

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт естествознания  
Кафедра химии

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института естествознания  
Е.В. Скрипникова  
«14» марта 2022 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине  
«Химия углеродных материалов»

Научная специальность:

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии

Уровень высшего образования  
подготовка кадров высшей квалификации  
по программам подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения  
очная

Год набора  
2022

**Автор программы:** Цыганкова Л.Е., доктор химических наук, профессор

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951).

Рабочая программа принята на заседании кафедры химии « 4 » марта 2022 года  
Протокол № 5

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры
3. Объем и содержание дисциплины
4. Контроль знаний обучающихся
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

## 1. Цели и задачи дисциплины

**1.1 Цель дисциплины** - формирование системы знаний об углеродных материалах, способности и готовности к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований, формирование у обучающихся целостного теоретического представления о процессах, протекающих в конденсированном состоянии.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- анализ структурных форм углерода и физико-химических свойств углеродных материалов;
- исследование структуры и морфология углеродных волокон;
- анализ полимерных композиционных материалов и их свойств;
- исследование физико-химических и электрохимических процессов на углеродных материалах;
- анализ композитов на основе прессованного микрографита и МУНТ как катодов для получения электролитического водорода.

### 1.3 Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

#### Знать:

- основные законы, правила и положения химии, химической термодинамики, электрохимической кинетики, необходимые для использования их в научно-исследовательской деятельности и технологической практике;
- структуру и морфологию углеродных волокон.

#### Уметь:

- анализировать структурные формы углерода и физико-химические свойства углеродных материалов;
- исследовать физико-химические и электрохимические процессы на углеродных материалах;

#### Владеть:

- навыками анализа полимерных композиционных материалов и их свойств;
- современными теоретическими и экспериментальными методами исследования электрохимических и физико-химических процессов на углеродных материалах.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина «Химия углеродных материалов» относится к образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры по научной специальности 2.6.9.Технология электрохимических процессов и защита от коррозии. Дисциплина является элективной.

Дисциплина «Химия углеродных материалов» изучается во 2 семестре.

## 3. Объём и содержание дисциплины

### 3.1 Объём дисциплины

Очная форма обучения: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очная форма обучения (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72</b>
<i>Контактная работа (по учебным занятиям)</i>	22
Лекции (Л)	10
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	12
Лабораторные занятия (ЛЗ)	-
<i>Самостоятельная работа (СР)</i>	50
<i>Зачет</i>	

### 3.2 Содержание дисциплины:

№ те мы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час. (очная форма)				Формы текущего контроля
		Л	ПЗ	ЛЗ	СР	
1.	Тема 1. Структурные формы углерода и физико-химические свойства углеродных материалов	2	2	-	10	Собеседование
2.	Тема 2. Углеродные волокна	2	2	-	10	Собеседование
3.	Тема 3. Полимерные композиционные материалы	2	2	-	10	Собеседование
4.	Тема 4. Физикохимические и электрохимические процессы на углеродных материалах.	2	2	-	10	Собеседование
5.	Тема 5. Промотированные углеродные электроды.	2	2	-	8	Собеседование
6.	Тема 6. Композиты на основе прессованного микрографита и МУНТ как катоды для получения электролитического водорода	-	2	-	2	Собеседование

#### **Тема 1. Структурные формы углерода и физико-химические свойства углеродных материалов.**

**Лекция.** Кристаллические и переходные формы углерода. Структура графита и пирографита. Общие представления о нитевидных графитовых кристаллах. Физические, химические и электрофизические свойства углеродных материалов.

