

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

«\_21\_»\_\_02\_\_\_\_ 2023 года

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.01.01** Каталитические процессы защиты окружающей среды

Учебный план: 2023-2024 20.04.01 ИПХиЭ ТБ ОО №2-1-99.plx

Кафедра: **18** Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:  
(специальность) 20.04.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки: Инженерная защита окружающей среды  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
2	УП	17	17	37,75	0,25	2	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	2	
3	УП	17	34	66	27	4	Экзамен
	РПД	17	34	66	27	4	
Итого	УП	34	51	103,75	27,25	6	
	РПД	34	51	103,75	27,25	6	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность, утвержденным приказом Минобрнауки России от 25.05.2020 г. № 678

Составитель (и):

доктор технических наук, профессор

\_\_\_\_\_

Витковская Раиса  
Федоровна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и  
промышленной экологии

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай  
Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай  
Юрьевич

Методический отдел:

Макаренко С.В.

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Формирование компетенций будущих магистров в области процессов каталитической деструкции загрязнений сточных вод и газовых выбросов.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Дать основные понятия о катализе, типах процессов и применяемых катализаторах;
- раскрыть основные теории катализа;
- рассмотреть свойства катализаторов и способы их определения;
- показать закономерности протекания каталитических процессов;
- рассмотреть применяемое в катализе оборудование;
- дать примеры расчёта установок обезвреживания промышленных загрязнений.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Экологическая химия

Современные проблемы науки в области защиты окружающей среды

Энергохимические процессы защиты окружающей среды

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-1: Способен проводить экологический анализ проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации**

**Знать:** физико-химические основы получения каталитически активных материалов.

**Уметь:** прогнозировать природу катализатора и технологии его приготовления.

**Владеть:** навыками получения и исследования свойств каталитически-активных материалов.

**ПК-2: Способен устанавливать причины и последствия аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготавливать предложения по предупреждению негативных последствий.**

**Знать:** основы использования каталитических систем для ликвидации аварийных выбросов и сбросов загрязнений в окружающую среду.

**Уметь:** обоснованно выбирать технологию каталитической деструкции загрязнителей.

**Владеть:** навыками расчета норм расхода материалов при каталитической очистке аварийных сбросов и выбросов.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Катализ, введение и основные понятия.	2					С,Л
Тема 1. Понятие о химической кинетике, путях проведения реакции, константах скорости, порядке реакции и энергии активации.		2		4	ИЛ	
Тема 2. Классификация катализаторов и типы каталитических систем. Гомогенный и гетерогенный катализ. Лабораторная работа "Исследование кинетики каталитического разложения пероксида водорода на гомогенных и гетерогенных катализаторах".		2	4	6	ГД	
Тема 3. Механизмы действия катализаторов. Окислительно-восстановительные катализаторы. Роль соединений переходных металлов в катализе. Лабораторная работа "Изучение кинетики разложения этилацетата на щелочном катализаторе".		3	3	4,75	ГД	
Тема 4. Роль катализаторов в становлении современной промышленности. Лабораторная работа "Изучение научных основ теории катализа, понятие о каталитическом центре, внешне -, внутренне-диффузионной и кинетической области протекания процесса".		3	3	6	ГД	
Раздел 2. Структура гетерогенных катализаторов						
Тема 5. Основы приготовления катализаторов. Лабораторная работа "Изучение процесса окисления красителей на волокнистом катализаторе".		2	3	5	ГД	
Тема 6. Типы подложек – носителей катализаторов и их приготовление. Лабораторная работа "Изучение процесса приготовления гетерогенного катализатора на стекловолокнистой подложке".	2	4	6	ГД	Л,С	
Тема 7. Методы нанесения каталитических слоёв на подложки.	3		6	ИЛ		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	37,75			
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 3. Физико-химические методы исследования катализаторов	3					Л,С

Тема 8. Изучение морфологии, дисперсности, химического состава, фазового состава, текстурных характеристик, площади поверхности. Лабораторная работа "Изучение элементного состава образцов гетерогенных катализаторов рентгено-флуоресцентным методом".	2	8	8	ГД	
Тема 9. Изучение механических свойств катализаторов. Лабораторная работа "Изучение процесса окисления сульфидов на волокнистом катализаторе".	2	8	8	ГД	
Тема 10. Изучение химических свойств катализаторов. Интегральные и дифференциальные методы исследования, схемы проточно-циркуляционных установок.	2		7	ИЛ	
Раздел 4. Применение катализаторов в процессах очистки газовых и жидких сред от загрязнений.					
Тема 11. Схемы применения окислительно-восстановительного катализа для очистки сточных вод и газовых выбросов от различных токсикантов. Лабораторная работа "Изучение процесса деструкции органических веществ на стекловолокнистом катализаторе".	4	8	11	ГД	Л,С
Тема 12. Механизмы активации кислорода в водных растворах.	3		12	ИЛ	
Раздел 5. Совмещенные каталитические процессы и расчет каталитических аппаратов					
Тема 13. Взаимодействие пероксида водорода с ионами переходных металлов и их соединениями.	2		10	ИЛ	С,Л
Тема 14. Методы расчёта каталитических установок. Лабораторная работа "Изучение процесса окисления сульфита натрия на гомогенных и гетерогенных катализаторах".	2	10	10	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	34	66		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5	24,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		<b>87,75</b>	<b>128,25</b>		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	<p>Раскрывает методологию получения каталитически активных материалов, их текстурные характеристики и свойства.</p> <p>Обосновывает выбор метода получения катализатора с заданными свойствами.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования</p> <p>Практико-</p>

	Анализирует методы и приборное оборудование для определения характеристик катализаторов.	ориентированные задания
ПК-2	<p>Характеризует источники образования отходов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду; методы и средства ликвидации последствий нарушения состояния окружающей среды.</p> <p>Анализирует ситуационных процесс и корректирует технологические параметры каталитической деструкции загрязнителей.</p> <p>Определяет расчетные параметры каталитической загрузки и моделирует процесс каталитической очистки при аварийных сбросах.</p>	<p>Вопросы для устного собеседования</p> <p>Практико-ориентированные задания</p>

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям.	
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Индивидуальное задание выполнено в достаточном объеме, но ограничивается только основными подходами.	
3 (удовлетворительно)	Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам. Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.	
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.</p> <p>Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы.</p>	
Зачтено	Обучающийся твердо знает материал дисциплины, грамотно и по существу излагает его, владеет профессиональной терминологией, показывает умение работать с основной и дополнительной литературой, своевременно выполнил и	

	защитил лабораторные работы.	
Не зачтено	Обучающийся не владеет материалом дисциплины, профессиональной терминологией, допускает принципиальные ошибки при ответе на вопросы, не приобрел необходимые умения и навыки, не выполнил в полном объеме лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой.	

