

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

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

Кафедра неорганической химии и химической экологии  
химический факультет

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: входит в часть ОПОП, формируемую участниками  
образовательных отношений, дисциплина по выбору

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Методы гетерогенного фотокаталитического обезвреживания органических соединений» составлена в 2021 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), утвержденный приказом Минобрнауки России от «07» августа 2020 г. №909.

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

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии  
от «26» 01 2021г., протокол № 5

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «19» 02 2021г., протокол № 6

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением «03» 03 2021г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.  
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы гетерогенного фотокаталитического обезвреживания органических соединений» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии .

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой неорганической химии и химической экологии.

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 – ПК-2.

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 экзамена.

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					КСР		
		всего	из них						
	Лекц ии	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия		консульт ации				
5	144	40	18	22				104	экзамен

## 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 часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и является дисциплиной по выбору.

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 и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-2 Владеет навыками анализа компонентного состава отходов и основными методиками исследования состава сточных вод и способен адаптировать существующие технологии переработки и утилизации отходов, очистки	ПК-2.1. Владеет физико-химическими методами анализа твердых отходов для определения их компонентного состава	Знает: существующие современные физико-химические методы анализа твердых отходов для определения их компонентного состава Умеет: использовать современные физико-химические методы анализа твердых отходов для определения их компонентного состава Владеет: навыками интерпретации результатов современных физико-химических методов анализа твердых отходов для определения их компонентного состава	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, Экзамен
	ПК-2.2. Владеет физико-химическими методами анализа сточных вод для	Знает: существующие современные физико-химические методы анализа сточных вод для определения их компонентов	Устный опрос, письменный опрос

сточных вод и газообразных выбросов к потребностям производства	определения их компонентов	Умеет: использовать современные физико-химические методы анализа сточных вод для определения их компонентов Владеет: навыками интерпретации результатов современных физико-химических методов анализа сточных вод для определения их компонентов	Контрольная работа, Экзамен
	ПК-2.3. Способен адаптировать существующие технологии переработки и утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов к потребностям производства	Знает: основные существующие технологии переработки и утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов и методы их адаптации к потребностям производства Умеет: адаптировать существующие технологии переработки и утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов к потребностям производства Владеет: методами исследования технологий переработки и утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов с последующей адаптацией их к потребностям различных производственных циклов	Устный опрос, письменный опрос Контрольная работа, экзамен

#### 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	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			
Модуль 1. Структура и электронное строение твердых фотокатализаторов									
1	Гетерогенные системы фотокатализе	5	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
2	Кристаллическая структура твердых тел	5	4		4		10	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
	<i>Итого по модулю 1:</i>		<b>6</b>		<b>8</b>		<b>22</b>	Коллоквиум	
Модуль 2. Фотокатализаторы									
3	Полупроводниковые оксиды металлов как фотокатализаторы	5	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	
4	Композиционные фотокатализаторы	5	4		4		10	Устный опрос, решение задач, домашняя работа	

	<i>Итого по модулю 2:</i>		<b>6</b>		<b>8</b>		<b>22</b>	Коллоквиум
	Модуль 3. Применение фотокатализа для окисления органических соединений							
5	Фотокаталитическая очистка воды	5	2		4		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
6	Фотокаталитическая очистка воздуха	5	4		2		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>		<b>6</b>		<b>6</b>		<b>24</b>	Коллоквиум
	Модуль 4. Подготовка к экзамену							
	Подготовка к экзамену	2					36	экзамен
	<i>Итого по модулю 4:</i>						<b>36</b>	<b>экзамен</b>
	<b>ИТОГО:</b>		<b>18</b>		<b>22</b>		<b>104</b>	<b>экзамен</b>

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

**Тема 5. 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 6. 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. Применение фотокатализа для окисления органических соединений**

**Тема 5. Фотокаталитическая очистка воды.** Фотокаталитическое окисление органических красителей на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**Тема 6. 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 экзамену.

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методич. обеспечение
1.	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7, 8, 9 данного документа.
4.	Подготовка к экзамену.	Устный или письменный опрос	См. разделы 7, 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 либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

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

### **7.1. 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 р-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 фотокаталического 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.