##### **Практическое занятие.**

1. Углеродные материалы, используемые в качестве катодов.
2. Выделение водорода в кислых средах.
3. Катодное выделение водорода в щелочных растворах. Механизмы выделения водорода

##### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Структурные формы углерода.
2. Физикохимические свойства углеродных материалов.
3. Углеродные волокна

#### **Тема 2. Углеродные волокна.**

**Лекция.** История создания углеродных волокон. Структура и морфология углеродных волокон. Свойства углеродных волокон. Типы углеродных волокон. Классификация углеродных волокон. Получение углеродных волокон. Элементсодержащие углеродные волокна: общие представления. Получение элементсодержащих углеволокнистых материалов. Применение элементоуглеродных

волокон. Многофазные волокна на основе углеродных волокон: общие представления. Волокна с металлическим покрытием.

**Практическое занятие.**

1. Виды углеродных наноматериалов.
2. Получение углеродных наноматериалов.
3. Свойства углеродных наноматериалов. Их применение.

**Задания для самостоятельной работы:**

1. Полимерные композиционные материалы.
2. Физикохимические и электрохимические процессы на углеродных материалах.

**Тема 3. Полимерные композиционные материалы.**

**Лекция.** Основные понятия и определения. Дисперсно-упрочненные композиты. Волокнистые композиты. Простые модели разрушения композитов. Растяжение. Сжатие. Механизм взаимодействия компонентов композиционных материалов. Физико-химическая сущность прочности композиционных материалов. Современные представления об адгезии. Повышение адгезии за счет модификации наполнителя. Нарушение правила аддитивности в адгезионных соединениях. Матричные материалы. Типы матричных материалов. Полимерные матрицы и их физико-химические особенности. Типы термореактивных связующих. Термопластичные связующие. Самоармирующиеся полимеры. Формование полимерных композиционных материалов.

**Практическое занятие**

1. Виды углеродных нанотрубок.
2. Одностенные и многостенные нанотрубки, получение, свойства.
3. Использование одностенных и многостенных нанотрубок для аккумуляции водорода.

**Задания для самостоятельной работы**

Физические, химические и электрофизические свойства углеродных материалов.

**Тема 4. Физико–химические и электрохимические процессы на углеродных материалах.**

**Лекция.** Электрохимические свойства углеродных материалов в растворах электролитов. Строение границы раздела углеродный материал/электролит. Адсорбция ионов, водорода, кислорода и органических веществ на электродах из углеродных материалов. Коррозия: химическая и электрохимическая. Углеродные материалы в неводных средах. Механизм электрокаталитических реакций на углеродных материалах.

**Практическое занятие**

1. Открытие фуллеренов лауреатами нобелевской премии.
2. Способы получения фуллеренов.
3. Виды фуллеренов.
4. Свойства фуллеренов.
5. Применение фуллеренов.

**Задания для самостоятельной работы**

1. Электрокатализ.
2. Типы промотированных углеродных электродов.

**Тема 5. Промотированные углеродные электроды.**

**Лекция.** Электрокатализ. Типы промотированных углеродных электродов. Химически модифицированные электроды. Макрокинетические характеристики углеродных электродов.

**Практическое занятие**

1. Получение графена лауреатами нобелевской премии.
2. Свойства графена.
3. Особенности графена.

4. Применение графена.

**Задания для самостоятельной работы**

Механизм электрокаталитических реакций на углеродных материалах

**Тема № 6. Композиты на основе прессованного микрографита и МУНТ как катоды для получения электролитического водорода.**

**Лекция.** Не предусмотрена.

**Практическое занятие**

1. Использование композитов для получения электролитического водорода в кислых средах.

2. Влияние добавок МУНТ на кинетику выделения водорода.

**Задания для самостоятельной работы**

1. Способы аккумуляирования водорода нанотрубками.

2. Механизм выделения водорода на композитах в кислых средах.

**4. Контроль знаний обучающихся**

**4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов: собеседование.**

**4.2 Задания текущего контроля**

Темы для собеседования

1. Структура графита и пирографита.
2. Общие представления о нитевидных графитовых кристаллах.
3. Физические, химические и электрофизические свойства углеродных материалов.
4. История создания углеродных волокон.
5. Структура и морфология углеродных волокон.
6. Типы углеродных волокон.

**4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.**

Вопросы зачета

1. Структурные формы углерода. Структура графита и пирографита. Кристаллические и переходные формы углерода. Стеклоуглерод. Сажи. Углеродное волокно. Активированные угли.
2. Электрофизические свойства углеродных материалов. Электропроводность. Спектральные характеристики.
3. Химия поверхности углеродных материалов. Кислотные поверхностные оксиды. Основные оксиды. Свободно-радикальные состояния.
4. Текстура углеродных материалов. Пористая структура и поверхность. Макропоры. Мезопоры. Микропоры. Гидрофобно-гидрофильные свойства.

Задания для зачета

1. Сравнить адсорбционные и каталитические свойства углеродных материалов.
2. Сравнить свойства углеродных волокон и нанотрубок.
3. Оценить различия между макропорами, мезопорами и микропорами.

**4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации**

Оценка	Основные показатели достижения результата
«зачтено»	Демонстрирует высокий уровень знаний структурных форм углерода и физико-химических свойств углеродных материалов
	Умеет исследовать физико-химические и электрохимические процессы

	на углеродных материалах
	В полном объеме владеет современными теоретическими и экспериментальными методами исследования электрохимических и физико-химических процессов на углеродных материалах
«не зачтено»	Демонстрирует слабый уровень знаний структурных форм углерода и физико-химических свойств углеродных материалов
	Не умеет исследовать физико-химические и электрохимические процессы на углеродных материалах
	Не владеет современными теоретическими и экспериментальными методами исследования электрохимических и физико-химических процессов на углеродных материалах

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература:

1. Мелешко А.И., Половников С.П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. - М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2007. -192 с. (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>
2. Тарасевич М.Р. Электрохимия углеродных материалов. – М.: Наука, 1984. -253 с. (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>
3. В.И. Вигдорович и др. Теоретические и прикладные вопросы нанотехнологий (современное состояние и проблемы : монография. Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2016. - 185 с. <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>

### 5.2 Дополнительная литература:

1. Шурик А.Г. Искусственные углеродные материалы. Пермь, 2009. -342 с. (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>
2. Ангал, Р. Коррозия и защита от коррозии : [учеб. пособие] / Р. Ангал ; пер. с англ. А.Д. Калашникова .— Долгопрудный : Издат. Дом "Интеллект", 2013 .— 344 с. (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>
3. Фахльман , Б. Химия новых материалов и нанотехнологии : [учеб. пособие] : [науч. издание] / Б. Фахльман ; пер. с англ. Д.О. Чиркина, В.В. Уточниковой; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А. Гудилина .— Долгопрудный : Издат. Дом "Интеллект" , 2011 (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>
4. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2011 г. (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>
5. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г. (Книгафонд) <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog/>

### 5.3 Иные источники: не предусмотрены.

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

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

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы



демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

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

### **Электронная информационно-образовательная среда**

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

#### **Лицензионное программное обеспечение:**

Операционная система Microsoft Windows XP SP3

Office 2007

Антивирус Касперского 10.2.6.3733

#### **Информационные справочные системы и профессиональные базы данных:**

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>
ЭБС «Консультант студента»: Медицина. Здравоохранение, Комплект Гуманитарные науки	<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a>
ЭБС «IPRSMART» (старое название « IPR books»)	<a href="http://iprbookshop.ru">http://iprbookshop.ru</a>
ЭБС «Юрайт»	<a href="http://www.ura.it.ru">http://www.ura.it.ru</a>
Сетевая электронная библиотека педагогических вузов	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»	<a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>
Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина	<a href="http://www.prilib.ru">http://www.prilib.ru</a>
Электронный справочник «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">www.informio.ru</a>
Справочная правовая система «Консультант Плюс»	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
Архив научных журналов зарубежных издательств	<a href="https://arch.neicon.ru">https://arch.neicon.ru</a>