

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Методы гетерогенного фотокаталитического обезвреживания органических соединений**

Кафедра экологической химии и технологии  
химического факультета

Образовательная программа  
18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки  
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов

Уровень высшего образования  
Магистратура

Форма обучения  
Очно-заочная

Статус дисциплины: вариативная по выбору

Махачкала, 2019

Рабочая программа дисциплины «Методы гетерогенного фотокаталитического обезвреживания органических соединений» составлена в 2019 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень магистратуры) от «20» ноября 2014 г. № 1480.

Разработчик: кафедра экологической химии и технологии, Исаев А.Б. к.х.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры экологической химии и технологии  
от «20» июня 2019г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «21» июня 2019г., протокол № 10

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим

управлением « 27 » 06 2019 г.   
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы гетерогенного фотокаталитического обезвреживания органических соединений» входит в вариативную часть и является дисциплиной по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой экологической химии и технологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с электронным строением твердых тел, фотокатализаторов и их фотокаталитической активностью при окислении различных органических соединений.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общекультурных – ОК-1, общепрофессиональных – ОПК-3, профессиональных – ПК-4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме дифференцированного зачета.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе 144 академических часов по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекц ии	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации				
12	14 4	18	6	12				126	дифференциро- ванный зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Методы гетерогенного фотокатализа обезвреживания органических соединений» является овладение магистрантов теоретическими и практическими знаниями по фотокатализу и пониманию роли гетерогенного фотокатализа в химической технологии и защите окружающей среды.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Методы гетерогенного фотокатализа обезвреживания органических соединений» входит в вариативную часть и является дисциплиной по выбору образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

До освоения дисциплины «Методы гетерогенного фотокатализа обезвреживания органических соединений» должны быть изучены следующие дисциплины «Физическая химия», «Массообменные процессы и аппараты», «Методы очистки сточных вод» и т.д.

При изучении указанных дисциплин формируются «входные» знания, умения, опыт и компетенции, необходимые для успешного освоения дисциплины «Методы гетерогенного фотокатализа обезвреживания органических соединений».

Дисциплина «Методы гетерогенного фотокатализа обезвреживания органических соединений» является основой для осуществления научно-исследовательской работы, выполнения их магистерской диссертации, а также других дисциплин из учебного плана магистров.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу	<p>Знает: основные положения методологии научного исследования; общенаучные методы проведения современного научного исследования по очистке сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа</p> <p>Умеет: использовать методы анализа и мышления использовании методов по очистке сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа в соответствии со спецификой профессиональной деятельности</p> <p>Владеет: основными методами научного исследования при разработке технологий очистки сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного</p>

		фотокатализа
<b>ОПК-3</b>	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	<p><b>Знает:</b> современные методы очистки сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа</p> <p><b>Умеет:</b> использовать знания о современных методах очистки сточных вод с использованием УФ-облучения при проектировании и эксплуатации оборудования по очистке сточных вод.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками по эксплуатации современного оборудования по очистке сточных и природных вод от органических соединений с использованием УФ-излучения</p>
<b>ПК-4</b>	способность использовать современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную интерпретацию	<p><b>Знает:</b> сферы применения и методы использования современного оборудования для очистки сточных вод, планировать экспериментальные исследования по разработке оборудования для очистки сточных вод от органических соединений</p> <p><b>Умеет:</b> различать сферы применения гетерогенного фотокатализа и оборудования для его осуществления</p> <p><b>Владеет:</b> навыками по использованию методов гетерогенного фотокатализа для очистки природных и сточных вод и навыками по испытанию оборудования с помощью экспериментальных исследований</p>
<b>ПК-6</b>	готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	<p><b>Знает:</b> основные принципы построения математических моделей процессов фотокаталитического окисления органических соединений;</p> <p><b>Умеет:</b> использовать математические модели при проектировании систем утилизации и обезвреживания сточных вод с использованием процессов фотокаталитического окисления органических соединений;</p> <p><b>Владеет:</b> навыками использования математических моделей систем утилизации и обезвреживания сточных вод за счет фотокаталитического окисления органических соединений.</p>
<b>ПК-7</b>	готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	<p><b>Знает:</b> теоретические основы фотокаталитического окисления органических соединений для их использования при технологической оснастке очистных сооружений.</p> <p><b>Умеет:</b> проводить исследования по разработке методов и технологий очистки сточных вод от органических соединений с использованием УФ-облучения</p> <p><b>Владеет:</b> навыками по разработке методов фотокаталитической очистки сточных вод, их аппаратного оформления и использования для оборотного водоснабжения</p>

<b>ПК-8</b>	готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования	<p><b>Знает:</b> основы расчета оборудования по обезвреживанию сточных вод, проектирования очистных сооружений.</p> <p><b>Умеет:</b> осуществлять расчеты для разработки технических заданий при проектировании и изготовления оборудования по очистке питьевых и сточных вод на основе гетерогенного фотокатализа.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками проектирования и разработки технических заданий при изготовления оборудования по очистке питьевых и сточных вод на основе гетерогенного фотокатализа</p>
<b>ПК-9</b>	способность к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения, к оценке экономической эффективности технологических процессов, их экологической безопасности	<p><b>Знает:</b> основы протекания тех или иных технологических процессов, показатели протекания технологических процессов, количество отходов и вторичных ресурсов, образующихся при осуществлении различных технологических процессов.</p> <p><b>Умеет:</b> определять экономическую эффективность внедрения методов очистки сточных вод в технологических процесс и разрабатывать мероприятия по повышению энерго- и ресурсосбережения.</p> <p><b>Владеет:</b> навыками анализа технологических процессов очистки сточных вод и разработке рекомендаций по улучшению эффективности процесса на основе научных исследований и современных достижений.</p>
<b>ПК-10</b>	способностью оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий	<p><b>Знает:</b> основополагающие понятия и методы оценки инновационного и технологического риска при внедрении технологии фотокаталитической очистки сточных и природных вод от органических соединений.</p> <p><b>Умеет:</b> пользоваться приемами и методами оценки инновационного и технологического риска при внедрении технологии фотокаталитической очистки сточных и природных вод от органических соединений</p> <p><b>Владеет:</b> способностью обосновывать конкретные технические решения для минимизации инновационного и технологического риска при внедрении технологии фотокаталитической очистки сточных и природных вод от органических соединений</p>
<b>ПК-11</b>	способностью разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов	<p><b>Знает:</b> строение и структуру твердых тел для более полного и рационального использования ресурсов, разработки новых материалов при фотокаталитическом обезвреживании сточных вод и газообразных выбросов для достижения требуемых показателей производства</p> <p><b>Умеет:</b> проводить научно-исследовательские</p>

		работы по комплексному использованию водных ресурсов с использованием процессов очистки сточных вод Владеет: навыками разработки технологических решений по использованию водных ресурсов, и замене дефицитных материалов, используемых в технологиях очистки сточных вод
<b>ПК-12</b>	способностью создавать технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства	<b>Знает:</b> существующие способы очистки сточных и природных вод, газообразных выбросов от органических соединений на основе гетерогенного фотокатализа <b>Умеет:</b> создавать технологии очистки сточных и природных вод, газообразных выбросов от органических соединений <b>Владеет:</b> методиками создания способов очистки сточных вод с использованием гетерогенного фотокатализа для обеспечения экологической безопасности производства

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические	Лабораторные	Контроль	Самостоятельная работа		
Модуль 1. Структура и электронное строение твердых фотокатализаторов										
1	Гетерогенные системы в фотокатализе	12	1-2	1				18	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
2	Кристаллическая структура твердых тел	12	3-5	1		2		14	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
<i>Итого по модулю 1:</i>				<b>2</b>		<b>2</b>		<b>32</b>	Коллоквиум	
Модуль 2. Фотокатализаторы										
3	Полупроводниковые оксиды металлов как фотокатализаторы	12	6-7			3		15	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
4	Композиционные фотокатализаторы	12	8-9			3		15	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
<i>Итого по модулю 2:</i>						<b>6</b>		<b>30</b>	Коллоквиум	
Модуль 3. Методы исследования фотокаталитических реакций										

5	Средства для исследования фотокаталитических реакций	12	10-12	1		1		16	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
6	Реакторы для фотокатализа	12	13-14	1		1		16	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>			<b>2</b>		<b>2</b>		<b>32</b>	Коллоквиум
Модуль 4. Применение фотокатализа для окисления органических соединений									
7	Фотокаталитическая очистка воды	12	15-16	1		2		14	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
8	Фотокаталитическая очистка воздуха	12	17-18	1				18	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 4:</i>			<b>2</b>		<b>2</b>		<b>32</b>	Коллоквиум
	<b>ИТОГО:</b>			<b>6</b>		<b>12</b>		<b>126</b>	дифференцированный зачет

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

#### **Модуль 1. Структура и электронное строение твердых фотокатализаторов**

**Тема 1. Гетерогенные системы в фотокатализе.** Основные понятия и термины. Гетерогенные системы «жидкость - твердое тело» и «твердое тело – газ». Химические связи в твердых телах. Строение твердых тел. Фотокатализ. Понятие о фотокатализе. Полупроводниковые материалы.

**Тема 2. Кристаллическая структура твердых тел.** Кристаллическое строение твердых тел. Дефекты в кристаллах. Точечные и примесные дефекты. Электронная структура твердого тела. Уровень Ферми. Валентная зона. Зона проводимости. Ширина-запрещенной зоны. Электронно-дырочная проводимость. Электронная структура твердого тела с дефектами.

#### **Модуль 2. Фотокатализаторы**

#### **Тема 3. Полупроводниковые оксиды металлов как фотокатализаторы.**

Диоксид титана как фотокатализатор. Модифицированный диоксид титана. Процессы протекающие в диоксиде титана при облучении светом. Фотокаталитическое разложение воды. Другие полупроводниковые оксиды металлов. Полупроводники р-типа и n-типа. Способы синтеза оксидных полупроводниковых фотокатализаторов. Способы синтеза наноматериалов на основе диоксида титана.

**Тема 4. Композиционные фотокатализаторы.** Композиционные нанесенные фотокатализаторы. Пленочные фотокатализаторы. Порошковые композиционные фотокатализаторы. Оксидные нанесенные системы. Современные методы получения композиционных фотокатализаторов. Сенсбилизация поверхности диоксида титана красителем и другими оксидами металлов. Наноразмерные композиционные фотокатализаторы. Активность композиционных фотокатализаторов при облучении солнечным светом.

### **Модуль 3. Методы исследования фотокаталитических реакций**

**Тема 5. Средства для исследования фотокаталитических реакций.** Методы исследования гетерогенных фотокатализаторов. Методы рентгеноструктурного анализа. Методы исследования фотостимулированных реакций в системах газ-твердое тело и жидкость-твердое тело. Определение квантового выхода фотокаталитической реакции. Методы определения эффективности фотокаталитической реакции. Фотоэлектрохимические реакции и методы их исследования

**Тема 6. Реакторы для фотокатализа.** Реакторы и вакуумные установки для исследования фотосорбции. Реакторы для фотокаталитического окисления органических соединений в водных средах. Фотореакторы для окисления летучих органических соединений в воздухе. Современные достижения в области разработки фотокатализаторов.

**Модуль 4. Применение фотокатализа для окисления органических соединений**

**Тема 7. Фотокаталитическая очистка воды.** Современные достижения в области фотокаталитического окисления органических соединений в водных средах. Механизм фотокаталитического окисления органических соединений. Фотокаталитическое окисление органических соединений с использованием пероксида водорода и соединений железа. Фотокаталитическое окисление красителей. Обезвреживание сточных вод, содержащих фенол, фотокаталитическим окислением. Экономическая оценка эффективности фотокаталитической очистки сточных вод. Оценка показателей качества воды после фотокаталитической очистки.

**Тема 8. Фотокаталитическая очистка воздуха.** Использование фотокатализа для очистки воздуха от летучих органических соединений. Очистка воздуха от толуола. Фотокаталитическое окисление паров органических соединений. Современные достижения в области очистки воздуха от органических соединений фотокаталитическим окислением.

**4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.**

**Модуль 1. Структура и электронное строение твердых фотокатализаторов**

**Тема 1. Гетерогенные системы в фотокатализе.** Синтез нанотрубок диоксида титана гидротермальным способом и исследование их физико-химических свойств и оценка фотокаталитической активности.

**Тема 2. Кристаллическая структура твердых тел.**

**Модуль 2. Фотокатализаторы**

**Тема 3. Полупроводниковые оксиды металлов как фотокатализаторы.** Электрохимический синтез  $\text{Cu}_2\text{O}$  и исследование его фотокаталитической активности при облучении дневным светом.

**Тема 4. Композиционные фотокатализаторы.** Получение композиционного фотокатализатора на основе диоксида кремния и диоксида титана.

### **Модуль 3. Методы исследования фотокаталитических реакций.**

**Тема 5. Средства для исследования фотокаталитических реакций.** Исследование фотокаталитического окисления органических красителей и определение квантового выхода.

**Тема 6. Реакторы для фотокатализа.** Трубчатый фотокаталитический реактор.

### **Модуль 4. Применение фотокатализа для окисления органических соединений**

**Тема 7. Фотокаталитическая очистка воды.** Фотокаталитическое окисление органических красителей на  $Fe_2O_3$ .

**Тема 8. Фотокаталитическая очистка воздуха.** Фотокаталитическое окисление летучих органических соединений.

## **5. Образовательные технологии**

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ решение ситуационных задач;
- ✓ расчетные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем и с консультацией преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Занятия лекционного типа (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция) составляют 30% аудиторных занятий.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится дифференцированный зачет.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### **6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы**

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к дифференцированному зачету.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по	Проверка выполнения расчетов,	См. разделы 7.3, 8, 9

	лабораторным работам	оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	данного документа.
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.
4.	Подготовка к дифференцированному зачету.	Устный или письменный опрос	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

*Итоговый контроль* проводится в виде дифференцированного зачета.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

<b>Код компетенции из ФГОС ВО</b>	<b>Наименование компетенции из ФГОС ВО</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Процедура освоения</b>
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу	Знает: основные положения методологии научного исследования; общенаучные методы проведения современного научного исследования по очистке сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: использовать методы анализа и мышления использовании методов по очистке	Письменный опрос

		сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа в соответствии со спецификой профессиональной деятельности	
		Владеет: основными методами научного исследования при разработке технологий очистки сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа	Мини-конференция
ОПК-3	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	Знает: современные методы очистки сточных вод от органических соединений с использованием технологии гетерогенного фотокатализа	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: использовать знания о современных методах очистки сточных вод с использованием УФ-облучения при проектировании и эксплуатации оборудования по очистке сточных вод.	Письменный опрос
		Владеет: навыками по эксплуатации современного оборудования по очистке сточных и природных вод от органических соединений с использованием УФ-излучения	Мини-конференция
ПК-4	способность использовать современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную интерпретацию	Знает: сферы применения и методы использования современного оборудования для очистки сточных вод, планировать экспериментальные исследования по разработке оборудования для очистки сточных вод от органических соединений	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: различать сфере применения гетерогенного фотокатализа и оборудования для его осуществления	Письменный опрос
		Владеет: навыками по использованию методов гетерогенного фотокатализа для очистки природных и сточных вод и навыками по испытанию оборудования с помощью экспериментальных исследований	Мини-конференция
ПК-6	готовность разрабатывать	Знает: основные принципы построения математических	Устный опрос,

	математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку	моделей процессов фотокаталитического окисления органических соединений	письменный опрос
		Умеет: использовать математические модели при проектировании систем утилизации и обезвреживания сточных вод с использованием процессов фотокаталитического окисления органических соединений	Письменный опрос
		Владеет: навыками использования математических моделей систем утилизации и обезвреживания сточных вод за счет фотокаталитического окисления органических соединений	Мини-конференция
ПК-7	готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	Знает: теоретические основы фотокаталитического окисления органических соединений для их использования при технологической оснастке очистных сооружений.	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: проводить исследования по разработке методов и технологий очистки сточных вод от органических соединений с использованием УФ-облучения	Письменный опрос
		Владеет: навыками по разработке методов фотокаталитической очистки сточных вод, их аппаратного оформления и использования для оборотного водоснабжения	Мини-конференция
ПК-8	готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования	Знает: основы расчета оборудования по обезвреживанию сточных вод, проектирования очистных сооружений	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: осуществлять расчеты для разработки технических заданий при проектировании и изготовления оборудования по очистке питьевых и сточных вод на основе гетерогенного фотокатализа.	Письменный опрос
		Владеет: навыками проектирования и разработки технических заданий при изготовления оборудования по очистке питьевых и сточных вод на основе гетерогенного фотокатализа	Мини-конференция
ПК-9	способность к анализу технологических	Знает: основы протекания тех или иных технологических процессов,	Устный опрос, письменный

	<p>процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения, к оценке экономической эффективности технологических процессов, их экологической безопасности</p>	<p>показатели протекания технологических процессов, количество отходов и вторичных ресурсов, образующихся при осуществлении различных технологических процессов.</p>	<p>опрос</p>
		<p>Умеет: определять экономическую эффективность внедрения методов очистки сточных вод в технологических процесс и разрабатывать мероприятия по повышению энерго- и ресурсосбережения.</p>	<p>Письменный опрос</p>
		<p>Владеет: навыками анализа технологических процессов очистки сточных вод и разработке рекомендаций по улучшению эффективности процесса на основе научных исследований и современных достижений.</p>	<p>Мини-конференция</p>
ПК-10	<p>способностью оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий</p>	<p>Знает: основополагающие понятия и методы оценки инновационного и технологического риска при внедрении технологии фотокаталитической очистки сточных и природных вод от органических соединений.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>
		<p>Умеет: пользоваться приемами и методами оценки инновационного и технологического риска при внедрении технологии фотокаталитической очистки сточных и природных вод от органических соединений</p>	<p>Письменный опрос</p>
		<p>Владеет: способностью обосновывать конкретные технические решения для минимизации инновационного и технологического риска при внедрении технологии фотокаталитической очистки сточных и природных вод от органических соединений</p>	<p>Мини-конференция</p>
ПК-11	<p>способностью разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов</p>	<p>Знает: строение и структуру твердых тел для более полного и рационального использования ресурсов, разработки новых материалов при фотокаталитическом обезвреживании сточных вод и газообразных выбросов для</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос</p>

		достижения требуемых показателей производства	
		Умеет: проводить научно-исследовательские работы по комплексному использованию водных ресурсов с использованием процессов очистки сточных вод	Письменный опрос
		Владеет: навыками разработки технологических решений по использованию водных ресурсов, и замене дефицитных материалов, используемых в технологиях очистки сточных вод	Мини-конференция
ПК-12	способностью создавать технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства	Знает: существующие способы очистки сточных и природных вод, газообразных выбросов от органических соединений на основе гетерогенного фотокатализа	Устный опрос, письменный опрос
		Умеет: создавать технологии очистки сточных и природных вод, газообразных выбросов от органических соединений	Письменный опрос
		Владеет: методиками создания способов очистки сточных вод с использованием гетерогенного фотокатализа для обеспечения экологической безопасности производства	Мини-конференция

## 7.2. Типовые контрольные задания

### Контрольные вопросы

1. Гетерогенные системы «жидкость - твердое тело» и «твердое тело – газ».
2. Химические связи в твердых телах.
3. Строение твердых тел.
4. Фотокатализ. Понятие о фотокатализе.
5. Полупроводниковые материалы.
6. Кристаллическое строение твердых тел.
7. Дефекты в кристаллах.
8. Точечные и примесные дефекты.
9. Электронная структура твердого тела.
10. Уровень Ферми. Валентная зона. Зона проводимости.
11. Ширина запрещенной зоны.
12. Электронно-дырочная проводимость.
13. Электронная структура твердого тела с дефектами.
14. Диоксид титана как фотокатализатор.
15. Модифицированный диоксид титана.
16. Процессы, протекающие в диоксиде титана при облучении светом.
17. Фотокаталитическое разложение воды.

18. Другие полупроводниковые оксиды металлов.
19. Полупроводники p-типа и n-типа.
20. Способы синтеза оксидных полупроводниковых фотокатализаторов.
21. Способы синтеза наноматериалов на основе диоксида титана.
22. Композиционные нанесенные фотокатализаторы.
23. Пленочные фотокатализаторы.
24. Порошковые композиционные фотокатализаторы.
25. Оксидные нанесенные системы.
26. Современные методы получения композиционных фотокатализаторов.
27. Сенсбилизация поверхности диоксида титана красителем и другими оксидами металлов.
28. Наноразмерные композиционные фотокатализаторы.
29. Активность композиционных фотокатализаторов при облучении солнечным светом.
30. Методы исследования гетерогенных фотокатализаторов.
31. Методы рентгеноструктурного анализа.
32. Методы исследования фотостимулированных реакций в системах газ-твердое тело и жидкость-твердое тело.
33. Определение квантового выхода фотокаталитической реакции.
34. Методы определения эффективности фотокаталитической реакции.
35. Фотоэлектрохимические реакции и методы их исследования
36. Реакторы и вакуумные установки для исследования фотосорбции.
37. Реакторы для фотокаталитического окисления органических соединений в водных средах.
38. Фотореакторы для окисления летучих органических соединений в воздухе.
39. Современные достижения в области разработки фотокатализаторов.
40. Современные достижения в области фотокаталитического окисления органических соединений в водных средах.
41. Механизм фотокаталитического окисления органических соединений.
42. Фотокаталитическое окисление органических соединений с использованием пероксида водорода и соединений железа.
43. Фотокаталитическое окисление красителей.
44. Обезвреживание сточных вод, содержащих фенол, фотокаталитическим окислением.
45. Экономическая оценка эффективности фотокаталитической очистки сточных вод.
46. Оценка показателей качества воды после фотокаталитической очистки.
47. Использование фотокатализа для очистки воздуха от летучих органических соединений.
48. Очистка воздуха от толуола.
49. Фотокаталитическое окисление паров органических соединений.
50. Современные достижения в области очистки воздуха от органических соединений фотокаталитическим окислением.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) – 60 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

### ***а) основная литература:***

1. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа: [учеб. пособие по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия"] / Байрамов В.М.; под ред. В.В.Лунина. - М.: Academia, 2003. - 253 с.

2. Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ: примеры и задачи с решениями: [учеб. пособие по специальности 011000 "Химия"] / Байрамов В.М. - М.: Academia, 2003. - 320 с.

3. Гуртов В.А. Физика твердого тела для инженеров [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко. - Электрон. текстовые данные. - М.: Техносфера, 2012. - 560 с. - 978-5-94836-327-1. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26903.html>

### ***б) дополнительная литература:***

1. Сидыганов, Ю.Н. Использование каталитических устройств сжигания при анаэробной переработке органических отходов: монография / Ю.Н. Сидыганов, А.А. Медяков, А.Д. Каменских; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. - 292 с.: схем., табл., ил. - Библиогр.: с.238-242. - ISBN 978-5-8158-1493-6; То же [Электронный ресурс]. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459511>

2. Бесков В.С. Моделирование каталитических процессов и реакторов / Бесков В.С., Флокк Вольфганг. - М.: Химия, 1991. - 252 с.

3. Бутягин П.Ю. Химическая физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.Ю. Бутягин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006. - 272 с. - 5-211-04970-5. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13047.html>

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

1) eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. - Москва, 1999. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 01.04.2017). – Яз. рус., англ.

- 2) Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/> (дата обращения: 22.03.2018).
- 3) Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный (дата обращения: 21.03.2018).
- 4) Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Нац. электрон. б-ка. — Москва – Режим доступа: <https://нэб.рф> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз. рус., англ.
- 5) ProQuest Dissertation & Theses Global (PQDT Global) [Электронный ресурс]: база данных зарубежных диссертаций. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/>
- 6) Springer Nature [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства Springer Nature - Режим доступа: <https://link.springer.com/>  
<https://www.nature.com/siteindex/index.html>  
<http://materials.springer.com/>  
<http://www.springerprotocols.com/>  
<https://goo.gl/PdhJdo>  
<https://zbmath.org/> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 7) Королевское химическое общество (Royal Society of Chemistry) [Электронный ресурс]: журналы издательства. – Режим доступа: <http://pubs.rsc.org/> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 8) Американское химическое общество (ACS) [Электронный ресурс]: база данных полнотекстовых научных журналов Американского химического общества (ACS) коллекции Core+. – Режим доступа: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 9) American Physical Society (APS) [Электронный ресурс]: журналы издательства American Physical Society (Американского физического общества). - Режим доступа: <http://journals.aps.org/about> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 10) SAGE Premier [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SAGE Premier. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/> (дата обращения: 21.03.2018). – Яз., англ.
- 11) Журнал «Катализ в промышленности» <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1556908>
- 12) Журнал «Химия в интересах устойчивого развития» <http://www.sibran.ru/journals/KhUR/>

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

**Лекционный курс.** В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области процессов и аппаратов в химической технологии. В тетради для конспектирования лекций записи

должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

**Лабораторные занятия.** Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

**Самостоятельная работа** выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Процессы в полупроводниках при облучении светом	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для самопроверки;
Механизм фотокаталитических реакций Ленгмюра-Хиншельвуда	
Механизм Или-Ридиля	
Поглощение света в гетерогенных системах	
Фоторазложение воды	
Фотостимулированные превращения органических и неорганических веществ	
Сенсибилизированное фотоокисление	

## 11. Перечень информационных технологий, используемых при

**осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Методы гетерогенного фотокатализа обезвреживания органических соединений» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office
- Программа Mathcad

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

В соответствии с требованиями ФГОСЗ+ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждых двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком). Имеется компьютерный класс для проведения некоторых лабораторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы.

1. Оборудование химического факультета и Центра коллективного пользования «Аналитическая спектроскопия»: Атомноабсорбционный спектрометр, Contr AA-700, AnalytikJena, Германия; Микроволновая система минерализации проб под давлением, TOPwaveIV, AnalytikJena, Германия; Спектрофотометр, SPECORD 210 PlusBU, AnalytikJena, Германия; Система капиллярного электрофореза, Капель-105М, ЛЮМЕКС, Санкт-Петербург; Рентгеновский дифрактометр, EmpyreanSeries 2 Фирма Panalytical

(Голландия); Дифференциальный сканирующий калориметр, NETZSCH STA 409 PC/PG, Германия; Лабораторная экстракционная система, SFE1000M1-2-FMC-50, Waters, США; Хромато-масс-спектрометр, 7820 Маэстро, США, Россия; Высокоэффективный жидкостной хроматограф, Agilent 1220 Infinity, США.

2. Весы аналитические Leki B1604, Pioneer.
3. Весы теххимические Leki B5002.
4. Дистиллятор А-10.
5. Вытяжной шкаф
6. Сушильный шкаф
7. Муфельная печь
8. Установка для фотокаталитического окисления органических соединений
9. Титановые пластины
10. Набор лабораторной посуды.
11. Необходимые реактивы.