**5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**  
**5.2.1 Перечень контрольных вопросов**

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 3	
1	Понятие о скорости химической реакции. Путь химической реакции. Основное уравнение химической кинетики, константа скорости, порядок реакции и энергия активации.
2	Катализаторы, определения, механизмы действия катализаторов. Понятие о промежуточном комплексе субстрат – катализатор.
3	Типы катализаторов и каталитических реакций. Гетерогенный и гомогенный катализ, особенности, преимущества, недостатки.
4	Роль переходных металлов и их соединений в окислительно-восстановительном катализе.
5	Примеры каталитических процессов в промышленности.
6	Структура гетерогенного катализатора, понятие о носителе и каталитическом слое. Требования к носителям.
7	Известные способы нанесения каталитических слоёв на инертный носитель. Сравнение, преимущества, недостатки.
8	Носители катализаторов, применяемые в технике, сравнение, преимущества, недостатки.
9	Способы изучения формы, дисперсности катализаторов, ртутная порометрия
10	Способы определения поверхности гетерогенного катализатора. Сорбционные методы.
11	Исследование фазового состава и текстурных характеристик катализаторов. Рентгеновские, ультразвуковые, микроскопические способы.
12	Основные физико-химические способы изучения химического состава катализаторов.
13	Механические свойства катализаторов, прочность, упругость, твёрдость и способы их определения.
14	Методы исследования химической стойкости гетерогенных катализаторов.
15	Понятие о химической активности, селективности катализаторов.
16	Способы определения химической активности катализаторов. Дифференциальные и интегральные проточные и проточно-циркуляционные реакторы, достоинства и недостатки.
17	Понятие о каталитических ядах. Химическая природа и механизм действия веществ, блокирующих каталитическое действие. Способы борьбы с каталитическими ядами.
18	Роль окислительно-восстановительного катализа в промышленности. Схемы его применения для очистки жидкостей и газов от загрязнителей. Преимущества каталитической схемы очистки.
19	Кислород, как агент жидкофазного окисления. Растворимость кислорода в воде, механизмы активации растворённого кислорода.
20	Пероксид водорода, как окислитель. Его химические свойства, неустойчивость, основные пероксидные ионы и радикалы. Механизмы взаимодействия пероксида водорода с переходными металлами.
21	Особенности процессов окисления органических соединений пероксидом водорода в присутствии катализаторов.
22	Основные загрязнители промышленных газовых выбросов, поддающиеся очистке каталитическим способом.
23	Химический состав выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.
24	Расчёт каталитического блока обезвреживания выхлопных газов.
25	Основные загрязнители промышленных сточных вод, которые могут быть удалены каталитическим методом.
26	Расчёт каталитической установки каталитического окисления пероксидом водорода красителей в сточной воде текстильного предприятия.

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены.

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Для элементарной газофазной реакции  $H_2 + Ar \rightarrow 2H + Ar$  значение константы скорости при 3000 К равно  $2,2 \cdot 10^4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ . Определите скорость этой реакции, если известны концентрации  $[H_2]=4,1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ ,  $[Ar] = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ . При каком значении концентрации аргона скорость реакции увеличится вдвое?

2. Необходимо определить при температуре 273 К константу скорости реакции, энергия активации которой равна  $160 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ . С какой допустимой погрешностью следует осуществить измерение температуры, чтобы получить значение константы скорости с точностью до 2 %?

3. При иницировании фотохимической реакции необходимая для возбуждения энергия равна  $126 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ . Определите численные значения величин, соответствующих этой энергии: частота света; волновое число, длина волны, нм.

4. Присутствие катализатора позволяет уменьшить энергию активации химического процесса, реализуемого при температуре 500°C, от 50 до 35 кДж. Покажите:

а) во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической, полагая, что все другие факторы скорости реакции остаются неизменными;

б) при какой температуре каталитическая реакция протекала бы с такой же скоростью, что и некаталитическая при 500°C; какие преимущества дает использование катализатора.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- время на подготовку к устному собеседованию составляет 30 минут;
- выполнение практико-ориентированного задания составляет 30 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Панов В. П., Витковская Р. Ф.	Адсорбционно-каталитические процессы в защите окружающей среды	СПб.: СПбГУПТД	2013	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1762">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1762</a>
Радоуцкий, В. Ю., Ветрова, Ю. В., Васюткина, Д. И., Радоуцкий, В. Ю.	Опасные природные процессы	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/28371.html">http://www.iprbookshop.ru/28371.html</a>
Журавлева, М. В., Климентова, Г. Ю., Зиннурова, О. В., Гончарова, И. Н., Фирсин, А. А.	Каталитические процессы и нефтехимии и нефтепереработки	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/100689.html">http://www.iprbookshop.ru/100689.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Витковская Р. Ф., Петров С. В.	Каталитические процессы в защите окружающей среды. Лабораторный практикум	СПб.: СПбГУПТД	2017	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017100">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017100</a>
Мешалкин, А. В., Дмитриева, Т. В., Шемель, И. Г., Маньшина, И. В.	Экологическое состояние атмосферы	Саратов: Ай Пи Ар Букс	2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/33871.html">http://www.iprbookshop.ru/33871.html</a>



## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Министерство экономического развития Российской Федерации. Федеральная государственная информационная система территориального планирования [Электронный ресурс]. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru/>

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду