

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан технологического факультета

Л.М. Хорошман

«*ЛМ*» *03* 20*21* г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД»

По программе подготовки 20.03.02. «Природообустройство и водопользование»  
(уровень бакалавриат)

профиль

«Комплексное использование и охрана водных ресурсов»

Петропавловск-Камчатский  
2021

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

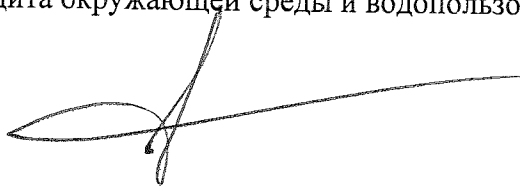
Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ЗОС, к.б.н.  Кашпура В.Н.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Защита окружающей среды и водопользование», протокол № 08 от «12» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой «Защита окружающей среды и водопользование» к.г.н., доц.

«18» марта 2021 г.



Л.М. Хорошман

## 1. Цель и задачи учебной дисциплины

Целями и задачами изучения дисциплины «Электрохимические методы очистки сточных вод» являются:

- приобретение студентами знаний в области теоретических основ современных электрохимических методов водоподготовки и очистки сточных вод;
- получение навыков анализа работы электрохимических аппаратов очистки и обеззараживания природных и сточных вод с оценкой достоинств и недостатков рассматриваемых конструкций.

## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:  
ОПК-2 – способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учета требований экологической и производственной безопасности.

Таблица – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-2	Способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учета требований экологической и производственной безопасности	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> : Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью.	<b>Знать:</b> - основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью.	З(ОПК-2)1
		ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> : Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности.	<b>Уметь:</b> - применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности.	У(ОПК-2)1
		ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> : Владеет навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности.	<b>Владеть:</b> - навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности.	В(ОПК-2)1

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Электрохимические методы очистки сточных вод» является дисциплиной обязательной части учебного плана основной профессиональной образовательной программы.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1 Тематический план дисциплины

##### Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Раздел 1. Теоретические основы электрохимических процессов.</b>	<b>56</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	-	<b>29</b>	Контрольная работа, опрос	
Тема 1. Химическое воздействие электрического тока.	10	5	2	3	-	5	Опрос	
Тема 2. Электродные потенциалы.	9	5	2	3	-	4	Опрос	
Тема 3. Понятие об окислительно-восстановительном равновесии в водных реакциях.	9	5	2	3	-	4	Опрос	
Тема 4. Массоперенос вещества и скорость электрохимической реакции.	7	3	1	2	-	4	Опрос	
Тема 5. Поляризационные явления в электрохимических реакциях.	7	3	1	2	-	4	Опрос	
Тема 6. Кинетические закономерности основных электродных процессов, протекающих при очистке сточных вод.	7	3	1	2	-	4	Опрос	
Тема 7. Понятие о редокс-процессах (электрохимическом восстановлении и окислении).	7	3	1	2	-	4	Опрос	
<b>Раздел 2. Применение электрохимических методов при очистке сточных вод.</b>	<b>52</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	-	<b>17</b>	<b>28</b>	Контрольная работа, опрос	
Тема 8. Классификация методов электрохимической очистки сточных вод.	8	4	1	-	3	4	Опрос	
Тема 9. Электрокоагуляция.	8	4	1	-	3	4	Опрос	
Тема 10. Электрокорректирование рН. Электрохимическая деструкция.	8	4	1	-	3	4	Опрос	
Тема 11. Окислительно-восстановительные процессы.	7	3	1	-	2	4	Опрос	
Тема 12. Методика расчета аппаратов для электрообработки природных и сточных вод.	7	3	1	-	2	4	Опрос	
Тема 13. Электрохимическая технология очистки сточных вод.	7	3	1	-	2	4	Опрос	

Тема 14. Основные проблемы современной технологии, перспективы развития и совершенствования электрообработки природных и сточных вод.	7	3	1	-	2	4	Опрос	
Зачет (дифференцированный)								
Всего	<b>108</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>57</b>		

## **4.2. Содержание дисциплины**

### **Раздел 1. Теоретические основы электрохимических процессов**

#### **Лекция 1.1. Химическое воздействие электрического тока.**

Законы Фарадея. Возможные области реализации электрохимических процессов в технологии очистки воды.

#### **Лекция 1.2. Электродные потенциалы.**

Уравнение Нернста.

Правило Лютера

#### **Практическая работа 1.1.**

**Задание:** Рассчитать с помощью уравнения Нернста равновесный потенциал электрода в растворе определенного состава.

#### **Лабораторная работа 1.1**

Очистка воды от взвешенных примесей отстаиванием

#### **Лекция 1.3. Понятие об окислительно-восстановительном равновесии в водных реакциях.**

Направление окислительно-восстановительных реакций.

Окислительно-восстановительный потенциал химических реакций в растворах.

#### **Лабораторная работа 1.2**

Определение pH природных и сточных вод

#### **Практическая работа 1.2.**

**Задание:** Расчет электрокоагуляторов

#### **Лекция 1.4. Массоперенос вещества и скорость электрохимической реакции**

Молекулярная диффузия.

Перенос под действием электрического тока.

Перенос веществ к поверхности электрода.

#### **Лекция 1.5. Поляризационные явления в электрохимических реакциях.**

Катодная поляризация.

Анодная поляризация.

#### **Практическая работа 1.3.**

**Задание:** Расчет электродеструкторов

## **Лекция 1.6. Кинетические закономерности основных электродных процессов, протекающих при очистке сточных вод.**

Катодные процессы при очистке сточных вод.

Анодные процессы при очистке сточных вод.

### **Лабораторная работа 1.3**

Определение солесодержания и электропроводности природных и сточных вод

## **Лекция 1.7. Понятие о редокси-процессах (электрохимическом восстановлении и окислении).**

Использование редокси-процессов для очистки вод от органических загрязнений. Реакции катодного восстановления. Метод анодного окисления для очистки сточных вод от полипропиленгликоля, фенантрена и др.

### **Лабораторная работа 1.4**

Обеззараживание воды УФ-облучением

### **Практическая работа 1.4.**

**Задание:** Расчет электрофлотаторов

### **Самостоятельная работа студентов**

В рамках контроля СРС предусмотрена подготовка и защита рефератов по одной из ниже представленных тем.

Список тем рефератов:

1. Методы превращения. Электрокоагуляция
2. Методы превращения. Электрохимическая деструкция.
3. Методы превращения. Электрокристаллизация.
4. Методы превращения. Электроокисление.
5. Методы превращения. Электровосстановление.
6. Методы разделения. Электрофлотация.
7. Методы разделения. Электродиализ.
8. Методы разделения. Электроосмос.
9. Методы разделения. Электрофорез.
10. Методы разделения. Электрофильтрация.

## **Раздел 2. Применение электрохимических методов при очистке сточных вод.**

### **Лекция 2.1. Классификация методов электрохимической очистки сточных вод.**

Методы и аппараты электрохимической очистки воды. Классификация методов.

Методы превращения. Методы разделения. Комбинированные методы.

### **Лекция 2.2. Электрокоагуляция.**

Поляризационная коагуляция. Электрохимическая коагуляция. Электролитическая коагуляция.

Концентрационная коагуляция. Аппаратурное оформление процессов электрокоагуляции.

Электрокоагуляция при обработке природных вод.

### **Лабораторная работа № 2.1**

Контроль органолептических показателей и физико-химических характеристик воды

### **Практическая работа 2.1.**

**Задание:** Расчет электрокорректоров

### **Лекция 2.3. Электрокорректирование рН. Электрохимическая деструкция.**

Выбор типа электродов. Влияние условий электролиза на окисление органических загрязнений. Конструкции аппаратов для электрохимической деструкции органических загрязнений.

### **Лабораторная работа 2.2**

Жесткость воды, ее определение и устранение

### **Лекция 2.4. Окислительно-восстановительные процессы**

Окислительно-восстановительные процессы в растворах гипохлоритов. Окислительно-восстановительные процессы при электролизе хлоридных растворов. Электрохимическое обеззараживание природных и сточных вод.

### **Практическая работа 2.2.**

**Задание:** Расчет электрокристаллизаторов

### **Лекция 2.5. Методика расчета аппаратов для электрообработки природных и сточных вод.**

Электрокристаллизация. Электрофлотация. Электродиализ. Электрофорез. Электрофильтрация.

Основные технологические параметры процессов электрохимической водоочистки.

### **Практическая работа 2.3.**

**Задание:** Расчет электродиализаторов

### **Лекция 2.6. Электрохимическая технология очистки сточных вод.**

Технологические воды гальванических производств. Сточные воды предприятий бытовой химии. Нефтепродукты. Нефтепродукты.

### **Практическая работа 2.4.**

**Задание:** Расчет электродиализаторов

### **Лабораторная работа 2.3**

Определение воды в материалах.

### **Лекция 2.7. Основные проблемы современной технологии, перспективы развития и совершенствования электрообработки природных и сточных вод.**

### **Практическая работа 2.5.**

**Задание:** Расчет электрофлоккуляторов

## **5 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся**

В целом внеаудиторная самостоятельная работа студента при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- выполнение домашних заданий в форме творческих заданий, кейс-стади, докладов;

- подготовка презентаций для иллюстрации докладов;
- выполнение контрольной работы, если предусмотрена учебным планом дисциплины;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине (зачет диф.).

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на проработку рекомендованной литературы с целью освоения теоретического курса, подготовку к практическим (семинарским) занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к семинарским занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Структура фонда оценочных средств**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Электрохимические методы очистки сточных вод» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **6.2.Перечень вопросов к итоговой аттестации (зачет диф.)**

1. Процессы на границе электрод—раствор.
2. Электродные потенциалы.
3. Механизм и кинетика электродных процессов.
4. Понятие о лимитирующей стадии и скорости процесса
5. Напряжение разложения водных растворов электролитов
6. Массоперенос и основные уравнения диффузионной кинетики
7. Кинетика основных электродных процессов, протекающих при очистке природных и сточных вод
8. Электролитическая диссоциация водных систем.
9. Подвижность и числа переноса ионов
10. Электропроводность электролитов
11. Перенапряжение водорода
11. Катодные процессы
12. Анодные процессы
13. Редокси-процессы (электрохимическое восстановление и окисление)
14. Коагуляция частиц в электрическом поле
15. Получение активного хлора методом электролиза
16. Классификация электрохимических методов очистки сточных вод
17. Расчет электрокристаллизаторов



18. Расчет электрокоагуляторов
19. Расчет электрофлотаторов
20. Расчет электрофлотокоагуляторов.
21. Расчет аппаратов электрохимической деструкции
22. Расчет электродиализных аппаратов
23. Расчет электрокорректоров рН и Eh.
24. Преимущества электрохимических методов очистки сточных вод по сравнению с традиционными
25. Электрохимическая очистка сточных вод от цианидов
26. Электрохимическая очистка сточных вод от тяжелых металлов
27. Пассивация электродов. Методы предотвращения и борьбы с этим явлением
28. Электрокоагуляторы с засыпными и прессованными электродами
29. Расчет систем вентиляции электролизных помещений
30. Газообразование в процессах очистки природных и сточных вод

## **7. Рекомендуемая литература**

### **7.1 Основная литература**

1. Швецов В.А., Потапов В.В. Улучшение качества природных вод и очистка сточных вод. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. - 158 с.

### **7.2 Дополнительная литература**

2. Волкова И. В. Оценка качества воды водоемов рыбохозяйственного назначения: учеб.пособие. — М.: Колос, 2009. — 352 с.

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>
- справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

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

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (зачет диф.).

**Лекции** посвящаются рассмотрению наиболее важных концептуальных вопросов. В ходе лекций студентам следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

Конкретные методики, модели, методы и инструменты стратегического анализа, оценки состояния конкурентной среды и т.д. рассматриваются преимущественно на практических занятиях.

**Целью проведения практических (семинарских) занятий** является закрепление знаний студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Практические занятия проводятся, в том числе, в форме семинаров. Для подготовки к занятиям

семинарского типа студенты выполняют проработку рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины; конспектирование источников; работу с конспектом лекций; подготовку ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, такие как:

#### 1. Лекция:

- проблемная лекция, предполагающая изложение материала через проблемность вопросов, задач или ситуаций. При этом процесс познания происходит в научном поиске, диалоге и сотрудничестве с преподавателем в процессе анализа и сравнения точек зрения;

- лекция-визуализация - подача материала осуществляется средствами технических средств обучения с кратким комментированием демонстрируемых визуальных материалов (презентаций).

#### 2. Семинар:

- тематический семинар - этот вид семинара готовится и проводится с целью акцентирования внимания обучающихся на какой-либо актуальной теме или на наиболее важных и существенных ее аспектах. Перед началом семинара обучающимся дается задание – выделить существенные стороны темы. Тематический семинар углубляет знания студентов, ориентирует их на активный поиск путей и способов решения затрагиваемой проблемы.

- проблемный семинар - перед изучением раздела курса преподаватель предлагает обсудить проблемы, связанные с содержанием данной темы. Накануне обучающиеся получают задание отобрать, сформулировать и объяснить проблемы. Во время семинара в условиях групповой дискуссии проводится обсуждение проблем.

#### 3. Игровые методы обучения:

- Анализ конкретных ситуаций (КС). Под конкретной ситуацией понимается проблема, с которой тот или иной обучаемый, выступая в роли руководителя или иного профессионала, может в любое время встретиться в своей деятельности, и которая требует от него анализа, принятия решений, каких-либо конкретных действий. В этом случае на учебном занятии слушателям сообщается единая для всех исходная информация, определяющая объект управления. Преподаватель ставит перед обучаемыми задачу по анализу данной обстановки, но не формулирует проблему, которая в общем виде перед этим могла быть выявлена на лекции. Обучающиеся на основе исходной информации и результатов ее анализа сами должны сформулировать проблему и найти ее решение. В ходе занятия преподаватель может вводить возмущающее воздействие, проявляющееся в резком изменении обстановки и требующее от обучаемых неординарных действий. В ответ на это слушатели должны принять решение, устраняющее последствие возмущающего воздействия или уменьшающее его отрицательное влияние.

Тестирование – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося. Контрольная работа – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу. Текущий контроль знаний осуществляется в форме проведения семинаров, решения задач, тестирования, а также в предусмотренных формах контроля самостоятельной работы. Консультации преподавателя проводятся для обучающихся с целью дополнительных разъяснений и информации по возникающим вопросам при выполнении самостоятельной работы или подготовке к практическим (семинарским) занятиям, подготовке рефератов, а также при подготовке к зачету. Консультации преподавателя проводятся в соответствии с графиком, утвержденным на кафедре, обучающийся может ознакомиться с ним на информационном стенде. Дополнительные консультации могут быть назначены по согласованию с преподавателем в индивидуальном порядке.

### **10 Курсовой проект (работа)**

Выполнение курсового проекта (работы) учебным планом изучения дисциплины не предусмотрено.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

### **11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса**

- электронные образовательные ресурсы;
- использование слайд-презентаций;
- изучение нормативных документов на официальном сайте федерального органа исполнительной власти, проработка документов;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

### **11.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса**

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- текстовый редактор Microsoft Word;
- пакет Microsoft Office
- электронные таблицы Microsoft Excel;
- презентационный редактор Microsoft Power Point;
- программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».
- Операционная система Microsoft Windows 7. © Microsoft Corporation. All Rights Reserved. (<http://www.microsoft.com>).
- Пакет прикладных офисных программ, включающий в себя текстовый процессор, средства просмотра pdf-файлов и средства работы с графикой.
- Электронно-библиотечная система «Лань».
- Информационно-поисковая система «Консультант Плюс».

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения занятий лекционного типа, практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебный кабинет 6-510 с комплектом учебной мебели.

Для самостоятельной работы обучающихся используются кабинеты 6-214 и 6-314; каждый оборудован комплектом учебной мебели, двумя компьютерами с доступом в информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации, принтером и сканером.

**Дополнения и изменения в рабочей программе за**  
**\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ учебный год**

В рабочую программу по дисциплине «Электрохимические методы очистки сточных вод» по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес \_\_\_\_\_

(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Защита окружающей среды и водопользование»

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_