

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.01.02** Реагентные методы очистки воды в технологии органических веществ

Учебный план: \_\_\_\_\_ ФГОСЗ++b180301.12-23\_23-14.plx

Кафедра:  Общей и неорганической химии

Направление подготовки:  
(специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки:  
(специализация) Химическая технология органических веществ

Уровень образования: бакалавриат

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				
5	УП	17	34	56,75	0,25	Зачет
	РПД	17	34	56,75	0,25	
Итого	УП	17	34	56,75	0,25	
	РПД	17	34	56,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

Кандидат химических наук, доцент

Смит Р.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Ардашева Л. П.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Тришин Ю.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области системных знаний о свойствах природной и производственной воды, методах ее контроля и реагентной подготовки для проведения химических процессов по технологическому регламенту, обеспечивающему высокое качество продукции и эффективность технологических процессов в технологии органических веществ.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Обучить студентов основам знаний о химии воды, о характере примесей природных и сточных вод в зависимости от различных факторов;
- Раскрыть принципы обоснованного подхода к выбору способа обработки воды для получения продукта необходимого качества;
- Рассмотреть теоретические основы реагентных методов удаления примесей;
- Показать основные принципы контроля качества воды.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Коллоидная химия

Физическая химия

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Математика

Органическая химия

Общая и неорганическая химия

Экология

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-1: Способен использовать знания естественнонаучных теорий для решения возникающих научных задач, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления**

**Знать:** основные принципы организации химического производства, связанного с водопотреблением; современные технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.

**Уметь:** организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов; использовать типовые методы контроля качества выполняемой продукции.

**Владеть:** методами проведения химического анализа, используя знания свойств химических элементов; методами регулирования процессов водоподготовки и определения технологических показателей.

### 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. Классификация показателей качества и методов очистки воды	5					Ко,Л
Тема 1. Предмет дисциплины «Реагентные методы очистки воды в технологии органических веществ». Назначение воды в целлюлозно-бумажном производстве.		0,25		2	ИЛ	
Тема 2. Классификация природных вод. Природный и промышленно-бытовой круговороты воды. Виды примесей воды.		0,5		2	ИЛ	
Тема 3. Показатели качества воды и методы их определения. Основные нормативы содержания загрязняющих веществ, образующихся в технологических процессах технологии органических веществ		1		3	ИЛ	
Тема 4. Классификация методов очистки и последовательность их применения в зависимости от происхождения (природная, сточная) воды		1		4	ИЛ	
Тема 5. Техника безопасности в химической лаборатории. Лабораторная работа № 1. Методы и приемы работы в химической лаборатории			4	1	ГД	
Раздел 2. Реагентная обработка воды. Предочистка						
Тема 6. Реагентные методы очистки воды. Сущность методов осаждения. Виды и назначение.	0,75		5	ИЛ		

<p>Тема 7. Способы интенсификации реагентной очистки: избыток реагентов, нагрев. Процессы, сопутствующие термообработке воды при реагентной очистке - смещение углекислотного равновесия, снижение карбонатной жёсткости. Лабораторная работа № 2. Определение различных видов жесткости и термическое умягчение воды</p>	1	4	5	ИЛ	
<p>Тема 8. Реагентные методы умягчения: известкование, известково-содовый, натронно-содовый, фосфатный Лабораторная работа № 3. Определение дозы реагентов и проведение известково-содового умягчения воды</p>	1	6	4	ИЛ	
<p>Тема 9. Обескремнивание воды. Назначение и способы удаления соединений кремния. Формы нахождения кремния в воде. Лабораторная работа № 4. Определение кремнесодержания, расчёт дозы каустического магнезита и магнезиальное обескремнивание воды</p>	1,5	4	2	ИЛ	
<p>Тема 10. Физико-химические основы коагуляции. Коллоидное состояние вещества. Свойства коллоидных систем. Строение коллоидной частицы. Причины устойчивости и условия разрушения коллоидных систем. Коагулянты, используемые в производстве. Эксплуатация осветительных фильтров. Оптимальные условия проведения процесса коагуляции. Технология коагуляции солями алюминия. Корректирующие добавки кислоты и щелочи. Применение полиэлектролитов. Лабораторная работа № 5. Обесцвечивание воды методом коагуляции. Выбор оптимальных доз реагентов.</p>	2	6	6	ИЛ	

<p>Тема 11. Удаление грубодисперсных примесей (осадков) из воды: процеживание и фильтрование. Решётки, песколовки, отстойники. Задачи фильтрования воды. Фильтрование пленочное и адгезионное. Основы теории работы фильтрующего слоя. Факторы, влияющие на процесс фильтрования: высота слоя, размер зерен, характер нагрузки, скорость, природа примесей и др. Фильтрующие материалы и требования, предъявляемые к ним. Конструкция песчано-гравийных фильтров и фильтров намывного типа.</p>	1		4	ИЛ	
<p>Тема 12. Утилизация осадков очистных сооружений. Состав осадков и их виды. Направления использования осадков стоков.</p>	1		4	ИЛ	
<p>Тема 13. Обезжелезивание воды. Соединения железа в воде. Способы очистки воды от железа: реагентные, каталитическое окисление, сорбционные методы Лабораторная работа № 6. Определение содержания ионов железа в воде и сорбционное обезжелезивание воды</p>	1	4	4	ИЛ	
<p>Раздел 3. Доочистка воды после реагентной обработки</p>					
<p>Тема 14. Ионный обмен (ИО) в технологии доочистки воды. Понятие о катионитах и анионитах, принцип метода ионирования. Закономерности ИО: эквивалентность, обратимость, селективность. Технологические показатели ионитов. Виды обменной емкости. Факторы, влияющие на величину обменной ёмкости. Характеристика выходной кривой поглощения примесей воды ионитом.</p>	1		3	ИЛ	Ко,Л
<p>Тема 15. Na-катионирование. Реакции, протекающие при Na-катионировании воды и регенерации Na-катионита. Влияние на эффект умягчения воды качества исходной воды и режима регенерации. Лабораторная работа № 7. Определение динамической обменной емкости ионита и умягчение воды</p>	1	6	4	ИЛ	

Тема 16. Область применения Н-катионирования. Реакции, протекающие при Н-катионировании воды и при регенерации Н-катионита. Определение ДОЕ ионита при обмене трёх видов ионитов. Характеристика выходной кривой. Классификация ионообменных фильтров. Схемы ионообменной обработки воды. Умягчение воды. Параллельное, последовательное и совместное Н-Na- катионирование. Химическое обессоливание воды. Схема глубокого обессоливания и обескремнивания воды с двумя ступенями ОН-анионирования. Качество воды после каждой стадии обработки. Область применения.	1		2	ИЛ	
Тема 17. Мембранные методы очистки. Назначение, виды и сущность метода. Конструкция фильтрующего элемента. Обратный осмос	2		1,75	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	34	56,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	51,25		56,75		

#### 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	Формулирует основные принципы организации водопотребления на химических предприятиях Ориентируется в типовых методах контроля качества исходной и подготовленной воды Подбирает методики проведения и метрологической оценки результатов химического анализа	1. Вопросы для устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных методов водоподготовки, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; может обоснованно подобрать схему процесса водоподготовки и анализа контроля качества воды; выполнил и оформил все лабораторные работы	Правильно подобрал алгоритм решения предлагаемой в билете задачи, провел все необходимые вычислительные действия, корректно интерпретировал результаты.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные принципы	Не смог корректно решить предложенную в билете задачу, не может воспользоваться предложенными формулами, не в

	<p>организации водопотребления на химическом предприятии; плохо ориентируется в основных понятиях, определениях и методах контроля качества воды; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.</p>	<p>состоянии устранить помарки даже под руководством преподавателя</p>
--	---	--

## 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 5	
1	Классификация природных и сточных вод
2	Показатели качества воды: технологические, физические, химические, санитарно-бактериологические. Способы их определения, размерности
3	Особенности органических примесей природных вод
4	Классификация примесей природных вод по фазово-дисперсной характеристике, по химическому составу
5	Методы удаления примесей из воды (общие принципы)
6	Задачи химических методов обработки воды в технологии органических веществ
7	Влияние примесей природной воды на процесс накипеобразования и на качество производимых волокнистых полуфабрикатов
8	Углекислотное равновесие
9	Влияние примесей природной воды на процесс коррозии оборудования, методы борьбы
10	Методы снижения агрессивности воды и жесткости термическим методом
11	Реагентные методы очистки воды. Сущность методов осаждения.
12	Виды и назначение реагентной очистки, способы её интенсификации.
13	Реагентные методы умягчения: известкование, известково-содовый, натронно-содовый, фосфатный.
14	Определение дозы химикатов при реагентной очистке
15	Формы нахождения кремния в воде. Обескремнивание воды. Назначение и способы удаления соединений кремния.
16	Механизм обесцвечивания воды. Условия разрушения коллоидных систем – коагуляция. Особенности коллоидного состояния вещества. Строение коллоидной частицы
17	Условия проведения практической коагуляции. Коагулянты, используемые в водоподготовке. Применение флокулянтов для интенсификации коагуляции
18	Совмещение процессов коагуляции, известкования и магнезиального обескремнивания. Контактная коагуляция, особенности. Принцип работы осветлителя
19	Утилизация осадков очистных сооружений. Состав осадков и их виды. Направления использования осадков стоков.
20	Удаление грубодисперсных примесей из воды: процеживание (сита, решётки). Песколовки.
21	Отстаивание воды. Сущность и назначение. Типы отстойников.
22	Удаление грубодисперсных примесей из воды: фильтрование. Задачи фильтрования воды. Фильтрование пленочное и адгезионное.
23	Основы теории работы фильтрующего слоя. Факторы, влияющие на процесс фильтрования: высота слоя, размер зерен, характер нагрузки, скорость, природа примесей и др.
24	Фильтрующие материалы и требования, предъявляемые к ним. Конструкция песчано-гравийных фильтров и фильтров намывного типа.
25	Обезжелезивание воды. Соединения железа в воде. Способы очистки воды от железа: реагентные, каталитическое окисление, сорбционные методы
26	Ионный обмен (ИО) в технологии доочистки реагентно обработанной воды. Понятие о катионитах и анионитах. Принципы метода ионирования.
27	Закономерности ИО: эквивалентность, обратимость, селективность.
28	Обмен ионов в статических и динамических условиях. Технологические показатели ионитов. Виды обменной емкости. Факторы, влияющие на величину обменной ёмкости. Характеристика выходной кривой поглощения примесей воды ионитом.
29	Na-катионирование. Реакции, протекающие при Na-катионировании воды и регенерации Na-катионита. Влияние на эффект умягчения воды качества исходной воды и режима регенерации.
30	Область применения H-катионирования. Реакции, протекающие при H-катионировании воды и при регенерации H-катионита.



31	Определение ДОЕ ионита при обмене трёх видов ионитов. Характеристика выходной кривой.
32	Умягчение воды. Параллельное, последовательное и совместное H-Na- катионирование.
33	Химическое обессоливание воды. Схема глубокого обессоливания и обескремнивания воды с двумя ступенями ОН-анионирования. Качество воды после каждой стадии обработки. Область применения.
34	Ультрафильтрация и нанофильтрация. Назначение и особенности метода, аппаратное оформление

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

1. Определите общую (Що) и гидратную (Щфф) щёлочность, а также содержание  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  (ммоль/дм<sup>3</sup>), если известно, что на титрование пробы объёмом 20 см<sup>3</sup> с индикатором метилоранж было израсходовано 1,19 см<sup>3</sup> соляной кислоты концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup>.

2. Определите содержание  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  (ммоль/дм<sup>3</sup>), а также объём раствора соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/дм<sup>3</sup> необходимый для определения общей (V0) и гидратной (Vфф) щёлочности, если известно, что в пробе воды объёмом 20 см<sup>3</sup> величина общей и гидратной щёлочности составляет 6,22 и 2,70 ммоль/дм<sup>3</sup> соответственно.

3. Рассчитайте общее солесодержание (Ссол, мг/кг), содержание хлорид ионов (СCl, мг/кг), жесткость общую (Ж0), кальциевую (ЖCa) и магниевую (ЖMg) (ммоль/дм<sup>3</sup>), если известно, что в 1 дм<sup>3</sup> анализируемой воде содержится 117 мг NaCl, 5,6 мг CaCl<sub>2</sub>, 24,8 мг MgSO<sub>4</sub>.

## 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

Студенты, выполнившие все требования текущего контроля отвечают на два теоретических вопроса и решают одну практическую задачу. Время на подготовку составляет 30 минут. Преподаватель вправе задать несколько дополнительных вопросов.

## 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>				
Старцева, Н. А., Полунина, О. А.	Химия воды. Ч.2	Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно- строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ	2019	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/107616.html">http://www.iprbooks.hop.ru/107616.html</a>
Шиян, Л. Н.	Химия Водоподготовка воды.	Томск: Томский политехнический университет	2014	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/34732.html">http://www.iprbooks.hop.ru/34732.html</a>
Чиркова, Е. И.	Системы водоснабжения и водоотведения	Санкт-Петербург: Санкт- Петербургский государственный архитектурно- строительный университет, ЭБС АСВ	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/86433.html">http://www.iprbooks.hop.ru/86433.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Малинина, З. З.	Контроль качества воды	Саратов: Профобразование	2022	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/125732.html">https://www.iprbooks.hop.ru/125732.html</a>

Копина, Г. И., Кабргель, О. И.	Химия воды	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/74356.html">http://www.iprbooks.hop.ru/74356.html</a>
Аксенов, В. И., Ушакова, Л. И., Ничкова, И. И., Аксенова, В. И.	Химия воды. Аналитическое обеспечение лабораторного практикума	Саратов, Екатеринбург: Профобразование, Уральский федеральный университет	2019	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/87898.html">http://www.iprbooks.hop.ru/87898.html</a>
Стоянов, Н. И., Беляев, Е. И., Куклите, Й. Я.	Водоподготовка	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/83236.html">http://www.iprbooks.hop.ru/83236.html</a>
Шарапов, В. И., Пазушкина, О. В., Мингараева, Е. В.	Низкотемпературная деаэрация воды в теплоэнергетических установках	Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет	2020	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/106138.html">http://www.iprbooks.hop.ru/106138.html</a>

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

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 Электронно-библиотечная система "Айбукс" [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ibooks.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Аудитория	Оснащение
Б-306	Вытяжные шкафы, весы аналитические, комплект посуды для количественного анализа и водоподготовки, вакуумный сушильный шкаф, электрические плитки, спектрофотометры и фотоколориметры ФЭК 56-М, КФК-2, КФК-3, Юнико 1201, СФ-2000, рН – метры марки ИПЛ – 301, хроматограф Цвет 100, высокочастотные титраторы, концентратомер КН-1, прибор для капиллярного электрофореза «Капель 3»
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска