баллов.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### **А. Основная литература**

1. Основы проектирования химических производств. Под ред. А.И. Михайличенко. М.: ИКЦ «Академкнига». 2005. - 332 с.
2. И. А. Почиталкина, И. А. Петропавловский, И. А. Филенко. Основы проектирования и оборудование: учеб. пособие / М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2016. – 56 с

#### **Б. Дополнительная литература**

1. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия. 1991. - 493 с.
2. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Л.: Химия. 1999. - 176 с.
3. Технология аммиачной селитры, под ред. В. М. Олевского, М., 1991. 311 с.
4. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. Л.: Машиностроение. 1970.- 752 с.
5. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. М.: Высшая школа. 1986. - 280 с.
6. Тетеревков А.И., Печковский В.В. Оборудование заводов неорганических веществ и основы проектирования. Минск: Высшая школа. 1981. - 335 с.
7. Хуснутдинов В.А., Сайфуллин Р.С., Хабибуллин И.Г. Оборудование производств неорганических веществ. Л.: Химия. 1987. - 247 с.
8. Гринберг Я.И. Проектирование химических производств. Л.: Химия. 1970. - 269 с.
9. Гуревич Д.А. Проектные исследования химических производств. М.: Химия. 1976. - 208 с.
10. Чернобыльский М.Н., Бондарь А.Г., Раевский В.А. Машины и аппараты химических производств. М.: Машиностроение. 1975. - 454 с.
11. Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные материалы. М.: Химия, 1983, - 304 с.
12. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984, - 592 с.
13. Захаров В.П., Берлин А.А., Монаков Ю.Б., Дебердеев Р.Я. Физико-химические основы протекания быстрых жидкофазных процессов. М.: Наука, 2008. – 348 с.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению курсового проекта.

Научно-технические журналы:

- Теоретические основы химической технологии. ISSN 0040-3571
- Theoretical Foundation of Chemical Engineering. ISSN 0040-5795

- Журнал прикладной химии. ISSN 0044-4618
- Химическая технология. ISSN 1684-5811
- Химическая промышленность сегодня. ISSN 0023-11 ОХ
- Доклады Академии наук. ISSN 0869-5652
- Журнал физической химии. ISSN 0044-4537
- Известия вузов. Химия и химическая технология. ISSN 0579-2991
- Известия РАН. Серия химическая. ISSN 0002-3353

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - Книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - Электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека
- <http://lcweb.loc.go> - Библиотека Конгресса США

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы «*Основы проектирования и оборудование химических производств*» подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 280);
- банк вопросов для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 250);
- банк вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 150).

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 г. составляет 1 716 243 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым

дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине **«Основы проектирования и оборудование химических производств»** проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

- Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.
- Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных.

### 11.2. Учебно-наглядные пособия:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

### 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

- Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

- Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
1. Введение проектирование.	<p><b>в</b> <i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- требования, предъявляемые к технологическому оборудованию;</li> <li>- классификации технологического оборудования;</li> </ul>	Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр)

	<p>- основные механические характеристики материалов;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>- применять теоретические знания по технологии неорганических веществ при решении поставленных задач;</p> <p>- выбирать конструкционные материалы по справочной литературе в соответствии с назначением оборудования и условиями его эксплуатации;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>- навыками поиска, пользования и анализа технической документации.</p>	Оценка за экзамен (7 семестр)
<b>2. Основы проектирования химического оборудования.</b>	<p><i>Знает:</i></p> <p>- основные элементы конструирования химических аппаратов (материалы, их свойства; защита от коррозии; теплоизоляция и др.);</p> <p>- основные химические производства и общие закономерности химических процессов;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>- выбирать стандартные элементы технологических аппаратов;</p> <p>- проводить поверочные расчеты по данным источников технической литературы и анализировать результаты расчетов;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>- навыками поиска, пользования и анализа технической документации;</p> <p>- навыками комплектования технологической схемы необходимым оборудованием;</p>	<p>Оценка за контрольную работу №2, 3 (7 семестр)</p> <p>Оценка за экзамен (7 семестр)</p>
<b>3. Расчет основных узлов и деталей химико-технологического оборудования.</b>	<p><i>Знает:</i></p> <p>- основные принципы организации проектирования предприятий химической промышленности;</p> <p>- основные стадии проектирования;</p> <p>- последовательность разработки технологической схемы;</p> <p>- требования, предъявляемые к технологическому оборудованию;</p> <p>- классификации технологического оборудования;</p> <p>- основные элементы конструирования химических аппаратов (материалы, их свойства;</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 3 и самостоятельную работу (7 семестр)</p> <p>Оценка за <i>экзамен</i> (7 семестр)</p>

	<p>защита от коррозии; теплоизоляция и др.);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности аппаратов, работающих под атмосферным, избыточным давлением;</li> <li>- основные химические производства и общие закономерности химических процессов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать стандартные элементы технологических аппаратов;</li> <li>- проводить балансовые и поверочные механические расчеты по данным источников технической литературы и анализировать полученные результаты;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска, пользования и анализа технической документации.</li> </ul>	
<p><b>КП</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы организации проектирования предприятий химической промышленности;</li> <li>- основные стадии проектирования;</li> <li>- последовательность разработки технологической схемы;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять спецификацию технологического оборудования;</li> <li>- комплектовать схемы необходимым технологическим оборудованием;</li> <li>- выполнять и читать чертежи аппаратов и схем технологических процессов;</li> <li>- использовать пакеты прикладных программ для оформления графической части курсового проекта и выпускной квалификационной работы;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска, пользования и анализа технической документации;</li> <li>- навыками разработки принципиальной и технологической схемы производства и ее комплектования необходимым оборудованием;</li> <li>- программными средствами для построения технологических аппаратов и схем.</li> </ul>	<p>Оценка за самостоятельную работу (8 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой – защита курсового проекта</i> (8 семестр)</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Основы проектирования и оборудование химических производств»**

**основной образовательной программы**  
18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технология неорганических веществ»

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Адсорбция в технологии неорганических веществ»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена д.х.н., профессором, профессором кафедры Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, М.Б. Алехиной

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов  

---

«28» апреля 2025 г., протокол № 5

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина **«Адсорбция в технологии неорганических веществ»** относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, «Дисциплины по выбору» учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку по базовым дисциплинам рабочего учебного плана естественно-научного цикла, таких как «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Аналитическая химия», «Коллоидная химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Инструментальные методы физико-химического анализа в технологии неорганических веществ» и других.

**Цель дисциплины** состоит в приобретении обучающимися знаний и формировании компетенций в области адсорбционных технологий по профилю технологии неорганических веществ.

### **Задачи дисциплины:**

- формирование у студентов базовых знаний и основных понятий теории адсорбции;
- получение необходимых знаний о принципах использования адсорбционных явлений в современных технологиях и современных подходах к оценке эффективности технологии;
- формирование у обучающихся представления об особенностях технологии адсорбционных процессов, связанных с применяемыми способами регенерации адсорбентов;
- получение необходимых знаний о методах расчета адсорбционных установок на примерах типовых процессов;
- получение представлений о перспективах развития рынка адсорбентов и адсорбционных технологий.

Дисциплина **«Адсорбция в технологии неорганических веществ»** преподается в 6-ом семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**



			профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ	Химическое, химико-технологическое	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические	ПК-4.1. Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации.	40.136. Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических

<p>поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.</p>	<p>производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами</p>	<p>ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</p>	<p>процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов. А. Разработка, сопровождение и интеграция типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов.  (уровень квалификации – 6).</p>
---	---	--	---	---

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

**Знать:**

- основные понятия в теории адсорбции и свойства адсорбционных систем;
- типы промышленных адсорбентов;
- особенности массо- и теплопереноса при адсорбции и десорбции;
- классификацию адсорбционных процессов по способам регенерации адсорбентов;
- основные принципы организации адсорбционных процессов на примерах получения неорганических продуктов;
- основные технологические и аппаратурные особенности процессов.

**Уметь:**

- находить взаимосвязь между природой системы адсорбтив-адсорбент и процессами, которые могут в ней протекать; правильно сформулировать задачу при постановке адсорбционных исследований и разработать путь ее решения;
- подобрать адсорбенты для конкретных процессов;
- составить и рассчитать материальный и тепловой балансы процесса, исходя из заданных условий;
- составить принципиальную схему и провести технологический расчет адсорбционной установки.
- проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов.

**Владеть:**

- методами получения и обработки экспериментальных данных по адсорбционным системам;
- методами анализа результатов определения термодинамических характеристик адсорбционных систем;
- методами расчета и организации адсорбционных процессов;
- сведениями об особенностях адсорбционных технологий и оборудования.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Виды учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч	Астр. ч
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48,6</b>
Лекции	0,9	32	24,3
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24,3
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>2,2</b>	<b>80</b>	<b>59,4</b>
Контактная самостоятельная работа ( <i>АттК из УП для зач / зач с оц.</i> )			
Самостоятельное изучение разделов дисциплины			
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Введение в дисциплину</b>	<b>20</b>	-	<b>6</b>	-	<b>2</b>	-	-	-	<b>12</b>
1.1	Основные понятия в теории адсорбции.	8	-	2	-	-	-	-	-	6
1.2	Краткие сведения о промышленных адсорбентах	12	-	4	-	2	-	-	-	6
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Физико-химические и инженерные основы адсорбционных процессов получения неорганических веществ</b>	<b>54</b>		<b>8</b>		<b>16</b>	-	-	-	<b>30</b>
2.1	Адсорбционное равновесие	12	-	2	-	4	-	-	-	6
2.2	Кинетика адсорбции.	12	-	2	-	4	-	-	-	6

2.3	Массообмен в адсорбционных процессах. Распределение концентрации адсорбтива по слою адсорбента при изотермической адсорбции компонента из газовых сред. Модели фронтальной динамики адсорбции в зернистом слое: изотермическая равновесная и изотермическая неравновесная модели адсорбции. Расчет высоты слоя адсорбента в аппарате с использованием уравнений Шилова и ЖЗТ.	30	-	4	-	8	-	-	-	18
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Технология адсорбционных процессов</b>	<b>69,6</b>	-	<b>18</b>	-	<b>14</b>	-	-	-	<b>37,6</b>
3.1	Методы реактивации и регенерации адсорбентов. Классификация адсорбционных процессов по способам регенерации.	8	-	2	-	-	-	-	-	6
3.2	Процессы с однократным использованием адсорбента.	8	-	2	-	-	-	-	-	6
3.3.	Процессы с реактивацией адсорбента. Применение активированных углей в процессе водоподготовки. Технологическая схема, типы адсорберов и технологический режим водоподготовки.	16	-	4	-	4	-	-	-	8

3.4	Циклические процессы, принципы построения циклограмм, организация процессов, подбор адсорбентов, примеры использования. Дезактивация адсорбентов, ее причины и возможности их устранения.	14	-	4	-	2	-	-	-	8
3.5.	Процессы осушки газов с термической регенерацией адсорбента. Принципиальная схема, технология процесса, адсорбенты-осушители, конструктивные особенности основного оборудования.	12		4	-	4	-	-	-	4
3.6	Короткоцикловые процессы с безнагревной регенерацией адсорбента (КЦА). Осушка газов. Адсорбционное разделение воздуха. Основные технологические и аппаратурные особенности процессов.	12	-	2	-	4	-	-	-	6
	<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>80</b>

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Введение в дисциплину

- 1.1. Основные понятия в теории адсорбции.
- 1.2. Краткие сведения о промышленных адсорбентах (активные угли, цеолиты, силикагели, активный оксид алюминия и алюмогели): синтез, свойства, применение.

### Раздел 2. Физико-химические и инженерные основы адсорбционных процессов получения неорганических веществ

- 2.1. Адсорбционное равновесие.
- 2.2. Кинетика адсорбции.
- 2.3. Массообмен в адсорбционных процессах. Распределение концентрации адсорбтива по слою адсорбента при изотермической адсорбции компонента из газовых сред. Модели фронтальной динамики адсорбции в зернистом слое: изотермическая равновесная и изотермическая неравновесная модели адсорбции. Расчет высоты слоя адсорбента в аппарате с использованием уравнений Шилова и ЖЗТ.

### Раздел 3. Технология адсорбционных процессов

- 3.1. Методы реактивации и регенерации адсорбентов. Классификация адсорбционных процессов по способам регенерации.
- 3.2. Процессы с однократным использованием адсорбента.
- 3.3. Процессы с реактивацией адсорбента. Применение активированных углей в процессе водоподготовки. Технологическая схема, типы адсорберов и технологический режим водоподготовки.
- 3.4. Циклические процессы, принципы построения циклограмм, организация процессов, подбор адсорбентов, примеры использования. Дезактивация адсорбентов, ее причины и возможности их устранения.
- 3.5. Процессы осушки газов с термической регенерацией адсорбента. Принципиальная схема, технология процесса, адсорбенты-осушители, конструктивные особенности основного оборудования.
- 3.6. Короткоцикловые процессы с безнагревной регенерацией адсорбента (КЦА). Осушка газов. Адсорбционное разделение воздуха. Основные технологические и аппаратурные особенности процессов.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
<b>Знать:</b>				
1	- основные понятия в теории адсорбции и свойства адсорбционных систем; - типы промышленных адсорбентов	1	-	-
2	- особенности массо- и теплопереноса при адсорбции и десорбции; - классификацию адсорбционных процессов по способам регенерации адсорбентов;	1	2	3
3	- основные принципы организации адсорбционных процессов на примерах получения неорганических продуктов; - основные технологические и аппаратурные особенности процессов.	-	2	3
<b>Уметь:</b>				
3	– находить взаимосвязь между природой системы адсорбтив-адсорбент и процессами, которые могут в ней протекать; - правильно сформулировать задачу при постановке адсорбционных исследований и разработать путь ее решения;	1	2	-
4	– подобрать адсорбенты для конкретных процессов; – составить и рассчитать материальный и тепловой балансы процесса, исходя из заданных условий;	1	2	3
5	– составить принципиальную схему и провести технологический расчет адсорбционной установки. – проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов.	-	2	3
<b>Владеть:</b>				
5	- методами получения и обработки экспериментальных данных по адсорбционным системам; – методами анализа результатов определения термодинамических характеристик адсорбционных систем;	1	2	3
6	– методами расчета и организации адсорбционных процессов; – сведениями об особенностях адсорбционных технологий и оборудования.	-	2	3

В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие <i>компетенции и индикаторы их достижения: (перечень из п.2)</i>							
	<b>Код и наименование УК (перечень из п.2)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения УК (перечень из п.2)</b>	1	2	3		
7	– ...	–					
8	– ...	–					
	<b>Код и наименование ОПК (перечень из п.2)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ОПК (перечень из п.2)</b>					
9	– ...	–					
10	–	–					
	<b>Код и наименование ПК (перечень из п.2)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК (перечень из п.2)</b>					
	ПК-2. Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1. ПК-2.1. Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками ПК-2.2. Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада	1	2	3		

11	ПК-4. Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ПК-4.1. Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации.</li> <li>– ПК-4.2. Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов</li> </ul>	1	2	3		
----	--	--	---	---	---	--	--

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Выбор сорбентов под конкретную задачу, исходя из его свойств и свойств адсорбтива	2
2	2	Расчет параметров пористой структуры адсорбентов и величины адсорбции по уравнениям ТОЗМ. Определение текстурных характеристик адсорбента по экспериментальной изотерме адсорбции азота	4
3	2	Расчет общего коэффициента массопередачи при адсорбции паров воды на цеолитах.	4
4	2	Определение продолжительности работы зернистого слоя в условиях применимости равновесной и неравновесной изотермических моделей динамики адсорбции. Применение уравнений ЖЗТ для расчета высоты слоя адсорбента в аппарате.	8
5	3	Выбор технологической схемы водоподготовки с реактивацией адсорбента. Принципы построения циклограмм.	6
6	3	Расчет установки осушки метана на цеолитах с термопродувочной регенерацией слоя. Расчет материального баланса и тепловых балансов процесса на стадиях десорбции и охлаждения зернистого слоя.	4
7	3	Расчет установок короткоцикловой безнагревной адсорбции. Расчет и анализ материального баланса, продолжительности цикла, построение циклограмм, обсуждение схем процесса, особенностей кинетики и динамики.	4

### 6.2 Лабораторные занятия

Лабораторный практикум по дисциплине «Адсорбция в технологии неорганических веществ» не предусмотрен.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (6 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине складывается из оценок за выполнение двух контрольных работ (максимальная оценка 30 баллов за каждую) и итогового контроля в форме **зачета с оценкой** (максимальная оценка 40 баллов).

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы.**

*Реферативно-аналитическая работа не предусмотрена.*

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

Для текущего контроля предусмотрено две контрольные работы (по одной контрольной работе по каждому разделу). Максимальная оценка за контрольные работы в семестре составляет 30 баллов за каждую.

**Разделы 1 и 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 1. Контрольная работа содержит один вопрос и одну задачу, по 15 баллов за вопрос и 15 баллов за задачу.**

#### **Примеры вопросов**

1. Силы, обуславливающие адсорбцию.
2. Назовите составляющие общей энергии взаимодействия при адсорбции
3. Распределение сил над плоской поверхностью и в микропорах адсорбента.
4. Виды пор в адсорбентах.
5. Механизмы адсорбции в микро-, мезо- и макропорах.
6. Молекулярно-ситовой эффект. Какие адсорбенты обладают этими свойствами? Приведите примеры.
7. Адсорбционное равновесие. Основные концепции, описывающие равновесие на поверхности и в микропорах адсорбентов
8. Изотермы, изобары и изостеры адсорбции. Связь теплоты адсорбции и изостеры адсорбции.
9. Методы измерения изотерм адсорбции.
10. Тип изотермы адсорбции паров воды на активированных углях. Опишите механизм взаимодействия.
11. Основные уравнения, описывающие равновесие при адсорбции.
12. Теория объемного заполнения микропор: основные положения, возможности и ограничения при использовании для расчета адсорбционного равновесия
13. Структура, химия поверхности и адсорбционные свойства активных углей
14. Структура, характер поверхности и адсорбционные свойства силикагелей
15. Структура, характер поверхности и адсорбционные свойства активного оксида алюминия
16. Структура цеолитов и их адсорбционные свойства. Молекулярно-ситовые свойства, ионообменные свойства. Первичные и вторичные поры в цеолитовых адсорбентах.

17. Основные уравнения для внешнедиффузионной кинетики. Коэффициент внешней массоотдачи.
18. Виды переноса внутри гранул адсорбентов. Коэффициент внутренней массоотдачи по Глюкауфу.
19. Продольно-диффузионный массоперенос. Расчет эффективного коэффициента продольной массоотдачи по Годесу-Биксону.
20. Уравнение аддитивности диффузионных сопротивлений.
21. Фронтальная динамика изотермической равновесной адсорбции (десорбции): уравнения Вильсона и Викке. Иллюстрируйте примерами для изотерм разного вида.
22. Изменения конфигурации адсорбционных фронтов при различных направлениях движения потока и различных начальных распределениях адсорбата в слое в случае реализации режима фронтальной динамики изотермической равновесной адсорбции.
23. Квазистационарный перенос адсорбционного фронта. Уравнение Шилова.
24. Фронтальная динамика изотермической неравновесной адсорбции. Уравнения ЖЗТ.
25. Сравнительные характеристики равновесных и неравновесных моделей фронтальной изотермической адсорбции.

### Примеры задач

1. Назовите составляющие общей энергии при адсорбции азота на цеолите NaX. Молекула азота обладает квадрупольным моментом.
2. Рассчитать величину адсорбции паров бензола на активном угле при его концентрации в потоке газа-носителя  $C_0 = 2 \text{ г/м}^3$  при  $30^\circ\text{C}$ . Плотность бензола составляет  $0,87 \text{ г/см}^3$ , а давление насыщенного пара  $p_s = 15,7 \text{ кПа}$ . Предельный объем микропор в адсорбенте  $0,42 \text{ см}^3/\text{г}$ ,  $E_0 = 20,8$  (для стандартного пара азота). Коэффициент аффинности бензола  $\beta = 3,05$ .
3. Коэффициент диффузии в гранулах адсорбента диаметром  $0,5 \text{ мм}$  составляет  $0,02 \text{ см}^2/\text{с}$ . Найдите кажущийся коэффициент внутренней массоотдачи по Глюкауфу.
4. Осушку водорода осуществляют, пропуская его через слой силикагеля со скоростью  $5 \text{ м/мин}$ . Равновесная емкость адсорбента по парам воды в условиях осушки составляет  $20 \text{ г/100 г}$ , концентрация воды в потоке  $6 \text{ г/м}^3$ . Рассчитайте скорость движения квазистационарного адсорбционного фронта и ПВс. Насыпная плотность силикагеля равна  $0,6 \text{ г/см}^3$ .
5. Определить время защитного действия слоя адсорбента высотой  $4 \text{ м}$  при фиктивной скорости газового потока  $w_\phi = 0,1 \text{ м/с}$ . Начальная концентрация примеси  $C_0 = 30,5 \text{ г/м}^3$ , проскоковая концентрация  $3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ . Равновесная емкость слоя адсорбента  $a_0 = 103 \text{ кг/м}^3$ . Общий коэффициент массопереноса на единицу объема слоя  $\beta_0 = 0,25 \text{ с}^{-1}$ . Адсорбент работает в области насыщения на изотерме адсорбции.

### Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2. Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 15 баллов за вопрос.

1. Классификация адсорбционных процессов по назначению.
2. Классификация адсорбционных процессов по способу контакта адсорбционного слоя и очищаемого потока.
3. Методы регенерации адсорбентов. Достоинства и недостатки каждого из методов.
4. Классификация адсорбционных процессов по методам регенерации адсорбентов.
5. Области и условия применения адсорбционных процессов с однократно используемым адсорбентом
6. Типы процессов с многократным использованием адсорбента.
7. Дайте определения регенерации и реактивации. Назовите разграничения между ними по значению ПВс.
8. Водоподготовка с использованием активированных углей. Конструкции

адсорберов. Реактивация активных углей.

9. Термическая регенерация адсорбента. Достоинства и недостатки метода.
10. Снижение давления в системе, как метод регенерации адсорбента. Достоинства и недостатки метода.
11. Вытеснительная десорбция, как метод регенерации адсорбента. В каких случаях целесообразно использование этого метода регенерации адсорбента?
12. Изотермическая продувка в качестве метода регенерации. Достоинства и недостатки метода.
13. Приведите примеры процессов с реактивацией адсорбента.
14. Непрерывные и периодические процессы. Приведите примеры непрерывных и периодических адсорбционных процессов.
15. Типы циклических адсорбционных процессов. Понятие о циклограммах.
16. Циклограмма адсорбционного процесса осушки газов с нагревной регенерацией адсорбента.
17. Циклограмма адсорбционного процесса осушки газов с безнагревной регенерацией адсорбента.
18. Почему процессы адсорбционной очистки газов с противоточной регенерацией адсорбентов используют чаще, чем процессы с прямоточной регенерацией?
19. Основные стадии циклических процессов, проводимых с применением тепла для регенерации адсорбентов.
20. Варианты организации термопродувочной регенерации адсорбента.
21. Аппаратурное оформление адсорбционных процессов с регенерацией адсорбента прямым вводом тепла теплоносителем – газом.
22. Области применения процессов с термопродувочной регенерацией.
23. Дезактивация и старение адсорбентов. Причины дезактивации и возможности их устранения.
24. Углеродные адсорбенты: области применения в технологии неорганических веществ.
25. Применение силикагелей в технологии неорганических веществ.
26. Активный оксид алюминия и алюмогели. Достоинства и недостатки адсорбентов. Приведите примеры использования.
27. Природные и синтетические цеолиты, как адсорбенты в неорганической технологии. Приведите примеры использования.
28. Абсолютное и относительное влагосодержание газов: определения и единицы измерения.
29. Адсорбенты, применяемые в процессах осушки газов.
30. Технологические свойства промышленных адсорбентов-осушителей.
31. Изменения концентрации газа и активности адсорбента в начальной стадии процесса осушки (процесс с термопродувочной регенерацией адсорбента). Имитация циклов процесса по изотерме адсорбции.
32. Степень осушки. От чего зависит степень осушки газа в процессе TSA?
33. Основные конструкции адсорберов для процессов осушки газов
34. Циклограмма и схема двухадсорберной установки осушки газов с термопродувочной регенерацией.
35. Циклограмма и варианты схем трехадсорберной установки осушки газов с термопродувочной регенерацией. Достоинства и недостатки каждого варианта схемы.
36. Область применения процессов с термопродувочной регенерацией адсорбента.
37. Конструкция адсорберов в процессах с термопродувочной регенерацией адсорбента.
38. Блок подготовки газа к осушке: назначение блока, организация, основное оборудование.
39. Назначение схем с закрытым циклом регенерации.

40. Принципиальная схема двухадсорберного процесса осушки воздуха с нагревной регенерацией адсорбента.
41. Расчет установки осушки природного газа. Структура тепловых балансов.
42. Старение и дезактивация адсорбентов в процессах осушки с нагревной регенерацией.
43. Условия осуществимости процессов с безнагревной регенерацией адсорбента.
44. Циклограмма адсорбционного процесса осушки воздуха с безнагревной регенерацией адсорбента.
45. Циклограмма и схема безнагревной установки осушки воздуха по Скарстрому.
46. Распределения концентраций адсорбата в безнагревном процессе осушки газа по Скарстрому.
47. Адсорбционное разделение воздуха. Применяемые адсорбенты.
48. Получение кислорода методом КЦА: циклограмма и схема.
49. Получение азота путем разделения воздуха методом КЦА.
50. Основные технологические и аппаратурные особенности процессов адсорбционного разделения воздуха.

### **8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины**

#### **8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (зачет с оценкой).**

Билет для зачета с оценкой включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 3 вопроса. 1 вопрос – 10 баллов, вопрос 2 – 10 баллов, вопрос 3 – 10 баллов.

1. Силы, обуславливающие адсорбцию.
2. Назовите составляющие общей энергии взаимодействия при адсорбции
3. Распределение сил над плоской поверхностью и в порах адсорбента.
4. Виды пор в адсорбентах.
5. Механизмы адсорбции в микро-, мезо- и макропорах.
6. Молекулярно-ситовой эффект. Какие адсорбенты обладают этими свойствами? Приведите примеры.
7. Адсорбционное равновесие. Основные концепции, описывающие равновесие на поверхности и в микропорах адсорбентов
8. Изотермы, изобары и изостеры адсорбции. Связь теплоты адсорбции и изостеры адсорбции.
9. Методы измерения изотерм адсорбции.
10. Тип изотермы адсорбции паров воды на активированных углях. Опишите механизм взаимодействия.
11. Основные уравнения, описывающие равновесие при адсорбции.
12. Структура, химия поверхности и адсорбционные свойства активных углей
13. Структура, характер поверхности и адсорбционные свойства силикагелей
14. Структура, характер поверхности и адсорбционные свойства активного оксида алюминия
15. Структура цеолитов и их адсорбционные свойства. Молекулярно-ситовые свойства, ионообменные свойства. Первичные и вторичные поры.
16. Основные уравнения для внешне-диффузионной кинетики. Коэффициент внешней массоотдачи.
17. Виды переноса внутри гранул адсорбентов. Коэффициент внутренней массоотдачи по Глюкауфу.
18. Продольно-диффузионный массоперенос. Расчет эффективного коэффициента продольной массоотдачи по Годесу-Биксону.

19. Уравнение аддитивности диффузионных сопротивлений.
20. Фронтальная динамика изотермической равновесной адсорбции (десорбции): уравнения Вильсона и Викке. Иллюстрируйте примерами для изотерм разного вида.
21. Изменения конфигурации адсорбционных фронтов при различных направлениях движения потока и различных начальных распределениях адсорбата в слое в случае реализации режима фронтальной динамики изотермической равновесной адсорбции.
22. Квазистационарный перенос адсорбционного фронта. Уравнение Шилова.
23. Фронтальная динамика изотермической неравновесной адсорбции: уравнения ЖЗТ.
24. Сравнительные характеристики равновесных и неравновесных моделей фронтальной изотермической адсорбции.
25. Классификация адсорбционных процессов по назначению.
26. Классификация адсорбционных процессов по способу контакта адсорбционного слоя и очищаемого потока.
27. Методы регенерации адсорбентов. Достоинства и недостатки каждого из методов.
28. Классификация адсорбционных процессов по методам регенерации адсорбентов.
29. Области и условия применения адсорбционных процессов с однократно используемым адсорбентом
30. Типы процессов с многократным использованием адсорбента.
31. Дайте определения регенерации и реактивации. Назовите разграничения между ними по значению  $PV_c$ .
32. Водоподготовка с использованием активированных углей. Конструкции адсорберов. Реактивация активных углей.
33. Термическая регенерация адсорбента. Достоинства и недостатки метода.
34. Снижение давления в системе, как метод регенерации адсорбента. Достоинства и недостатки метода.
35. Вытеснительная десорбция, как метод регенерации адсорбента. В каких случаях целесообразно использование этого метода регенерации адсорбента?
36. Изотермическая продувка в качестве метода регенерации. Достоинства и недостатки метода.
37. Приведите примеры процессов с реактивацией адсорбента.
38. Непрерывные и периодические процессы. Приведите примеры непрерывных и периодических адсорбционных процессов.
39. Типы циклических адсорбционных процессов. Понятие о циклограммах.
40. Циклограмма адсорбционного процесса осушки газов с нагревной регенерацией адсорбента.
41. Циклограмма адсорбционного процесса осушки газов с безнагревной регенерацией адсорбента.
42. Почему процессы адсорбционной очистки газов с противоточной регенерацией адсорбентов используют чаще, чем процессы с прямоточной регенерацией?
43. Основные стадии циклических процессов, проводимых с применением тепла для регенерации адсорбентов.
44. Варианты организации термопродувочной регенерации адсорбента.
45. Аппаратурное оформление адсорбционных процессов с регенерацией адсорбента прямым вводом тепла теплоносителем – газом
46. Области применения процессов с термопродувочной регенерацией.
47. Дезактивация и старение адсорбентов. Причины дезактивации и возможности их устранения.
48. Углеродные адсорбенты: области применения в технологии неорганических веществ.
49. Применение силикагелей в технологии неорганических веществ.

50. Активный оксид алюминия и алюмогели. Достоинства и недостатки адсорбентов. Приведите примеры использования.
51. Природные и синтетические цеолиты, как адсорбенты в неорганической технологии. Приведите примеры использования.
52. Абсолютное и относительное влагосодержание газов: определения и единицы измерения.
53. Адсорбенты, применяемые в процессах осушки газов.
54. Технологические свойства промышленных адсорбентов-осушителей.
55. Изменения концентрации газа и активности адсорбента в начальной стадии процесса осушки (процесс с теплопродувочной регенерацией адсорбента). Имитация циклов процесса по изотерме адсорбции.
56. Степень осушки. От чего зависит степень осушки газа в процессе TSA?
57. Основные конструкции адсорберов для процессов осушки газов
58. Циклограмма и схема двухадсорберной установки осушки газов с теплопродувочной регенерацией.
59. Циклограмма и варианты схем трехадсорберной установки осушки газов с теплопродувочной регенерацией. Достоинства и недостатки каждого варианта схемы.
60. Область применения процессов с теплопродувочной регенерацией адсорбента.
61. Конструкция адсорберов в процессах с теплопродувочной регенерацией адсорбента.
62. Блок подготовки газа к осушке: назначение блока, организация, основное оборудование.
63. Назначение схем с закрытым циклом регенерации.
64. Принципиальная схема двухадсорберного процесса осушки воздуха с нагревной регенерацией адсорбента.
65. Расчет установки осушки природного газа. Структура тепловых балансов.
66. Старение и дезактивация адсорбентов в процессах осушки с нагревной регенерацией.
67. Старение адсорбента и выбор характеристик адсорбционного цикла.
68. Условия осуществимости процессов с безнагревной регенерацией адсорбента.
69. Циклограмма адсорбционного процесса осушки воздуха с безнагревной регенерацией адсорбента.
70. Циклограмма и схема безнагревной установки осушки воздуха по Скарстрому.
71. Распределения концентраций адсорбата в безнагревном процессе осушки газа по Скарстрому.
72. Адсорбционное разделение воздуха. Применяемые адсорбенты.
73. Получение кислорода методом КЦА: циклограмма и схема.
74. Получение азота путем разделения воздуха методом КЦА.
75. Основные технологические и аппаратурные особенности процессов адсорбционного разделения воздуха.

Максимальное количество баллов за зачет с оценкой – 40 баллов.

### **8.3.2 Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины**

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

### **8.4. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой**

**Зачет с оценкой** по дисциплине «**Адсорбция в технологии неорганических веществ**» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 3 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю» И.о. зав. кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <hr/> <p>«__» _____ 2025</p>	<p><b>Министерство науки и высшего образования РФ</b></p>
	<p><b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b></p>
	<p><b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b></p>
	<p><b>18.03.01 Химическая технология</b></p>
	<p><b>Профиль - Технология неорганических веществ</b></p>
<p><b>Адсорбция в технологии неорганических веществ</b></p>	
<p align="center"><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Силы, обуславливающие адсорбцию.</p> <p>2. Области и условия применения адсорбционных процессов с однократно используемым адсорбентом.</p> <p>3. Циклограмма и схема 3-х адсорберной установки разделения воздуха с вакуумной регенерацией. Укажите применяемый адсорбент.</p>	

#### БИЛЕТ № 2

1. Адсорбционное равновесие. Основные концепции, описывающие равновесие на поверхности и в микропорах адсорбентов
2. Классификация адсорбционных процессов по способу контакта адсорбционного слоя и очищаемого потока.
3. Условия осуществимости процессов с безнагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 3

1. Изотермы, изобары и изостеры адсорбции. Связь теплоты адсорбции и изостеры адсорбции.
2. Дайте определения регенерации и реактивации. Назовите разграничения между ними по значению ПВс, нормальной температуре кипения адсорбата и температуре регенерирующего потока.
3. Адсорбционное разделение воздуха. Применяемые адсорбенты.

#### БИЛЕТ № 4

1. Распределение энергетического потенциала над плоской поверхностью и в порах адсорбента.
2. Термическая регенерация адсорбента. Достоинства и недостатки метода.
3. Конструкция адсорберов в процессах с термопудувочной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 5

1. Виды пор в адсорбентах. Механизмы адсорбции в микро-, мезо- и макропорах.
2. Назовите составляющие общей энергии взаимодействия при адсорбции
3. Типы циклических адсорбционных процессов с регенерацией адсорбента в результате применения тепла. Назначение процесса каждого типа.

#### БИЛЕТ № 6

1. Структура и характер поверхности в силикагелях
2. Изменения конфигурации адсорбционных фронтов при различных направлениях движения потока и различных начальных распределениях адсорбата в слое в случае реализации режима фронтальной динамики изотермической равновесной адсорбции.
3. Получение кислорода методом адсорбционного разделения воздуха

#### БИЛЕТ № 7

1. Углеродные адсорбенты: области применения в технологии неорганических веществ.
2. Виды переноса внутри гранул адсорбентов. Коэффициент внутренней массоотдачи по Глюкауфу.
3. Расчет установки осушки природного газа. Структура тепловых балансов.

#### БИЛЕТ № 8

1. Изотермы, изобары и изостеры адсорбции. Связь теплоты адсорбции и изостеры адсорбции.
2. Циклограмма адсорбционного процесса осушки газов с безнагревной регенерацией адсорбента.
3. Трехадсорберная схема осушки природного газа с закрытым циклом регенерации.

#### БИЛЕТ № 9

1. Адсорбционное равновесие. Основные концепции, описывающие равновесие на поверхности и в микропорах адсорбентов.
2. Изотермическая продувка в качестве метода регенерации. Достоинства и недостатки метода.
3. Процесс водоподготовки с реактивацией адсорбента

#### БИЛЕТ № 10

1. Основные уравнения для внешнедиффузионной кинетики. Коэффициент внешней массоотдачи.
2. Методы регенерации адсорбентов. Достоинства и недостатки каждого из методов.
3. Конструкции адсорберов, применяемых в процессах осушки газов.

#### БИЛЕТ № 11

1. Виды переноса внутри гранул адсорбентов. Коэффициент внутренней массоотдачи по Глюкауфу.

2. Термопродувочный процесс осушки газов: адсорбенты-осушители, организация процесса.
3. Трехадсорберная схема осушки газа с нагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 12

1. Продольнодиффузионный массоперенос. Расчет эффективного коэффициента продольной массоотдачи по Годесу-Биксону.
2. Снижение давления в системе, как метод регенерации адсорбента. Достоинства и недостатки метода.
3. Схема адсорбционного разделения воздуха методом PSA с получением кислорода. Прокомментируйте работу установки.

#### БИЛЕТ № 13

1. Уравнение аддитивности диффузионных сопротивлений.
2. Влияние температуры и давления при адсорбции на значения ПВс.
3. Циклограмма и схема безнагревной установки осушки воздуха по Скарстрому.

#### БИЛЕТ № 14

1. Методы измерения изотерм адсорбции.
2. Назначение схем с закрытым циклом регенерации.
3. Принципиальная схема двухадсорберного процесса осушки воздуха с нагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 15

1. Фронтальная динамика изотермической адсорбции (десорбции): уравнения Вильсона и Викке. Иллюстрируйте примерами для изотерм разного вида.
2. Адсорбенты, применяемые в процессах адсорбционного разделения воздуха
3. Принципиальная схема двухадсорберного процесса осушки воздуха с нагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 16

1. Квазистационарный перенос адсорбционного фронта. Уравнение Шилова.
2. Изменения концентрации газа и активности адсорбента в начальной стадии процесса осушки (процесс TSA). Имитация циклов процесса по изотерме адсорбции.
3. Циклограмма и схема адсорбционного процесса осушки воздуха с безнагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 17

1. Структура, характер поверхности и адсорбционные свойства силикагелей
2. Конструкция адсорберов в установках типа PSA
3. Циклограмма и схема установки осушки воздуха методом PSA. Сравнение циклограмм адсорбционных процессов с термической и безнагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 18

1. Модель фронтальной изотермической неравновесной адсорбции. Уравнения ЖЗТ.

2. Кинетическая область протекания процесса по Скарстрому и основное уравнение для расчета параметров процесса.
3. Циклограмма и схема установки осушки природного газа с нагревной регенерацией.

#### БИЛЕТ № 19

1. Распределение энергетического потенциала над плоской поверхностью и в порах адсорбента.
2. Типы процессов с многократным использованием адсорбента
3. Циклограмма и схема безнагревной установки осушки воздуха по Скарстрому.

#### БИЛЕТ № 20

1. Молекулярно-ситовой эффект. Какие адсорбенты обладают этими свойствами? Приведите примеры.
2. Структура тепловых балансов и расход потоков на нагрев и охлаждение адсорбента в процессах TSA.
3. Схемы осушки газа с закрытым циклом регенерации. Основные критерии в выборе схемы.

#### БИЛЕТ № 21

1. Соотношение между длительностью стадий в процессе TSA, расчет числа адсорберов.
2. Условия осуществления безнагревного процесса осушки газа по Скарстрому.
3. На примере циклограммы и схемы изложите основной принцип работы установок с нагревной регенерацией адсорбента.

#### БИЛЕТ № 22

1. Структура цеолитов и их адсорбционные свойства. Молекулярно-ситовые свойства, ионообменные свойства. Первичные и вторичные поры.
2. Классификация адсорбционных процессов по методам регенерации адсорбентов.
3. Процессы с реактивацией адсорбента. Приведите пример процесса.

#### БИЛЕТ № 23

1. Фронтальная динамика изотермической равновесной адсорбции (десорбции): уравнения Вильсона и Викке. Иллюстрируйте примерами для изотерм разного вида.
2. Типы циклических адсорбционных процессов. Понятие о циклограммах.
3. Адсорбционное разделение воздуха. Применяемые адсорбенты.

#### БИЛЕТ № 24

1. Квазистационарный перенос адсорбционного фронта. Уравнение Шилова.
2. Область применения процессов с термопудувочной регенерацией адсорбента.
3. Блок подготовки газа к осушке: назначение блока, организация, основное оборудование.

#### БИЛЕТ № 25

1. Основные уравнения, описывающие равновесие при адсорбции.
2. Технологические свойства промышленных адсорбентов-осушителей.
3. Получение кислорода адсорбционным методом: циклограмма и схема.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Шумяцкий Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы. М.: КолосС, 2009. 183 с.
2. Алехина М.Б. Промышленные адсорбенты: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013. 112 с.
3. Алёхина М.Б., Конькова Т.В., Либерман Е.Ю., Кошкин А.Г. Экспериментальные методы исследования адсорбции. Лабораторные работы: учеб. Пособие / М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 88 с.
4. Адсорбционные воздуходелительные установки для получения газообразного и жидкого азота: учеб. Пособие / Ю.В. Никифоров, А.А. Казакова, М. Б. Алёхина – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 88 с.
5. Никифоров Ю.В., Казакова А.А., Алехина М.Б. Диффузия и адсорбция газов и паров в инженерных задачах. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 166 с.
6. Никифоров Ю.В., Казакова А.А., Алехина М.Б. Процессы диффузии и адсорбции в инженерных задачах. Примеры расчета: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 108 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.
2. Фенелонов В. Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. 414 с.
3. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Л.: Химия. 1979. - 176 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

Для реализации учебной программы имеются следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- 1) компьютерные презентации интерактивных лекций;
- 2) Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.

Научно-технические журналы:

- Журнал физической химии ISSN: 0044-4537
- Журнал «Химическая промышленность сегодня» ISSN 0023-110X
- Журнал «Adsorption» ISSN: 0929-5607
- Журнал «Теоретические основы химической технологии» ISSN: 0040-3571
- Журнал «Химическая технология» ISSN: 1684-5811
- Журнал «Кинетика и катализ» ISSN: 0453-8811
- Журнал «Физикохимия поверхности и защита материалов» ISSN 0044-1856
- Журнал прикладной химии ISSN 0044-4618
- Журнал «Сорбционные и хроматографические процессы» ISSN: 1680-0613
- Journal of materials science ISSN: 0022-2461
- Journal of Colloid and Interface Science ISSN: 0021-9797
- Журнал «Microporous and Mesoporous Materials» ISSN: 1387-1811

- Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:  
 Заказ литературы, русскоязычные издания
- <http://www.galvanicus.ru>
  - <http://www.galvanicworld.com>
  - <http://www.scirp.org/journal/Index.aspx> - Scientific research. Open Access
    - <http://bookfi.org/g/> - BookFinder. Самая большая электронная библиотека рунета. Поиск книг и журналов
  - <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
  - <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека России
    - <http://lib.msu.su> - Научная библиотека Московского государственного университета
    - <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
  - <http://abc-chemistry.org/ru/> - ABC-Chemistry : Бесплатная научная химическая информация
    - <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - Сайт ФИПС. Информация о патентах
    - <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
    - <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2025 г. составляет 1 563 142 экз.

Электронные информационные ресурсы, доступные пользователям РХТУ им. Д.И. Менделеева в 2025 году (2 квартал)

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	Принадлежность – собственная РХТУ. Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://lib.muotr.ru/">http://lib.muotr.ru/</a> Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
2.	CAS SciFinder Discovery Platform	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 327	CAS SciFinder Discovery Platform - платформа, созданная Chemical Abstracts Service подразделением Американского химического общества.

		<p>С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- <a href="https://scifinder-n.cas.org">https://scifinder-n.cas.org</a></p> <p>Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.</p>	<p>CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин.</p>
3.	Wiley Journals Database	<p>Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 05.05.2025 г. № 326, 329 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- <a href="https://onlinelibrary.wiley.com">https://onlinelibrary.wiley.com</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа: <a href="https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely">https://www.wiley.com/en-us/customer-success/brightcove-research-training/how-to-access-wiley-online-library-content-remotely</a></p>	<p>John Wiley &amp; Sons, Inc. – крупнейшее академическое издательство с мультидисциплинарным контентом. В портфолио издательства более 1600 научных рецензируемых журналов, 22 000 книг и монографий, а также 250 справочников и энциклопедий. Wiley Journal Database и Wiley Journal Backfiles – полнотекстовые коллекции, которые включают в себя как текущие, так и архивные выпуски из более чем 1700 журналов издательства, охватывающие такие области как гуманитарные, естественные, общественные и технические науки, а также сельское хозяйство, медицину и здравоохранение. <b>Глубина доступа:</b> 1997 - 2004 гг. (до 30.06.2025 г.); 2025 г. (бессрочно)</p>
4.	Questel. База данных Orbit Premium edition	<p>Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 25.04.2025 г. № 310 С 01.01.2025.г. до 30.06.2025 г. Ссылка на сайт- <a href="https://www.orbit.com">https://www.orbit.com</a></p> <p>Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ к ресурсу только через SAML (Security Assertion Markup Language) аутентификацию.</p>	<p>Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium) – база данных патентного поиска, объединяющая информацию о более чем 122 миллионах патентных публикаций, полученную из 120 международных патентных ведомств, включая РосПатент, Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС), Европейскую патентную организацию. База включает не только зарегистрированные патенты, но и документы от стадии заявки до регистрации. Большинство документов содержат аннотации на английском языке, полные тексты</p>

			документов приводятся на языке оригинала.
5.	Электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 30.10.2022 г. № 1403 С 01.11.2022.г. – бессрочно Ссылка на сайт – <a href="https://sk.sagepub.com/books/discipline">https://sk.sagepub.com/books/discipline</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	eBook Collections - полнотекстовая коллекция электронных книг (монографий) издательства SAGE Publications по различным областям знаний.  Глубина доступа: 1984 - 2021 гг.
6.	World Scientific Publishing Co Pte Ltd. База данных World Scientific Complete eJournal Collection	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 15.06.2023 г. № 883 С 01.11.2022.г. до 01.06.2025 г. Ссылка на сайт- <a href="https://www.worldscientific.com">https://www.worldscientific.com</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	World Scientific Complete eJournal Collection – мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing, которая охватывает такие тематики, как математика, физика, компьютерные науки, инженерное дело, науки о жизни, медицина и социальные науки. Особое внимание в коллекции уделено исследованиям Азиатско-тихоокеанского региона, которые объединены в группу журналов Asian Studies. Глубина доступа: 2001 – 2025 гг.
7.	Электронные ресурсы Springer Nature_	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо	Springer Journals – полнотекстовая политематическая коллекция журналов издательства Springer по различным отраслям

		РФФИ от 29.12.2022 г. № 1948 Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>	знаний, которая включает более 2 900 наименований журналов по дисциплинам:  Глубина доступа: 1997 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="https://www.nature.com">https://www.nature.com</a>	Nature Journals – полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group, входящего в группу компаний Springer Nature, включающая журналы издательств Nature, Academic journals, Scientific American и Palgrave Macmillan.  Глубина доступа: 2007 - 2024 гг.
		Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>	Adis Journals – полнотекстовая коллекция журналов и информационных бюллетеней издательства Adis, размещенная на платформе Springer Nature. Коллекция включает 19 рецензируемых журналов по медицине, биомедицине и фармакологии.  Глубина доступа: 2020 - 2024 гг.
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице <b>Remote Access</b> сайта издательства.	
8.	Электронные ресурсы Springer Nature Physical Sciences & Engineering Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>	1. Springer Journals – база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематические коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
		Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="https://www.nature.com">https://www.nature.com</a>	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы Nature Publishing Group, а именно Nature journals (год издания - 2024 г.) тематической коллекции Physical Sciences & Engineering Package на платформе: <a href="https://www.nature.co">https://www.nature.co</a>
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства.	

9.	Электронные ресурсы Springer Nature_Social Sciences Package	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 20.03.2024 г. № 254 Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>	1. Springer Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2024 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
		Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="https://www.nature.com">https://www.nature.com</a>	2. Nature Journals - база данных, содержащая полнотекстовые журналы издательства Springer (год издания - 2034 г.), а именно тематическую коллекцию Social Sciences Package на платформе: <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>
		Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Настройка удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице <b>Remote Access</b> сайта издательства.	
10.	База данных 2021,2023 eBook Collectionsъ Springer Nature	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 02.08.2022 г. № 1045 Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1947 Бессрочно Ссылка на сайт <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> О настройках удаленного доступа к ресурсам Springer Nature на странице Remote Access сайта издательства. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Springer eBook Collections – полнотекстовая архивная коллекция электронных книг издательства Springer Nature на английском языке по различным отраслям знаний.  Глубина доступа:  2005 - 2010 гг.; 2018 - 2024 гг.
11 ю	Электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.12.2022 г. № 1945 Бессрочно Ссылка на сайт- <a href="https://scitation.org">https://scitation.org</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	AIPP Journal Collection – база данных, содержащая архивную полнотекстовую коллекцию из 29 журналов и сборников конференций издательства American Institute of Physics Publishing. в области прикладной физики и смежных областях знания.  Глубина доступа: 1929-1998 гг.
12.	Электронные ресурсы AIPP E-Book Collection I + Collection II издательства	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 31.10.2022 г. № 1404	AIPP Ebook Collection I + AIPP Ebook Collection II – полнотекстовые коллекции книг издательства American Institute of Physics Publishing в области

	American Institute of Physics Publishing	С 01.11.2022 г. – бессрочно Ссылка на сайт- <a href="https://scitation.org/ebooks">https://scitation.org/ebooks</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен	прикладной и химической физики, биологии, энергетики, оптики, фотоники, материаловедения и нанотехнологий и др.  Глубина доступа: 2020 - 2022 гг.
13.	Bentham Science Publishers База данных Journals	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 24.08.2022 г. № 1136 Бессрочно Ссылка на сайт – <a href="https://eurekaselect.com/bypublication">https://eurekaselect.com/bypublication</a> С инструкцией по настройке удаленного доступа можно ознакомиться по <a href="#">ссылке</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Bentham journal collection – полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science, которое публикует научные, технические и медицинские издания, охватывающие различные области от химии и химической технологии, инженерии, фармацевтических исследований и разработок, медицины до социальных наук.  Глубина доступа:  2000 - 2021 гг. (до 01.06.2025 г.) ; 2022 - 2025 гг.
14.	Bentham Science Publishers База данных eBooks	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 08.09.2022 г. № 1217 Бессрочно Ссылка на сайт – <a href="https://eurekaselect.com/bybook">https://eurekaselect.com/bybook</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен.	Books – полнотекстовая коллекция электронных книг издательства Bentham Science Publishers, в которую включены издания по следующим областям науки: химия, физика, материаловедение, астрономия, оптика, фотоника, энергетика, инженерия, математика, статистика, информатика и вычислительная техника, медицина, фармакология, окружающая среда, бизнес, экономика, финансы и др.  Глубина доступа: 2004 - 2022 гг.

15.	EBSCO eBook	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 28.04.2023 г. № 708 Бессрочно Ссылка на сайт – <a href="https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&amp;sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis">https://web.p.ebscohost.com/ehost/search/basic?vid=0&amp;sid=d6f3a513-2512-4b52-bd8c-4ff40c184aed%40redis</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ по индивидуальной регистрации.	EBSCO eBooks – полнотекстовая междисциплинарная коллекция, которая включает более 5000 электронных книг от ведущих научных и университетских издательств и охватывает широкий спектр тем: бизнес, всемирная история, инженерия, литературоведение, медицина, образование, политология, религия, социальные науки, технологии, философия, экономика, языкознание и др.  Глубина доступа: 2011 - 2023 гг.
16.	Научные журналы РАН	Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ от 29.10.2024 г. г. № 1080 Бессрочно Ссылка на сайт – <a href="https://journals.rcsi.science/">https://journals.rcsi.science/</a> Доступ осуществляется на основе IP-адресов университета и персональной регистрации	Полнотекстовая коллекция журналов Российской академии наук включает 141 наименование журналов, охватывающих различные научные специальности.  Глубина доступа: 2023-2025  Бессрочно

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.  
[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)  
[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)  
[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)  
[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)  
[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)  
[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)  
[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)  
[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)  
[Архив журналов Королевского химического общества\(RSC\). 1841-2007](#)

#### **Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:**

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>  
 Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.

2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>  
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/> База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>  
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. критериев.
4. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>  
Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.
5. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>  
Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.
6. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>  
ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).
7. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>  
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. рецензирование.
8. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>  
Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.
9. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>  
Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.
10. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)  
Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:
  - Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
  - Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
  - Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
  - Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня
11. The Association for Computing Machinery (ACM) – международное некоммерческое профессиональное сообщество, основанное в 1947 году, объединяющее преподавателей, исследователей и специалистов в области вычислительной техники, информационных и компьютерных технологий. Ссылка на ресурс: <https://dl.acm.org>  
Ссылка на раздел Open access: <https://www.acm.org/publications/openaccess>
12. Annual Reviews – некоммерческая академическая издательская компания, выпускающая журналы с 1932 года.  
В портфолио издательства 51 журнал, тематика которых охватывает области естественных и социальных наук, наук о жизни, биомедицину, экономику и др.

Ссылка на ресурс: <https://www.annualreviews.org/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.annualreviews.org/S2O>

13. Cambridge University Press – старейшее в мире университетское издательство, публикующее исследовательские работы, справочные и учебные материалы по широкому кругу дисциплин. Контент издательства представлен на онлайн-платформе Cambridge Core, на которой доступно 117 журналов и 372 книги открытого доступа, 317 журналов гибридного доступа.

Ссылка на ресурс: <https://www.cambridge.org/universitypress>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.cambridge.org/core/publications/open-access>

14. The Royal Society of Chemistry включает 12 журналов «золотого» открытого доступа, кроме того, все журналы общества являются гибридными и в них могут публиковаться материалы открытого доступа.

Журналы общества охватывают основные химические науки, включая смежные области, такие как биология, биофизика, энергетика и окружающая среда, машиностроение, материаловедение, медицина и физика.

Ссылка на ресурс: <https://pubs.rsc.org/en/journals?key=title&value=current>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.rsc.org/journals-books-databases/open-access/>

15. Taylor & Francis на сегодняшний день издательство выпускает около 180 журналов с полностью открытым доступом.

Ссылка на ресурс: <https://www.tandfonline.com/>

Ссылка на раздел Open access: <https://www.tandfonline.com/openaccess/openjournals>

16. Издательство John Wiley & Sons, Inc. включает около 230 журналов «золотого» открытого доступа и более 1300 гибридных журналов.

Ссылка на ресурс:

<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=&ConceptID=15941&startPage=>

Ссылка на раздел Open access: <https://authorservices.wiley.com/open-research/open-access/browse-journals.htm>

## 11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Адсорбция в технологии неорганических веществ*» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

### 11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебная лаборатория для проведения лабораторных занятий.

### 11.2. Учебно-наглядные пособия:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса, презентации лекционного материала, электронные диски с учебными фильмами.

### 11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

### 11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине, методические рекомендации к практическим занятиям; раздаточный материал к лекционным курсам; электронные учебные издания, научно-популярные электронные издания.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде; буклеты и каталоги оборудования, справочники по сырьевым материалам, технологические справочники; справочные материалы в печатном и электронном виде; электронная картотека по рентгенофазовому анализу.

### 11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество лицензий	Срок окончания действия лицензии
1.	ABBYY FineReader 10 Professional Edition	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	20 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
2.	CorelDRAW Graphics Suite X5 Education License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	5 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
3.	Управление проектами Project expert tutorial	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
4.	Неисключительная лицензия на использование SOLIDWORKS EDU Edition 2019-2020 Network - 200 Users	Контракт №28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
5.	SolidWorks EDU Edition 2020-2021 Network - 200 U бессрочная sers	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Сетевая лицензия на 200 пользователей	бессрочная
6.	Неисключительная лицензия на право использования Учебного комплекта Компас-3D v21 на 50 мест КТПП	Контракт №189-240ЭА/2023 от 15.01.2024	Учебный комплект программного обеспечения КОМПАС-3D v21	бессрочная

			"Проектирование и конструирование в машиностроении" на 50 мест	
7.	Среда разработки Delphi	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
8.	Среда разработки C++ Builder	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
9.	Среда разработки Simulink Control Design Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
10.	Система проектирования CA ErWin Modeling Suite Bundle	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
11.	OriginPro 8.1 Department Wide License	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
12.	Программа обработки экспериментальных данных BioOffice ultra	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
13.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw pro	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
14.	Программа обработки экспериментальных данных Chemdraw ultra	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	1 лицензия для активации на рабочих станциях	бессрочная
15.	MATLAB Academic new Product Group Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	3 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
16.	MATLAB Classroom Suite new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
17.	Instrument Control Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
18.	Image Processing Toolbox Classroom new Product From 25 to	Контракт № 143-	25 лицензий для активации на	бессрочная

	49 Concurrent Licenses (per License)	164ЭА/2010 от 14.12.10	рабочих станциях	
19.	Fuzzy Logic Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
20.	System Identification Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
21.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
22.	Statistics Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
23.	Global Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
24.	Partial Differential Equation Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
25.	Optimization Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
26.	Curve Fitting Toolbox Classroom new Product From 25 to 49 Concurrent Licenses (per License)	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	25 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
27.	NI Circuit Design Suite	Контракт № 143-164ЭА/2010 от 14.12.10	10 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
28.	Неисключительная лицензия OriginLab ORIGINPRO- New License Node-Lock License Single Seat EDUCATIONAL	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
29.	Неисключительная лицензия Originlab Annual Maintenance Renewal OriginPro 2022b Perpetual Node-Locked Academic Licens	Контракт №72-99ЭА/2022 от 29.08.2022	13 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
30.	WINDOWS 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная

		от 02.12.2013		
31.	WINHOME 10 Russian OLV NL Each AcademicEdition	Контракт № 28- 35ЭА/2020 от 26.05.2020	150 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
32.	Micosoft Office Standard 2013	Контракт № 62- 64ЭА/2013 от 02.12.2013	24 лицензии для активации на рабочих станциях	бессрочная
33.	Microsoft Office Standard 2019 В составе: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Word</li> <li>• Excel</li> <li>• Power Point</li> <li>• Outlook</li> </ul>	Контракт №175- 262ЭА/2019 от 30.12.2019	150 лицензий для активации на рабочих станциях	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
34.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	-	24 месяца (продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
35.	iSpring Suite Max	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
36.	iSpring Suite версия 11	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1 лицензия для активации на рабочих станциях	02.12.2025
37.	Планы Мини	Договор № 99-155ЭА- 223/2024 от 25.11.2024	1	30.09.2025
38.	Astra Linux Special Edition для 64-х разрядной платформы на базе процессорной архитектуры x86-64	Контракт №189- 240ЭА/2023 от 15.01.2024	60 лицензий для активации на рабочих станциях	бессрочная
39.	COMSOL Multiphysics, Лицензия на учебный класс (CKL)	Контракт № 109- 132ЭА/2023	1	бессрочная

		от 22.09.2023		
40.	COMSOL Multiphysics, Плавающая сетевая лицензия (FNL)	Контракт № 109-132ЭА/2023 от 22.09.2023	1	бессрочная
41.	Антиплагиат.ВУЗ 5.0	Контракт № 13-143К/2025 от 30.04.2025	1	19.05.2026

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

*Знает, умеет, владеет необходимо заполнить в соответствии с формулировками п.2 и расстановкой по разделам п.5.*

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<b>Раздел 1. Введение в дисциплину</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия в теории адсорбции и свойства адсорбционных систем;</li> <li>- типы промышленных адсорбентов;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- находить взаимосвязь между природой системы адсорбтив-адсорбент и процессами, которые могут в ней протекать;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами получения и обработки экспериментальных данных по адсорбционным системам.</li> </ul>	Оценка за контрольную работу №1
<b>Раздел 2. Физико-химические и инженерные основы адсорбционных процессов получения неорганических веществ.</b>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности массо- и теплопереноса при адсорбции и десорбции;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- находить взаимосвязь между природой системы адсорбтив-адсорбент и процессами, которые могут в ней протекать;</li> <li>- правильно сформулировать задачу при постановке адсорбционных исследований и разработать путь ее решения;</li> <li>- подобрать адсорбенты для конкретных процессов;</li> <li>- составить и рассчитать материальный и тепловой балансы процесса, исходя из заданных условий;</li> </ul>	Оценка за контрольную работу №1

	<p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами получения и обработки экспериментальных данных по адсорбционным системам;</li> <li>- методами анализа результатов определения термодинамических характеристик адсорбционных систем.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3. Технология адсорбционных процессов</b></p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию адсорбционных процессов по способам регенерации адсорбентов;</li> <li>- основные принципы организации адсорбционных процессов на примерах получения неорганических продуктов;</li> <li>- основные технологические и аппаратурные особенности процессов....</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составить принципиальную схему и провести технологический расчет адсорбционной установки.</li> <li>- проводить эксперименты по заданным методикам и анализировать результаты экспериментов.</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами расчета и организации адсорбционных процессов;</li> <li>- сведениями об особенностях адсорбционных технологий и оборудования.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2</p> <p>Оценка за зачет</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных  
материалов»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов А.Н. Морозовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

---

«28» апреля 2025 г., протокол №5.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение пятого и шестого семестров.

Дисциплина **«Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов»** относится к элективным дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии.

**Цель дисциплины** – приобретение углубленных знаний и компетенций, а также получение и закрепление профессиональных умений, навыков и методов проведения лабораторных экспериментов в области технологии неорганических веществ с использованием стандартных методов и современных технологий.

**Задачи дисциплины** – формирование практических навыков в проведении лабораторных экспериментов и освоение современных технологий и методов, используемых в производстве и исследовании продуктов неорганической промышленности.

Дисциплина **«Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов»** преподается в 5 и 6 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство  Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2 Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1 Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками  ПК-2.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – б).
		ПК-3 Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы	ПК-2.3 Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных  ПК-3.1 Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	

		в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов		
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>					
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	ПК-4.1 Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации	40.136. Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов. А. Разработка, сопровождение и интеграция типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов. (уровень квалификации – б).	
		ПК-5 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа	ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов		ПК-5.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты
			ПК-5.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом		

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- стандарты и нормативы, регулирующих работу с химическими веществами и лабораторными исследованиями;
- порядок планирования, проведения и обеспечения экспериментов;
- методы математического анализа и моделирования экспериментальных данных;
- лабораторное оборудование для измерения скорости газового потока, температуры, давления и их регулирования;
- методы создания низких и высоких давлений;
- основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории;
- научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;
- стандартные методики анализа сырья и продуктов неорганической промышленности;
- современные методы получения функциональных неорганических материалов.

*Уметь:*

- использовать современные информационные технологии при планировании и проведении экспериментов;
- осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю научных исследований;
- работать с основным лабораторным оборудованием, таким как весы, пипетки, реакционные сосуды, спектрофотометры и другие аналитические инструменты;
- выполнять лабораторные эксперименты по получению различных неорганических материалов, следуя установленным методикам;
- интерпретировать полученные данные, анализировать результаты и делать выводы на основе проведенных экспериментов;
- составлять отчеты о проведенных экспериментах, включая описание методов, результатов и выводов;
- сотрудничать с другими студентами и специалистами в рамках групповых проектов и исследований.

*Владеть:*

- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;
- методами математической обработки результатов эксперимента;
- навыками работы с лабораторным оборудованием и реактивами;
- навыками подготовки научных отчетов и презентаций, а также ведения научных дискуссий.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины					
	5 семестр			6 семестр		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Лекции	0,44	16	12	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	1,34	48	36	1,34	48	36
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,78</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>2,78</b>	<b>100</b>	<b>75</b>
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>			<b>Зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основы химического эксперимента</b>	<b>70</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
1.1	Планирование эксперимента	34	4	2	-	4	4	8	-	20
1.2	Статистическая обработка экспериментальных данных	22	2	2	-	2	2	8	-	10
1.3	Оформление результатов лабораторных исследований	14	2	2	-	2	2	-	-	10
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Техника лабораторного эксперимента</b>	<b>90</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
2.1	Химическая посуда, реактивы и их роль в лабораторной практике	20	-	2	-	-	-	8	-	10
2.2	Оборудование для мониторинга и контроля газовых процессов	22	2	2	-	2	2	8	-	10
2.3	Основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории	17	2	2	-	2	2	8	-	5
2.4	Аддитивные технологии в современной лаборатории	17	4	2	-	2	2	8	-	5
2.5	Системы контроля и регулирования температуры	7	1	1	-	1	1	-	-	5
2.6	Создание повышенного и пониженного давления	7	1	1	-	1	1	-	-	5

<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Основы экспериментальных исследований в технологии минеральных удобрений и солей</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
3.1	Подготовка и анализ сырья	22	2	2	-	2	2	8	-	10
3.2	Методы качественного и количественного анализа минеральных удобрений	34	4	2	-	4	4	8	-	20
3.3	Методы исследования кинетики кислотного разложения сырья	24	2	4	-	2	2	8	-	10
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Основы экспериментальных исследований в технология функциональных неорганических материалов</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
4.1	Методы определения характеристик пористой структуры катализаторов и адсорбентов	36	4	4	-	4	4	8	-	20
4.2	Основы экспериментальных исследований каталитической активности материалов в жидкой и газовой средах	22	2	2	-	2	2	8	-	10
4.3	Экспериментальное исследование сорбционных свойств материалов	22	2	2	-	2	2	8	-	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>360</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>200</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Основы химического эксперимента**

#### **1.1 Планирование эксперимента**

Общие сведения о планировании лабораторного эксперимента, включая формулирование гипотез, выбор методов и инструментов, а также определение необходимых ресурсов. Основы планирования однофакторного и многофакторного экспериментов.

#### **1.2 Статистическая обработка экспериментальных данных**

Основные статистические методы обработки экспериментальных данных. Нормальный закон распределения случайной величины. Обнаружение грубых погрешностей с помощью критериев Романовского и Диксона. Определение абсолютной и относительной погрешности, среднего значения, стандартных отклонений и доверительных интервалов, а также их применение для анализа и интерпретации экспериментальных результатов.

#### **1.3 Оформление результатов лабораторных исследований**

Основные правила и стандарты оформления результатов научных исследований. Основы оформления и предоставления экспериментальных данных в виде графических зависимостей и таблиц с помощью специализированного программного обеспечения.

### **Раздел 2. Техника лабораторного эксперимента**

#### **2.1 Химическая посуда, реактивы и их роль в лабораторной практике**

Основные виды химической посуды и реактивов, используемые в лабораторной практике. Классификация реактивов. Функции, свойства и правила безопасного обращения, а также влияние выбора посуды и реактивов на результаты эксперимента. Конструкционные материалы, используемые для создания лабораторных установок.

#### **2.2 Оборудование для мониторинга и контроля газовых процессов**

Приборы для получения газа. Сосуды и аппараты высокого давления в лаборатории. Устройства измерения и регулирования температуры, давления и скорости газовых потоков. Системы очистки и контроля качества газов в лаборатории. Газовые хроматографы. Определение плотности и влажности газов.

#### **2.3 Основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории**

Основы приготовления растворов с заданной концентрацией. Техника фильтрования и центрифугирования. Классификация фильтрующих материалов, используемых в лабораторном эксперименте. Промывка осадков и оборудование для их сушки. Оборудование для проведения кристаллизации из растворов. Лабораторное оборудование для экстракции. Измельчение вещества. Механохимическое смешение твердых веществ. Сублимация вещества.

#### **2.4 Аддитивные технологии в современной лаборатории**

Современное представление об использовании аддитивных технологий в лаборатории. Основы 3D печати. Виды, технологии и классификация 3D-принтеров. Системы автоматизированного проектирования. Подготовка 3D модели к печати. Настройка 3D-принтеров.

#### **2.5 Системы контроля и регулирования температуры**

Устройства автоматизированного контроля температуры. Устройства измерения и контроля температуры: ртутные термометры, термометры сопротивления, термисторы, термопары, пирометры, программируемые логические контроллеры. Оборудование для нагревания и охлаждения материалов: электропечи, сушильные шкафы, термостаты, криостаты.

#### **2.6 Создание повышенного и пониженного давления**

Компрессоры и автоклавы. Физико-химические основы гидротермального и сольвотермального процессов. Виды вакуумных насосов и их характеристики. Ловушки для конденсации паров.

### **Раздел 3. Основы экспериментальных исследований в технологии минеральных удобрений и солей**

#### **3.1 Подготовка и анализ сырья**

Методы подготовки и анализа сырья для производства минеральных удобрений и солей. Гранулометрический анализ с помощью сит. Основные методики химического анализа сырья и способы представления полученных данных. Пробоотбор и пробоподготовка. Метод квартования. Представительная проба.

#### **3.2 Методы качественного и количественного анализа минеральных удобрений**

Проведение качественного анализа солей и минеральных удобрений. Методы количественного анализа, включая титриметрические, гравиметрические и спектроскопические методы. Определение качества минеральных удобрений.

#### **3.3 Методы исследования кинетики кислотного разложения сырья**

Основы пробоподготовки образца сырья. Основные подходы к проведению эксперимента – выбор условий эксперимента. Мониторинг химической реакции кислотного разложения сырья: анализ жидкой и твердой фаз. Проведение кинетического анализа данных и графическое представление полученных результатов. Использование математических моделей для предсказания поведения системы при различных условиях. Анализ полученных данных для понимания механизмов разложения и факторов, влияющих на скорость реакции.

### **Раздел 4. Основы экспериментальных исследований в технология функциональных неорганических материалов**

#### **4.1 Методы определения характеристик пористой структуры катализаторов и адсорбентов**

Метод низкотемпературной адсорбции азота. Уравнение БЭТ. Модели для определения размера пор по изотермам адсорбции азота: Харкинсона, Кругера, Дубинина-Радушкевича и ВЖН (Barrett-Joyner-Halenda). Гелиевая пикнометрия. Методики определения насыпной плотности и кажущейся плотности материалов. Определение общего объема пор.

#### **4.2 Основы экспериментальных исследований каталитической активности материалов в жидкой и газовой средах**

Методы оценки активности катализаторов и факторы, влияющие на их эффективность. Проведение холостого эксперимента. Выбор условий исследования каталитической активности катализаторов. Определение селективности катализатора.

#### **4.3 Экспериментальное исследование сорбционных свойств материалов**

Методы экспериментального исследования сорбционных свойств материалов. Современные подходы к оценке способности материалов к адсорбции различных веществ и их применение в различных областях, таких как очистка воды и газов. Применение основных уравнений адсорбции на практике. Регенерация адсорбентов.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<b>Знать:</b>				
1	– стандарты и нормативы, регулирующих работу с химическими веществами и лабораторными исследованиями;	+	+	+	+
2	– порядок планирования, проведения и обеспечения экспериментов;	+	+	+	+
3	– методы математического анализа и моделирования экспериментальных данных;	+	+	+	+
4	– лабораторное оборудование для измерения скорости газового потока, температуры, давления и их регулирования;	+	+	+	+
5	– методы создания низких и высоких давлений;	+	+	+	+
6	– основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории;	+	+	+	+
7	– научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;	+	+	+	+
8	– стандартные методики анализа сырья и продуктов неорганической промышленности;	+	+	+	+
9	– современные методы получения функциональных неорганических материалов.	+	+	+	+
	<b>Уметь:</b>				
10	– использовать современные информационные технологии при планировании и проведении экспериментов;	+	+	+	+
11	– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю научных исследований;	+	+	+	+
12	– работать с основным лабораторным оборудованием, таким как весы, пипетки, реакционные сосуды, спектрофотометры и другие аналитические инструменты;	+	+	+	+
13	– выполнять лабораторные эксперименты по получению различных неорганических материалов, следуя установленным методикам;	+	+	+	+
14	– интерпретировать полученные данные, анализировать результаты и делать выводы на основе проведенных экспериментов;	+	+	+	+
15	– составлять отчеты о проведенных экспериментах, включая описание методов, результатов и выводов;	+	+	+	+
16	– сотрудничать с другими студентами и специалистами в рамках групповых проектов и исследований.	+	+	+	+

		<b>Владеть:</b>				
17	– методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;	+	+	+	+	
18	– методами математической обработки результатов эксперимента;	+	+	+	+	
	– навыками работы с лабораторным оборудованием и реактивами;	+	+	+	+	
19	– навыками подготовки научных отчетов и презентаций, а также ведения научных дискуссий.	+	+	+	+	
<b>Код и наименование ПК</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>				
20	– ПК-2 Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	– ПК-2.1 Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	+	+	+	+
		– ПК-2.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные	+	+	+	+
		– ПК-2.3 Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	+	+	+	+
21	ПК-3 Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	– ПК-3.1 Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+	+
		– ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+	+
22	ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для	– ПК-4.1 Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации	+	+	+	+

	производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	– ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+	+
23	ПК-5 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа	ПК-5.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и – интерпретировать полученные результаты	+	+	+	+
		– ПК-5.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Разработка и обоснование экспериментального дизайна	2
2	1	Применение методов описательной статистики	2
3	1	Использование ANOVA для сравнения групп	2
4	1	Подготовка научного отчета по результатам эксперимента	2
5	2	Выбор и использование лабораторной посуды	2
6	2	Применение газоанализаторов в лаборатории	2
7	2	Техники безопасного обращения и хранения	2
8	2	Применение 3D-печати в лабораторных исследованиях	2
9	3	Технологии предварительной обработки и анализа	2
10	3	Применение титриметрических методов для оценки содержания питательных веществ	2
11	3	Изучение факторов, влияющих на скорость реакции	2
12	3	Методы определения основных компонентов минеральных удобрений	2
13	4	Методы исследования пористости и поверхности	2
14	4	Исследование влияния температуры на реакционную способность катализаторов	2
15	4	Оборудование для определения изотерм адсорбции для различных адсорбентов	2
16	4	Проведение сравнительного анализа различных катализаторов	2

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов**», а также дает знания о методиках проведения исследования в лаборатории и требованиях к выполнению методик, обеспечивающих достоверность получаемых результатов. Лабораторные занятия выполняются в соответствии с учебным планом в 5 и 6 семестрах и занимает по 48 акад. ч. в каждом.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование тем исследований	Часы
1.	1	Применение регрессионного анализа	8
2	1	Создание презентации научных исследований	8
3	2	Изучение термостатов и их применение	8
4	2	Оборудование и методы работы с автоклавами	8
5	2	Применение вакуумных насосов в лаборатории	8
6	2	Изучение методов контроля выбросов и их воздействия	8
7	3	Исследование состава, структуры и свойств фосфатного сырья	8
8	3	Определение содержания целевого компонента ( $P_2O_5$ ) фотоколориметрическим методом	8
9	3	Исследование влияния pH на кинетику кислотного разложения фосфатного сырья	8
10	4	Определение изотерм адсорбции органических веществ из водных растворов на адсорбентах различных типов	8
11	4	Синтез катализаторов и определение их активности в реакции окислительной деструкции органических примесей	8
12	4	Полупроводниковый фотокатализ в технологии очистки воды	8

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к сдаче зачета с оценкой
- Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (5 и 6 семестры) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## **8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Совокупная оценка по дисциплине в каждом семестре складывается из оценок за выполнение двух контрольных работ (максимальная оценка 10 баллов за каждую), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### **8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы**

Реферативно-аналитическая работа по «**Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов**» не предусмотрена.

### **8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины**

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1 (семестр 5). Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### **Вопрос 1.1.**

1. Каковы основные этапы планирования эксперимента, и почему каждый из них важен для достижения надежных результатов?
2. Какие методы можно использовать для определения необходимого объема выборки в эксперименте, и как это влияет на статистическую значимость результатов?
3. Каковы основные различия между контролируруемыми и неконтролируемыми переменными в эксперименте, и как их правильно идентифицировать?

#### **Вопрос 1.2.**

1. Какие основные методы статистической обработки данных можно использовать для анализа результатов эксперимента, и в каких случаях каждый из них наиболее уместен?
2. Какова роль описательной статистики в анализе экспериментальных данных, и какие ключевые показатели (например, среднее, медиана, стандартное отклонение) следует учитывать?
3. Какова важность проверки нормальности распределения данных перед применением параметрических методов статистического анализа, и какие тесты можно использовать для этой проверки?

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2 (семестр 5). Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### **Вопрос 2.1.**

1. Какие основные типы химической посуды используются в лаборатории, и для каких целей они предназначены?
2. Как правильно выбирать реактивы для проведения эксперимента, учитывая их свойства и безопасность?

3. Какие устройства используются для мониторинга концентрации газов в лабораторных условиях, и как они работают?

**Вопрос 2.2.**

1. Каковы основные методы безопасной работы с твердыми и жидкими химическими веществами в лаборатории?
2. Какие меры предосторожности следует соблюдать при работе с летучими и токсичными жидкостями?
3. Как аддитивные технологии (3D-печать) могут быть применены в лабораторной практике для создания экспериментального оборудования?

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 1 (семестр 6).**

**Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

**Вопрос 1.1.**

1. Какие основные этапы включает в себя подготовка сырья для анализа, и как они влияют на точность полученных результатов?
2. Каковы методы предварительной обработки минерального сырья перед его анализом, и какие факторы следует учитывать при выборе метода?
3. Методы качественного и количественного анализа минеральных удобрений

**Вопрос 1.2.**

1. Каковы основные подходы к количественному анализу минеральных удобрений, и какие приборы используются для этих целей?
2. Методы исследования кинетики кислотного разложения сырья
3. Какие экспериментальные методы можно использовать для изучения скорости реакции кислотного разложения, и как они помогают в понимании механизма процесса?

**Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 2 (семестр 6).**

**Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

**Вопрос 1.1.**

1. Какие основные методы используются для определения пористости и площади поверхности катализаторов и адсорбентов, и каковы их преимущества и недостатки?
2. Как рентгеновская томография может быть применена для изучения пористой структуры материалов, и какие данные она предоставляет?
3. Каковы ключевые параметры, которые необходимо учитывать при проведении экспериментальных исследований каталитической активности в газовой среде?

**Вопрос 1.2.**

1. Какие методы можно использовать для оценки каталитической активности материалов в жидкой среде, и как они отличаются от методов, применяемых в газовой среде?
2. Каковы основные подходы к экспериментальному исследованию сорбционных свойств материалов, и какие факторы могут влиять на результаты?
3. Какие методы анализа данных используются для интерпретации результатов сорбционных исследований, и как они помогают в понимании механизма адсорбции?

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой)**

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* (5 семестр)– 40 баллов.

### **8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой)**

Итоговая работа включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса (по 10 баллов за каждый вопрос).

1. Какие основные методы статистической обработки данных можно использовать для анализа результатов эксперимента, и в каких случаях каждый из них наиболее уместен?
2. Сосуды и аппараты высокого давления в лаборатории.
3. Определение грубых ошибок в результатах эксперимента с помощью критерия Диксона.
4. Методы измерения и контроля температуры при проведении эксперимента.
5. Виды, технологии и классификация 3D-принтеров
6. Классификация фильтрующих материалов, используемых в лабораторном эксперименте.
7. Оборудование для нагревания и охлаждения материалов.
8. Опишите последовательность прототипирования в лаборатории с помощью аддитивных технологий.
9. Измерение скорости потока газа в лабораторных установках.
10. Промывка и сушка осадков.

### **8.3.2. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой)**

Итоговая работа включает контрольные вопросы по разделам 3 и 4 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса (по 10 баллов за каждый вопрос).

1. Методика определения содержания фосфора в минеральном удобрении.
2. Определение удельной площади поверхности материала.
3. Определение гранулометрического состава минерального сырья.
4. Правила отбора представительной пробы.
5. Метод квартования в пробоподготовке.
6. Метод низкотемпературной адсорбции азота для определения характеристик пористой структуры.
7. Основные модели для определения размера пор по изотермам адсорбции.
8. Методы мониторинга химической реакции кислотного разложения для анализа жидкой фазы.
9. Ключевые параметры, которые необходимо учитывать при проведении эксперимента по исследованию кинетики кислотного разложения сырья.
10. Методы качественного анализа минеральных удобрений.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## **8.4. Структура и примеры билетов для итогового контроля**

### **8.4.1. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (5 семестр)**

Зачет с оценкой по дисциплине «*Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p style="text-align: center;"><i>«Утверждаю»</i> И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">«__» _____ 20__</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология Технология неорганических веществ</b>
	<b>Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов</b>
<p><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сосуды и аппараты высокого давления в лаборатории.</li> <li>2. Определение грубых ошибок в результатах эксперимента с помощью критерия Диксона.</li> <li>3. Классификация фильтрующих материалов, используемых в лабораторном эксперименте.</li> <li>4. Измерение скорости потока газа в лабораторных установках.</li> </ol>	

#### 8.4.2. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр)

Зачет с оценкой по дисциплине *«Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов»* включает контрольные вопросы по разделам 3 и 4 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для *зачета с оценкой*:

<p style="text-align: center;"><i>«Утверждаю»</i> И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">«__» _____ 20__</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология Технология неорганических веществ</b>
	<b>Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов</b>
<p><b>Билет № 1</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика определения содержания фосфора в минеральном удобрении.</li> <li>2. Правила отбора представительной пробы.</li> <li>3. Метод низкотемпературной адсорбции азота для определения характеристик пористой структуры.</li> <li>4. Определение гранулометрического состава минерального сырья.</li> </ol>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Степин Б.Д. Техника лабораторного эксперимента в химии. М.:Химия, 1999. – 600 с.

2. Скиба Г.С. Практикум по физической химии: Фазовые и химические равновесия. Химическая кинетика. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2007. – 136 с.
3. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Конспект лекций (отдельные главы из учебника для вузов)/ Н.А. Спирин, В.В. Лавров. Под общ. ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГПУ – УПИ, 2004. – 257 с.
4. Ю.В. Бахтиярова, Р.Р. Минниуллин, В.И. Галкин. Основы химического эксперимента и занимательные опыты по химии.- Казань.: Изд-во Казан.ун-та, 2014 – 144 с.
5. Техника экспериментальных исследований. Лабораторные работы/ Составители Т.В. Конькова, Е.Ю. Каратеева, Н.В. Нефедова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. – 48 с.
6. Адсорбционные и каталитические процессы. Лабораторные работы/ Составители Т.В. Конькова, Е.Ю. Либерман, М.Б. Алехина, И.А. Почиталкина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. – 72 с.

### **Б. Дополнительная литература**

1. Пономарев А.Б. Методология научных исследований: учебное пособие/ А. Б. Рономарев, Э.А. Пикулева – Пермь: Изд-во Пермский нац. исслед. политехн. Ун-та, 2014. – 186 с.  
Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1986. – 304 с.
2. Шумяцкий Ю.И. Экспериментальные методы в химической технологии неорганических веществ. – М., МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1986. – 64 с.
3. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов. -М.:ИКЦ «Академкнига», 2004. – 679 с.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Аналитической химии» ISSN 0044-4502
- Журнал «Физическая химия» ISSN 0044-4537
- Журнал «Кристаллография» ISSN 0023-4761

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://e.lanbook.com/> - электронно-библиотечная система Лань
- <http://lib.muctr.ru/> - электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)
- <https://scifinder-n.cas.org> - CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики, химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин
- <https://onlinelibrary.wiley.com> - полнотекстовые коллекции журналов и книг крупнейшего академического издательства Wiley Journals Database
- <https://www.orbit.com> - база данных патентного поиска Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium)
- <https://sk.sagepub.com/books/discipline> - электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections

- <https://www.worldscientific.com> - мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing
- <https://www.nature.com> - полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group
- <https://scitation.org> - электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing
- <https://eurekaselect.com/bypublication> - полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science
- <https://journals.rcsi.science/> - научные журналы РАН
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - научная электронная библиотека
- <http://doaj.org/> - база полнотекстовых журналов Directory of Open Access Journals (DOAJ)
- <https://www.doabooks.org/> - база более 3000 книг по различным отраслям знаний Directory of Open Access Books (DOAB)
- <https://www.biomedcentral.com/> - база данных журналов BioMed Central
- <https://arxiv.org/> - бесплатный архив электронных научных публикаций
- <http://www.mdpi.com/> - коллекция журналов MDPI AG
- <http://www.intechopen.com/> - издательство книг с открытым доступом InTech
- <http://www.chemspider.com/> - база данных химических соединений ChemSpider
- <http://journals.plos.org/plosone/> - коллекция журналов PLOS ONE
- <http://www.uspto.gov/> - ведомство по патентам и товарным знакам США – USPTO
- <http://worldwide.espacenet.com/> - база данных патентов (либо патентных заявок) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро
- [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru) - информационные ресурсы федерального института промышленной собственности свободного доступа
- <https://pubs.rsc.org/en/journals> - база журналов издательства The Royal Society of Chemistry
- <https://www.tandfonline.com/> - база журналов издательства Taylor & Francis

### 9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 240);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «**Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов**» проводятся в форме лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.

Лаборатория, оснащенная необходимым оборудованием для синтеза и термической обработки материалов.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копирующие аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

#### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b>                      Основы химического эксперимента</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандарты и нормативы, регулирующих работу с химическими веществами и лабораторными исследованиями;</li> <li>- порядок планирования, проведения и обеспечения экспериментов;</li> <li>- методы математического анализа и моделирования экспериментальных данных;</li> <li>- лабораторное оборудование для измерения скорости газового потока, температуры, давления и их регулирования;</li> <li>- методы создания низких и высоких давлений;</li> <li>- основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории;</li> <li>- научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;</li> <li>- стандартные методики анализа сырья и продуктов неорганической промышленности;</li> <li>- современные методы получения функциональных неорганических материалов.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современные информационные технологии при планировании и проведении экспериментов;</li> <li>- осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю научных исследований;</li> <li>- работать с основным лабораторным оборудованием, таким как весы, пипетки, реакционные сосуды, спектрофотометры и другие аналитические инструменты;</li> <li>- выполнять лабораторные эксперименты по получению различных неорганических материалов, следуя установленным методикам;</li> <li>- интерпретировать полученные</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (5 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (5 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (5 семестр).</p>

	<p>данные, анализировать результаты и делать выводы на основе проведенных экспериментов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять отчеты о проведенных экспериментах, включая описание методов, результатов и выводов;</li> <li>- сотрудничать с другими студентами и специалистами в рамках групповых проектов и исследований.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;</li> <li>- методами математической обработки результатов эксперимента;</li> <li>- навыками работы с лабораторным оборудованием и реактивами;</li> <li>- навыками подготовки научных отчетов и презентаций, а также ведения научных дискуссий.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 2.</b> Техника лабораторного эксперимента</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандарты и нормативы, регулирующих работу с химическими веществами и лабораторными исследованиями;</li> <li>- порядок планирования, проведения и обеспечения экспериментов;</li> <li>- методы математического анализа и моделирования экспериментальных данных;</li> <li>- лабораторное оборудование для измерения скорости газового потока, температуры, давления и их регулирования;</li> <li>- методы создания низких и высоких давлений;</li> <li>- основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории;</li> <li>- научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;</li> <li>- стандартные методики анализа сырья и продуктов неорганической промышленности;</li> <li>- современные методы получения функциональных неорганических материалов.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современные информационные технологии при</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (5 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (5 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (5 семестр).</p>

	<p>планировании и проведении экспериментов;  осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю научных исследований;  - работать с основным лабораторным оборудованием, таким как весы, пипетки, реакционные сосуды, спектрофотометры и другие аналитические инструменты;  - выполнять лабораторные эксперименты по получению различных неорганических материалов, следуя установленным методикам;  - интерпретировать полученные данные, анализировать результаты и делать выводы на основе проведенных экспериментов;  - составлять отчеты о проведенных экспериментах, включая описание методов, результатов и выводов;  - сотрудничать с другими студентами и специалистами в рамках групповых проектов и исследований.  <i>Владеть:</i>  - методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;  - методами математической обработки результатов эксперимента;  - навыками работы с лабораторным оборудованием и реактивами;  - навыками подготовки научных отчетов и презентаций, а также ведения научных дискуссий.</p>	
<p><b>Раздел 3.</b>  Основы экспериментальных исследований в технологии минеральных удобрений и солей</p>	<p><i>Знать:</i>  - стандарты и нормативы, регулирующие работу с химическими веществами и лабораторными исследованиями;  - порядок планирования, проведения и обеспечения экспериментов;  - методы математического анализа и моделирования экспериментальных данных;  - лабораторное оборудование для измерения скорости газового потока, температуры, давления и их</p>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (6 семестр)   Оценка за лабораторный практикум (6 семестр)   Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр).</p>

	<p>регулирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы создания низких и высоких давлений;</li> <li>- основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории;</li> <li>- научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;</li> <li>- стандартные методики анализа сырья и продуктов неорганической промышленности;</li> <li>- современные методы получения функциональных неорганических материалов.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современные информационные технологии при планировании и проведении экспериментов;</li> </ul> <p>осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю научных исследований;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с основным лабораторным оборудованием, таким как весы, пипетки, реакционные сосуды, спектрофотометры и другие аналитические инструменты;</li> <li>- выполнять лабораторные эксперименты по получению различных неорганических материалов, следуя установленным методикам;</li> <li>- интерпретировать полученные данные, анализировать результаты и делать выводы на основе проведенных экспериментов;</li> <li>- составлять отчеты о проведенных экспериментах, включая описание методов, результатов и выводов;</li> <li>- сотрудничать с другими студентами и специалистами в рамках групповых проектов и исследований.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;</li> <li>- методами математической обработки результатов эксперимента;</li> </ul>	
--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы с лабораторным оборудованием и реактивами;</li> <li>- навыками подготовки научных отчетов и презентаций, а также ведения научных дискуссий.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 4.</b>  <b>Основы экспериментальных исследований в технология функциональных неорганических материалов</b></p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стандарты и нормативы, регулирующие работу с химическими веществами и лабораторными исследованиями;</li> <li>- порядок планирования, проведения и обеспечения экспериментов;</li> <li>- методы математического анализа и моделирования экспериментальных данных;</li> <li>- лабораторное оборудование для измерения скорости газового потока, температуры, давления и их регулирования;</li> <li>- методы создания низких и высоких давлений;</li> <li>- основы работы с твердыми и жидкими веществами в лаборатории;</li> <li>- научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;</li> <li>- стандартные методики анализа сырья и продуктов неорганической промышленности;</li> <li>- современные методы получения функциональных неорганических материалов.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать современные информационные технологии при планировании и проведении экспериментов;</li> <li>- осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю научных исследований;</li> <li>- работать с основным лабораторным оборудованием, таким как весы, пипетки, реакционные сосуды, спектрофотометры и другие аналитические инструменты;</li> <li>- выполнять лабораторные эксперименты по получению различных неорганических материалов, следуя установленным методикам;</li> <li>- интерпретировать полученные</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (6 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (6 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр).</p>

	<p>данные, анализировать результаты и делать выводы на основе проведенных экспериментов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять отчеты о проведенных экспериментах, включая описание методов, результатов и выводов;</li> <li>- сотрудничать с другими студентами и специалистами в рамках групповых проектов и исследований.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов производства неорганических веществ и материалов;</li> <li>- методами математической обработки результатов эксперимента;</li> <li>- навыками работы с лабораторным оборудованием и реактивами;</li> <li>- навыками подготовки научных отчетов и презентаций, а также ведения научных дискуссий.</li> </ul>	
--	--	--

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных  
материалов»**

**основной образовательной программы  
18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технология неорганических веществ»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д.И. Менделеева»**

---

**«УТВЕРЖДЕНО»**

на заседании Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

протокол № 30 от «30» июня 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Методы исследований в технологии неорганических веществ»**

**Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология**

**Профиль «Технология неорганических веществ»**

**Квалификация «бакалавр»**

**Москва 2025**

Программа составлена к.х.н., доцентом кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов А.Н. Морозовым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
технологии неорганических веществ и электрохимических процессов

---

«28» апреля 2025 г., протокол №5.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки **18.03.01 Химическая технология** (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой **технологии неорганических веществ и электрохимических процессов** РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение пятого и шестого семестров.

Дисциплина «**Методы исследований в технологии неорганических веществ**» относится к элективным дисциплинам учебного плана. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии.

**Цель дисциплины** – приобретение обучающимися определенного объема знаний и необходимых навыков, достаточных для самостоятельного выбора методов исследования природного сырья, синтезированных материалов и продуктов неорганической химии, а также компетенций, необходимых технологам-неорганикам в зависимости от круга решаемых исследовательских задач.

**Задачи дисциплины** – теоретическое изучение основ инструментальных методов исследований, основные методологические и методические приемы, необходимые для успешного применения этих методов, а также приобретение практических навыков обработки данных, полученных на современном лабораторном оборудовании.

Дисциплина «**Методы исследований в технологии неорганических веществ**» преподается в 5 и 6 семестрах. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения частично.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

**Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:**

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство  Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-2 Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	ПК-2.1 Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция С. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок. С /01.6. Осуществление научного руководства проведением исследований по отдельным задачам (уровень квалификации – б).
			ПК-2.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные	
		ПК-3 Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы	ПК-2.3 Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	
			ПК-3.1 Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	

		в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов		
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>					
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации.	Химическое, химико-технологическое производство Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	ПК-4.1 Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации	40.136. Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области материаловедения и технологии материалов. А. Разработка, сопровождение и интеграция типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов. (уровень квалификации – б).	
		ПК-5 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа	ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов		ПК-5.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и интерпретировать полученные результаты
			ПК-5.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом		

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

*Знать:*

- теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);
- процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;
- принципы измерения на современном оборудовании;
- основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;
- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.

*Уметь:*

- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.

*Владеть:*

- методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;
- системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;
- оценкой возможностей метода анализа;
- основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины					
	5 семестр			6 семестр		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Лекции	0,44	16	12	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	1,34	48	36	1,34	48	36
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,78</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>2,78</b>	<b>100</b>	<b>75</b>
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>			<b>Зачет с оценкой</b>		

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Спектроскопические методы исследования</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
1.1	Введение в современные инструментальные методы исследования в технологии неорганических веществ.	12	-	2	-	-	-	-	-	10
1.2	Методы электронной спектроскопии	30	2	2	-	2	2	16	-	10
1.3	Методы колебательной спектроскопии	14	2	2	-	2	2	-	-	10
1.4	Методы статического и динамического рассеяния света	24	4	2	-	4	4	8	-	10
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Электрохимические методы исследования</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
2.1	Методы кулонометрии	22	2	2	-	2	2	8	-	10
2.2	Методы потенциометрии	36	2	4	-	4	4	8	-	20
2.3	Методы кондуктометрии	22	2	2	-	2	2	8	-	10
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Методы электронной микроскопии</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
3.1	Сканирующая электронная микроскопия	24	2	4	-	4	4	8	-	10
3.2	Просвечивающая электронная микроскопия	32	4	2	-	2	2	8	-	20

3.3	Рентгенофлуоресцентный метод исследования	24	2	2	-	2	2	8	-	10
<b>4</b>	<b>Раздел 4. Методы хроматографии</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>40</b>
4.1	Ионообменная хроматография	36	4	4	-	4	4	8	-	20
4.2	Газовая хроматография	22	2	2	-	2	2	8	-	10
4.3	Высокоэффективная жидкостная хроматография	22	2	2	-	2	2	8	-	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>360</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>200</b>

## **4.2 Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Спектроскопические методы исследования**

#### **1.1 Введение в современные инструментальные методы исследования в технологии неорганических веществ.**

Введение в инструментальные методы анализа. Классификация современных инструментальных методов анализа в технологии неорганических веществ, их состояние и тенденции развития. Спектр электромагнитного излучения.

#### **1.2 Методы электронной спектроскопии**

Классификация оптических методов анализа: абсорбционные и эмиссионные методы. Спектральные методы исследования. Закон поглощения света Бугера-Ламберта-Бера, причины отклонения от закона. Электронная спектроскопия (ультрафиолетовая и видимая области). Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей. Классификация и энергия электронных переходов. Интенсивность полос поглощения различных типов электронных переходов. Применение электронных спектров поглощения в количественном анализе. Устройство спектрофотометров и особенности пробоподготовки в электронной спектроскопии.

#### **1.3 Методы колебательной спектроскопии**

Общая характеристика методов. Основные типы колебаний. Квантово-механический подход к описанию колебательных спектров. Инфракрасная спектроскопия (ИК). Применение методов ИК спектроскопии для идентификации неорганических веществ, структурно-группового, молекулярного и количественного анализов. Типичные области частот колебаний функциональных групп отдельных классов неорганических и органических соединений. Аппаратура для ИК спектроскопии, приготовление образцов.

#### **1.4 Методы статического и динамического рассеяния света**

Основные методы определения размера частиц. Характеристики дисперсных материалов. Измерение размера частиц методом динамического рассеивания света (ДРС). Теоретические основы метода. Автокорреляционная функция. Формула Эйнштейна-Стокса. Типы распределения частиц по размерам: количественное (MN), объемное (MV) и массовое (MM). Выбор между MN и MV при анализе результатов по определению размеров частиц. Оптические схемы ДРС для измерения размеров частиц в непрозрачных жидкостях. Основные характеристики метода ДРС. Аппаратура.

### **Раздел 2. Электрохимические методы исследования**

#### **2.1 Методы кулонометрии**

Классификация электрохимических методов анализа. Кулонометрические методы анализ. Общие принципы прямой кулонометрии и кулонометрического титрования.

#### **2.2 Методы потенциометрии**

Потенциометрия. Общая характеристика и теоретические основы метода. Условие Гугенгейма. Уравнение Нернста. Типы электродов. Прямая потенциометрия и потенциометрическое титрование. Основные типы индикаторных электродов и электродов сравнения, применяемых в потенциометрии.

#### **2.3 Методы кондуктометрии**

Кондуктометрия. Теоретические основы метода. Удельная и эквивалентная электропроводность. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Применение методов в технологии неорганических веществ.

### **Раздел 3. Методы электронной микроскопии**

#### **3.1 Сканирующая электронная микроскопия**

Теоретические основы электронной микроскопии. Взаимодействия электронов с веществом. Рассеяние электронов. Основные классы электронных микроскопов (сканирующей, просвечивающей и зондовый) и принципы их работы. Сканирующая (растровая) электронная микроскопия (СЭМ). Принципы работы СЭМ. Методы получения увеличенного изображения.

#### **3.2 Просвечивающая электронная микроскопия**

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Устройство просвечивающих электронных микроскопов: источник электронов, электромагнитные линзы, вакуумная система, держатель образцов. Виды катодов: термоэлектронная эмиссия и автоэлектронная эмиссия. Упругое и неупругое рассеивание электронов. Светлопольное и темнопольное изображение. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.

### **3.3 Рентгенофлуоресцентный метод исследования**

Рентгеновская флуоресценция, обозначение рентгеновских линий. Аппаратура, используемая в РФЛА. Энергодисперсионные и волнодисперсионные спектрометры. Детекторы рентгеновского излучения. Способы рентгенофлуоресцентного анализа. Качественный анализ, сигнатурный анализ. Количественный анализ, способы учета матричного эффекта, внутренний и внешний стандарт. Поэлементное картирование поверхности. Области использования и преимущества РФЛА в технологии неорганических веществ.

## **Раздел 4. Методы хроматографии**

### **4.1 Ионообменная хроматография**

Общая характеристика хроматографических методов анализа и их классификация. Основные параметры хроматограммы. Теория теоретических тарелок; кинетическая теория, уравнение Ван-Деемтера. Качественный и количественный хроматографический анализ. Анионообменная и катионообменная хроматография. Устройство хроматографа. Подавительные системы.

### **4.2 Газовая хроматография**

Газовая хроматография в технологии неорганических веществ. Схема газового хроматографа. Основные типы детекторов: катарометр, пламенно-ионизационный, электрозахватный, масс-спектральный; их сравнительные характеристики. Типы колонок и систем ввода пробы в хроматограф.

### **4.3 Высокоэффективная жидкостная хроматография**

Высокоэффективная жидкостная хроматография: устройство хроматографа, основные типы детекторов и колонки. Нормально фазовая и обратно фазовая хроматография.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Знать:*

- теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);
- процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;
- принципы измерения на современном оборудовании;
- основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;
- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.

### *Уметь:*

- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.

### *Владеть:*

- методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;
- системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;
- оценкой возможностей метода анализа;
- основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4
	<b>Знать:</b>				
1	– теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);	+	+	+	+
2	– процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;	+	+	+	+
3	– принципы измерения на современном оборудовании;	+	+	+	+
4	– основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;	+	+	+	+
5	– основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.	+	+	+	+
	<b>Уметь:</b>				
10	– применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач;	+	+	+	+
	<b>Владеть:</b>				
17	– методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;	+	+	+	+
18	– системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;	+	+	+	+

	– оценкой возможностей метода анализа;		+	+	+	+
19	– основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.		+	+	+	+
	<b>Код и наименование ПК</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения ПК</b>				
20	– ПК-2 Способен изучать научно-техническую информацию, опыт по тематике исследования, выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению ноу-хау	– ПК-2.1 Знает современные подходы к научному исследованию; порядок выстраивания логических взаимосвязей между различными литературными источниками	+	+	+	+
		– ПК-2.2 Умеет осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий; выбирать метод научного исследования; оформлять полученные	+	+	+	+
		– ПК-2.3 Владеет навыками обращения с научной и технической литературой; современными методами обработки данных	+	+	+	+
21	ПК-3 Способен разрабатывать и внедрять инновационные технологические процессы в области получения и использования неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	– ПК-3.1 Знает физико-химические основы получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+	+
		– ПК-3.3 Владеет методами получения неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+	+
22	ПК-4 Способен выбирать оборудование и технологические параметры процесса для	– ПК-4.1 Знает технологическое оборудование и правила его эксплуатации	+	+	+	+

	производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов с заданными свойствами	– ПК-4.2 Умеет подбирать технологические параметры процесса производства неорганических веществ и наноструктурированных функциональных материалов	+	+	+	+
23	ПК-5 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, осуществлять оценку результатов анализа	ПК-5.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; оценить и – интерпретировать полученные результаты	+	+	+	+
		– ПК-5.3 Владеет современными методами анализа сырья, материалов и качества готовой продукции, навыками осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом	+	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

#### Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Качественный и количественный анализ в электронной спектроскопии	4
2	1	Колебательная спектроскопия: изучение молекулярных вибраций	2
3	1	Динамическое рассеяние света: анализ частиц в растворах	2
4	2	Потенциометрия: измерение электродных потенциалов	4
5	2	Кулонометрия: определение концентрации ионов в растворе	2
6	2	Кондуктометрия: исследование проводимости неорганических растворов	2
7	3	Анализ, расшифровка и интерпретация микрофотографий электронной микроскопии	4
8	3	Определение распределения частиц по размерам по микрофотографиям электронной микроскопии в приложении Image J	4
9	3	Электроннографический анализ	2
10	4	Обработка хроматограмм	4
11	4	Количественный анализ в хроматографии	4

### 6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «**Методы исследований в технологии неорганических веществ**», а также дает знания о методиках проведения исследования в лаборатории и требованиях к выполнению методик, обеспечивающих достоверность получаемых результатов. Лабораторные занятия выполняются в соответствии с учебным планом в 5 и 6 семестрах и занимает по 48 акад. ч. в каждом.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 40 баллов (максимально по 5 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости.

Примеры тем лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование тем исследований	Часы
1.	1	Электронная спектроскопия: изучение спектров поглощения	8
2	1	Колебательная спектроскопия: идентификация функциональных групп	8
3	1	Статическое рассеяние света: определение размеров частиц	8

4	2	Потенциометрия: калибровка и применение ионных электродов	8
5	2	Кулонометрия: определение содержания металлов в образцах	8
6	2	Кондуктометрия: исследование зависимости проводимости от температуры	8
7	3	Сканирующая электронная микроскопия: подготовка образцов и анализ	8
8	3	Электроннографический анализ образцов	8
9	3	Рентгенофлуоресцентный метод: определение элементного состава	8
10	4	Определение анионного состава воды	8
11	4	Высокоэффективная жидкостная хроматография: исследование сложных смесей	8
12	4	Поверка газового хроматографа	8

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;

- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к сдаче зачета с оценкой

- Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;

- посещение отраслевых выставок и семинаров;

- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;

- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;

- подготовку к сдаче *зачета с оценкой* (5 и 6 семестры) по дисциплине.

- Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине в каждом семестре складывается из оценок за выполнение двух контрольных работ (максимальная оценка 10 баллов за каждую), лабораторного практикума (максимальная оценка 40 баллов) и итогового контроля в форме *зачета с оценкой* (максимальная оценка 40 баллов).

