

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

« 29 » июня 2021 года

## Рабочая программа дисциплины

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

Учебный план: ФГОС 3++20.04.01\_Техносферная безопасность\_ОО.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.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Лаб. занятия				
2	УП	17	17	37,75	0,25	Зачет
	РПД	17	17	37,75	0,25	
3	УП	17	34	57	36	Экзамен
	РПД	17	34	57	36	
Итого	УП	34	51	94,75	36,25	
	РПД	34	51	94,75	36,25	

Санкт-Петербург  
2021

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

Составитель (и):

доктор технических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Витковская  
Федоровна

Раиса

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	6	ГД	
Тема 9. Изучение механических свойств катализаторов. Лабораторная работа "Изучение процесса окисления сульфидов на волокнистом катализаторе".	2	8	4	ГД	
Тема 10. Изучение химических свойств катализаторов. Интегральные и дифференциальные методы исследования, схемы проточно-циркуляционных установок.	2		4	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	57		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5	33,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		87,75	128,25		

#### 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	Раскрывает методологию получения каталитически активных материалов, их текстурные характеристики и свойства. Обосновывает выбор метода получения катализатора с заданными свойствами.	Вопросы для устного собеседования  Практико-

	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	Расчёт каталитической установки каталитического окисления пероксидом водорода красителей в сточной воде текстильного предприятия.
2	Основные загрязнители промышленных сточных вод, которые могут быть удалены каталитическим методом.
3	Расчёт каталитического блока обезвреживания выхлопных газов.
4	Химический состав выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.
5	Основные загрязнители промышленных газовых выбросов, поддающиеся очистке каталитическим способом.
6	Особенности процессов окисления органических соединений пероксидом водорода в присутствии катализаторов.
7	Пероксид водорода, как окислитель. Его химические свойства, неустойчивость, основные пероксидные ионы и радикалы. Механизмы взаимодействия пероксида водорода с переходными металлами.
8	Кислород, как агент жидкофазного окисления. Растворимость кислорода в воде, механизмы активации растворённого кислорода.
9	Роль окислительно-восстановительного катализа в промышленности. Схемы его применения для очистки жидкостей и газов от загрязнителей. Преимущества каталитической схемы очистки.
10	Понятие о каталитических ядах. Химическая природа и механизм действия веществ, блокирующих каталитическое действие. Способы борьбы с каталитическими ядами.
11	Способы определения химической активности катализаторов. Дифференциальные и интегральные проточные и проточно-циркуляционные реакторы, достоинства и недостатки.
12	Понятие о химической активности, селективности катализаторов.
13	Методы исследования химической стойкости гетерогенных катализаторов.
14	Механические свойства катализаторов, прочность, упругость, твёрдость и способы их определения.
15	Основные физико-химические способы изучения химического состава катализаторов.
16	Исследование фазового состава и текстурных характеристик катализаторов. Рентгеновские, ультразвуковые, микроскопические способы.
17	Способы определения поверхности гетерогенного катализатора. Сорбционные методы.
18	Способы изучения формы, дисперсности катализаторов, ртутная порометрия
19	Носители катализаторов, применяемые в технике, сравнение, преимущества, недостатки.
20	Известные способы нанесения каталитических слоёв на инертный носитель. Сравнение, преимущества, недостатки.
21	Структура гетерогенного катализатора, понятие о носителе и каталитическом слое. Требования к носителям.
22	Примеры каталитических процессов в промышленности.
23	Роль переходных металлов и их соединений в окислительно-восстановительном катализе.
24	Типы катализаторов и каталитических реакций. Гетерогенный и гомогенный катализ, особенности, преимущества, недостатки.
25	Катализаторы, определения, механизмы действия катализаторов. Понятие о промежуточном комплексе субстрат – катализатор.
26	Понятие о скорости химической реакции. Путь химической реакции. Основное уравнение химической кинетики, константа скорости, порядок реакции и энергия активации.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены.

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

Примеры практико-ориентированных заданий приведены в рабочей программе.

### 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>				
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>
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>
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>
<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

## Приложение

рабочей программы дисциплины «Каталитические процессы защиты окружающей среды»

по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность»

наименование ОП (профиля): «Инженерная защита окружающей среды»

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

№ п/п	Условия типовых задач
1	Для элементарной газофазной реакции $\text{H}_2 + \text{Ar} \rightarrow 2\text{H} + \text{Ar}$ 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 $[\text{H}_2]=4,1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ , $[\text{Ar}] = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ . 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	<p>Присутствие катализатора позволяет уменьшить энергию активации химического процесса, реализуемого при температуре <math>500^\circ\text{C}</math>, от 50 до 35 кДж. Покажите :</p> <p>а) во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической, полагая, что все другие факторы скорости реакции остаются неизменными;</p> <p>б) при какой температуре каталитическая реакция протекала бы с такой же скоростью, что и некаталитическая при <math>500^\circ\text{C}</math>; какие преимущества дает использование катализатора.</p>