*Вопросы для коллоквиумов*

1. Что такое фотокатализ?
2. Основные понятия и термины фотокатализа.
3. Кристаллическая структура твердых тел.
4. Дефекты в кристаллах.
5. Примесные и собственные дефекты.
6. Поверхность твердых тел.
7. Электронная структура идеального твердого тела.
8. Распределение Ферми. Уровень Ферми.
9. Понятие об электронно-дырочной проводимости.
10. Концентрация свободных носителей заряда в полупроводниках.

11. Поглощение света полупроводниками и диэлектриками.
12. Кинетические процессы с участием электронов и дырок.
13. Фотоэлектроны и фотодырки.
14. Генерация и рекомбинация носителей заряда при фотовозбуждении полупроводников.
15. Что такое ширина запрещенной зоны?
16. Фотокаталитическое и фотосорбционное поглощение света в гетерогенных системах.
17. Диоксид титана - как самый распространенный фотокатализатор.
18. Преимущества и недостатки диоксида титана.
19. Фотостимулированные процессы при фотовозбуждении диоксида титана.
20. Способы получения диоксида титана.
21. Наноматериалы на основе диоксида титана.
22. Полупроводники р-типа и п-типа.
23. Использование кислородных соединений железа в качестве полупроводников.
24. Полупроводниковые оксиды металлов с узкой шириной запрещенной зоны.
25. Гетероструктуры в качестве фотокатализаторов.
26. Композиционные фотокатализаторы.
27. Получение пленок диоксида титана и их использование в качестве фотокатализаторов.
28. Электрохимическое выращивание нанотрубок диоксида титана.
29. Атомно-слоевое осаждение диоксида титана.
30. Легирование диоксида титана металлами и неметаллами.
31. Современные достижения фотокатализа.
32. Методы исследования гетерогенных фотокатализаторов.
33. Оптические свойства твердых фотокатализаторов.
34. Методы рентгеноструктурного анализа при исследовании кристаллических материалов.
35. Определение размера кристаллов материалов. Уравнение Шеррера.
36. Определение квантового выхода фотокаталитической реакции.
37. Фоторазложение воды.
38. Фотокаталитическое восстановление диоксида углерода.
39. Фотоокисление оксида углерода (II).
40. Реакторы и вакуумные установки для исследования фотокаталитических процессов.
41. Реакторы для фотокаталитического окисления органических соединений в водных средах.
42. Фотореакторы для окисления летучих органических соединений в воздухе.
43. Фотокаталитическое окисление фенола.
44. Механизм фотокаталитического окисления фенола.
45. Фотокаталитическое разложение пероксида водорода.
46. Процессы фотоФентон. Окисление органических соединений с использованием пероксида водорода и соединений железа.
47. Экономическая оценка эффективности фотокатализа.
48. Фотокаталитическое окисление ацетона.
49. Очистка воздуха с использованием фотокатализа.

*Вопросы самостоятельной работы:*

1. Выделение металлов из водных растворов
2. Кинетика фотостимулированных реакций.
3. Механизм фотокаталитических реакций Ленгмюра-Хиншельвуда
4. Механизм фотокаталитических реакций Или-Ридила.
5. Фотосорбционная емкость адсорбента.
6. Квантовый выход.
7. Растворение полупроводниковых электродов под действием света.
8. Фотоэлектролиз.
9. Фотоэлектрохимическое окисление органических соединений.

10. Фототок и фотонапряжение.
11. Фотостимулированные превращения органических и неорганических веществ
12. Сенсибилизированное фотоокисление
13. Поглощение света в гетерогенных системах
14. Понятие фотосинтеза.
15. Масспектрометрия твердотельных фотокатализаторов.
16. Определение ширины запрещенной зоны с помощью спектров поглощения

## **7.2. 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. -

## **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>. – 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/>
- 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.
- 4) Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Нац. электрон. б-ка. — Москва – .Режим доступа: <https://нэб.рф> . – 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/>– Яз., англ.
- 7) Королевское химическое общество (Royal Society of Chemistry) [Электронный ресурс]: журналы издательства. – Режим доступа: <http://pubs.rsc.org/>– Яз., англ.
- 8) Американское химическое общество (ACS) [Электр. ресурс]: база данных полнотекстовых научных журналов Американского химического общества (ACS) коллекции Core+. – Режим доступа: <http://pubs.acs.org> Яз., англ.
- 9) American Physical Society (APS) [Электронный ресурс]: журналы издательства American Physical Society(Американского физического общества). - Режим доступа: <http://journals.aps.org/about>. – Яз., англ.
- 10) SAGE Premier[Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SAGE Premier. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/>. – 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.