### 8.1. Примерная тематика реферативно-аналитической работы

Реферативно-аналитическая работа по «Методы исследований в технологии неорганических веществ» не предусмотрена.

### 8.2. Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

**Раздел 1. Примеры вопросов к контрольной работе № 1 (семестр 5). Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### Вопрос 1.1.

1. Понятие о физических методах исследования. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
2. Классификация современных инструментальных методов исследования.
3. Классификация оптических методов анализа: абсорбционные и эмиссионные методы. Области электромагнитного спектра и процессы, происходящие при поглощении и излучении.
- 4.

#### Вопрос 1.2.

1. Электронная спектроскопия (ультрафиолетовая и видимая области). Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей.
2. Фотокolorиметрия. Теоретические основы метода.
3. Закон Бугера-Ламберта-Бера и причины отклонения от него.

**Раздел 2. Примеры вопросов к контрольной работе № 2 (семестр 5). Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### Вопрос 2.1.

1. Сущность потенциметрического определения pH раствора. Устройство стеклянного электрода. Достоинства и недостатки стеклянного электрода.
2. Кондуктометрия. Теоретические основы метода. Удельная и эквивалентная электропроводность. Принципы метода определения электропроводности.
3. Молярная электропроводность. Зависимость молярной электропроводности от концентрации ионов и температуры

#### Вопрос 2.2.

1. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Применение методов в технологии неорганических веществ.
2. Преимущество метода кондуктометрического титрования перед другими объемными методами.
3. Применение электрохимических методов анализа в технологии неорганических веществ.

**Раздел 3. Примеры вопросов к контрольной работе № 1 (семестр 6). Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

#### Вопрос 1.1.

1. Теоретические основы электронной микроскопии.

2. Основные классы электронных микроскопов (сканирующий, просвечивающий и зондовый) и принципы их работы.
3. Виды катодов в электронной микроскопии: термоэлектронная эмиссия и автоэлектронная эмиссия.

**Вопрос 1.2.**

1. Дифракция электронов. Виды электронограмм.
2. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.
3. Особенности пробоподготовки неорганических объектов в электронной микроскопии.

**Раздел 4. Примеры вопросов к контрольной работе № 2 (семестр 6).  
Контрольная работа содержит 2 вопроса, по 5 баллов за вопрос.**

**Вопрос 1.1.**

1. Методы разделения и концентрирования веществ. Принцип хроматографического разделения.
2. Хроматограмма. Основные параметры хроматограммы.
3. Качественный анализ в хроматографии. Зависимость времени удерживания от различных факторов.

**Вопрос 1.2.**

1. Теоретические основы газовой хроматографии. Принципы осуществления и области применения.
2. Способы ввода пробы в газовой хроматографии.
3. Подавительные системы в ионной хроматографии.

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

**8.3. Вопросы для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой)**

Максимальное количество баллов за *зачет с оценкой* (5 семестр)– 40 баллов.

**8.3.1. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (5 семестр – зачет с оценкой)**

Итоговая работа включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса (по 10 баллов за каждый вопрос).

1. Каковы основные принципы работы методов электронной спектроскопии и какие типы информации они могут предоставить о материалах?
2. В чем заключается отличие между спектроскопией поглощения и эмиссионной спектроскопией?
3. Как колебательная спектроскопия может быть использована для идентификации функциональных групп в неорганических соединениях?
4. Какие факторы влияют на частоты колебаний молекул в инфракрасной спектроскопии?
5. Каковы основные различия между статическим и динамическим рассеиванием света, и в каких случаях каждый из методов предпочтителен?
6. Как можно использовать динамическое рассеяние света для определения размеров частиц в коллоидных системах?
7. Каковы основные принципы работы потенциометрии и как она применяется для анализа ионных растворов?
8. В чем заключается принцип работы кулонометрии и как она используется для количественного анализа?

9. Основной закон светопоглощения и условия его применения для количественного анализа в спектроскопии.
10. Виды кривых распределения частиц по размерам.

### **8.3.2. Примеры контрольных вопросов для итогового контроля освоения дисциплины (6 семестр – зачет с оценкой)**

Итоговая работа включает контрольные вопросы по разделам 3 и 4 рабочей программы дисциплины и содержит 4 вопроса (по 10 баллов за каждый вопрос).

1. Каковы основные принципы работы сканирующей электронной микроскопии и какие типы изображений она может предоставить?
2. В чем заключается отличие между сканирующей и просвечивающей электронной микроскопией в контексте анализа образцов?
3. Каковы основные этапы подготовки образцов для исследования с помощью электронной микроскопии?
4. Как рентгеновская спектроскопия, связанная с электронной микроскопией, может быть использована для определения элементного состава материалов?
5. Какие ограничения и недостатки существуют у методов электронной микроскопии по сравнению с другими методами анализа?
6. Каковы основные принципы работы ионообменной хроматографии и в каких случаях она наиболее эффективна?
7. В чем заключается принцип работы газовой хроматографии и какие типы образцов она может анализировать?
8. Как высокоэффективная жидкостная хроматография отличается от традиционной жидкостной хроматографии?
9. Каковы основные факторы, влияющие на разделение компонентов в хроматографической колонне?
10. Как можно использовать хроматографические методы для анализа сложных смесей, таких как природные экстракты?

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

## **8.4. Структура и примеры билетов для итогового контроля**

### **8.4.1. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (5 семестр)**

Зачет с оценкой по дисциплине «*Методы исследований в технологии неорганических веществ*» включает контрольные вопросы по разделам 1 и 2 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю» И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <p>«__» _____ 20__</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология Технология неорганических веществ</b>
	<b>Методы исследований в технологии неорганических веществ</b>
<p><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Использование колебательной спектроскопии для идентификации функциональных групп в неорганических соединениях.</p> <p>2. Основной закон светопоглощения и условия его применения.</p> <p>3. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Применение методов в технологии неорганических веществ.</p> <p>4. Сущность потенциометрического определения рН раствора.</p>	

#### 8.4.2. Структура и примеры билетов для зачета с оценкой (6 семестр)

Зачет с оценкой по дисциплине «*Практикум по технологии неорганических веществ и функциональных материалов*» включает контрольные вопросы по разделам 3 и 4 рабочей программы дисциплины. Билет для зачета с оценкой состоит из 4 вопросов, относящихся к указанным разделам.

Всего на зачете можно получить до 40 баллов.

Пример билета для зачета с оценкой:

<p>«Утверждаю» И.о. заведующего кафедрой ТНВ и ЭП Колесников А.В.</p> <p>«__» _____ 20__</p>	<b>Министерство науки и высшего образования РФ</b>
	<b>Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева</b>
	<b>Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов</b>
	<b>18.03.01 Химическая технология Технология неорганических веществ</b>
	<b>Методы исследований в технологии неорганических веществ</b>
<p><b>Билет № 1</b></p> <p>1. Теоретические основы электронной микроскопии.</p> <p>2. Дифракция электронов. Виды электрограмм.</p> <p>3. Хроматограмма. Основные параметры хроматограммы.</p> <p>4. Подавительные системы в ионной хроматографии.</p>	

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### А. Основная литература

1. Степин Б.Д. Техника лабораторного эксперимента в химии. М.:Химия, 1999. – 600 с.
2. Скиба Г.С. Практикум по физической химии: Фазовые и химические равновесия. Химическая кинетика. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2007. – 136 с.
3. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Конспект лекций (отдельные главы из учебника для вузов)/ Н.А. Спирин, В.В. Лавров. Под общ. ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГПУ – УПИ, 2004. – 257 с.
4. Ю.В. Бахтиярова, Р.Р. Минниуллин, В.И. Галкин. Основы химического эксперимента и занимательные опыты по химии.- Казань.: Изд-во Казан.ун-та, 2014 – 144 с.
5. Техника экспериментальных исследований. Лабораторные работы/ Составители Т.В. Конькова, Е.Ю. Каратеева, Н.В. Нефедова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. – 48 с.
6. Адсорбционные и каталитические процессы. Лабораторные работы/ Составители Т.В. Конькова, Е.Ю. Либерман, М.Б. Алехина, И.А. Почиталкина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. – 72 с.

#### Б. Дополнительная литература

1. Пономарев А.Б. Методология научных исследований: учебное пособие/ А. Б. Пономарев, Э.А. Пикулева – Пермь: Изд-во Пермский нац. исслед. политехн. Ун-та, 2014. – 186 с.
- Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1986. – 304 с.
2. Шумяцкий Ю.И. Экспериментальные методы в химической технологии неорганических веществ. – М., МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1986. – 64 с.
3. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов. -М.:ИКЦ «Академкнига», 2004. – 679 с.

### 9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

- Раздаточный иллюстративный материал к лекциям.
- Презентации к лекциям.
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Научно-технические журналы:

- Журнал «Аналитической химии» ISSN 0044-4502
- Журнал «Физическая химия» ISSN 0044-4537
- Журнал «Кристаллография» ISSN 0023-4761

Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет:

- <https://e.lanbook.com/> - электронно-библиотечная система Лань
- <http://lib.muctr.ru/> - электронно-библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)
- <https://scifinder-n.cas.org> - CAS SciFinder - онлайн-сервис, обеспечивающий поиск и анализ информации в области химии, биохимии, фармацевтики, генетики,

химической инженерии, материаловедения, нанотехнологий, физики, геологии, металлургии и других смежных дисциплин

- <https://onlinelibrary.wiley.com> - полнотекстовые коллекции журналов и книг крупнейшего академического издательства Wiley Journals Database
- <https://www.orbit.com> - база данных патентного поиска Orbit Premium edition (Orbit Intelligence Premium)
- <https://sk.sagepub.com/books/discipline> - электронные ресурсы издательства SAGE Publications eBook Collections
- <https://www.worldscientific.com> - мультидисциплинарная полнотекстовая коллекция журналов международного научного издательства World Scientific Publishing
- <https://www.nature.com> - полнотекстовая коллекция журналов издательства Nature Publishing Group
- <https://scitation.org> - электронные ресурсы AIPP Digital Archive издательства American Institute of Physics Publishing
- <https://eurekaselect.com/bypublication> - полнотекстовая коллекция журналов издательства Bentham Science
- <https://journals.rcsi.science/> - научные журналы РАН
- <http://www.rsl.ru> - Российская Государственная Библиотека
- <https://www.rms.org.uk/> - королевское сообщество по микроскопическим методам исследования
- <https://www.sciencedirect.com> - книги и журналы издательства Elsevier
- <http://link.springer.com/> - электронные книги издательства SpringerNature
- <http://www.gpntb.ru> - государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://lib.msu.su> - научная библиотека Московского государственного университета
- <http://window.edu.ru> - Полнотекстовая библиотека учебных и учебно-методических материалов
- <http://www.fips.ru/cdfi/fips2009.dll> - сайт ФИПС. Информация о патентах
- <http://findebookee.com/> - поисковая система по книгам
- <http://elibrary.ru> - научная электронная библиотека
- <http://doaj.org/> - база полнотекстовых журналов Directory of Open Access Journals (DOAJ)
- <https://www.doabooks.org/> - база более 3000 книг по различным отраслям знаний Directory of Open Access Books (DOAB)
- <https://www.biomedcentral.com/> - база данных журналов BioMed Central
- <https://arxiv.org/> - бесплатный архив электронных научных публикаций
- <http://www.mdpi.com/> - коллекция журналов MDPI AG
- <http://www.intechopen.com/> - издательство книг с открытым доступом InTech
- <http://www.chemspider.com/> - база данных химических соединений ChemSpider
- <http://journals.plos.org/plosone/> - коллекция журналов PLOS ONE
- <http://www.uspto.gov/> - ведомство по патентам и товарным знакам США – USPTO
- <http://worldwide.espacenet.com/> - база данных патентов (либо патентных заявок) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро
- [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru) - информационные ресурсы федерального института промышленной собственности свободного доступа
- <https://pubs.rsc.org/en/journals> - база журналов издательства The Royal Society of Chemistry
- <https://www.tandfonline.com/> - база журналов издательства Taylor & Francis

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации рабочей программы подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные презентации интерактивных лекций – 16, (общее число слайдов – 240);
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – 200).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «**Методы исследований в технологии неорганических веществ**» проводятся в форме лабораторных работ и самостоятельной работы обучающегося.

### **11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Учебная лаборатория, оснащенная лабораторной мебелью, научным и технологическим оборудованием для проведения лабораторных работ.

Лаборатория, оснащенная необходимым оборудованием для синтеза и термической обработки материалов.

Библиотека, имеющая рабочие компьютерные места для студентов, оснащенные компьютерами с выходом в Интернет и доступом к базам данных

### **11.2. Учебно-наглядные пособия:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине.

### **11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет

### **11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде.

### **11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

## 12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Спектроскопические методы исследования</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);</li> <li>- процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;</li> <li>- принципы измерения на современном оборудовании;</li> <li>- основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;</li> <li>- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;</li> <li>- системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;</li> <li>- оценкой возможностей метода анализа;</li> <li>- основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (5 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (5 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (5 семестр).</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Электрохимические методы исследования</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);</li> <li>- процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;</li> <li>- принципы измерения на современном оборудовании;</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №2 (5 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (5 семестр)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;</li> <li>- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;</li> <li>- системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;</li> <li>- оценкой возможностей метода анализа;</li> <li>- основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.</li> </ul>	<p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (5 семестр).</p>
<p><b>Раздел 3.</b> Методы электронной микроскопии</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);</li> <li>- процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;</li> <li>- принципы измерения на современном оборудовании;</li> <li>- основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;</li> <li>- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (6 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (6 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр).</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;</li> <li>- системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;</li> <li>- оценкой возможностей метода анализа;</li> <li>- основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 4.</b> Методы хроматографии</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы инструментальных методов исследования (ИМИ);</li> <li>- процессы формирования аналитического сигнала в соответствующих ИМИ;</li> <li>- принципы измерения на современном оборудовании;</li> <li>- основы метрологии ИМИ в соответствии с рекомендациями ИЮПАК;</li> <li>- основные приемы пробоотбора и пробоподготовки различных реальных объектов для последующего инструментального анализа.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять приобретенные теоретические знания и практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных химико-аналитических задач.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологиями ИМИ, широко используемыми в современной аналитической практике;</li> <li>- системой выбора метода качественного и количественного химического анализа;</li> <li>- оценкой возможностей метода анализа;</li> <li>- основными способами метрологической обработки результатов количественного инструментального анализа.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (6 семестр)</p> <p>Оценка за лабораторный практикум (6 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет с оценкой</i> (6 семестр).</p>

### **13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245);

– Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.12.2022, протокол № 5;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины  
«Методы исследований в технологии неорганических веществ»**

**основной образовательной программы  
18.03.01 Химическая технология  
профиль «Технология неорганических веществ»**

Форма обучения: очная

Номер изменения/дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.
		протокол заседания Ученого совета № _____ от «___» _____ 20__ г.



РХТУ им. Д.И. Менделеева  
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Лемешев Дмитрий Олегович 28  
Проректор по учебной работе,  
Ректорат

Подписан: 19:01:2026 20:51:31