

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 27.10.2023 13:43:53  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 23 » апреля 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИОНООБМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата

**Технология сорбентов и процессов газо- и водоочистки на их основе**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

**Факультет химической и биотехнологии**

**Кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		профессор В.В. Самонин
Профессор		ст. науч. сотр. Ю.С. Федоров

Рабочая программа дисциплины «Ионообменные материалы и их применение» обсуждена на заседании кафедры химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники протокол от «12» апреля 2021 № 6  
Заведующий кафедрой

В.В. Самонин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии протокол от «20» апреля 2016 № 19  
Председатель

М.В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	07
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.3.2. Лабораторные занятия.....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
4.5. Пример реферата и индивидуального задания.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-3 Способен использовать знания о строении сорбентов и катализаторов на их основе для получения материалов с заданными свойствами.	ПК-3.4 Знание особенностей строения и свойств ионообменных материалов	<b>Знать:</b> особенности строения и свойств ионообменных материалов, классификацию полимерных и неорганических ионитов, основы ионного обмена (ЗН-1). <b>Уметь:</b> подбирать ионообменный материал для очистки водных сред от катионов и анионов в зависимости от силы ионита (У-1). <b>Владеть:</b> навыком оценки характеристик ионообменных материалов в статических и динамических условиях (Н-1).
ПК-5 Способен подбирать технологии очистки газовых и жидких сред и почв с использованием сорбционных технологий	ПК-5.4 Знание основных областей применения ионообменных технологий	<b>Знать:</b> основные области применения ионообменных технологий, концентрационные ограничения, конструкционные особенности аппаратного оформления (ЗН 2). <b>Уметь:</b> оценивать эффективность ионообменной технологии при очистке водных сред от катионов и анионов, определять и рассчитывать динамическую емкость ионита (У-2). <b>Владеть:</b> навыками проведения ионообменной очистки воды в динамическом режиме и регенерации ионитов (Н-2).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Ионообменные материалы и их применение» (Б1.В.08) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы бакалавриата. Изучается на четвертом курсе, в восьмом семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: «Математика», «Физика», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Теоретические основы физической адсорбции и адсорбционных процессов» и «Методы исследования высокодисперсных и пористых тел» / Методы аттестации параметров пористой структуры и свойств сорбентов», «Динамика сорбции».

Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/ 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>88</b>
занятия лекционного типа	24
занятия семинарского типа, в т.ч.	48
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	-
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	48 (24)
курсовое проектирование (КР или КП)	12
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет, КР</b>

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Ионообменные материалы и их место в сорбционной технике. Классификация ионообменных материалов.	4	-	4	12	ПК-3.3
2	Неорганические ионообменные материалы. Получение, свойства и применение.	2	-	4	14	ПК-3.3
3	Полимерные органические ионообменные смолы. Получение, свойства и применение.	2	-	6	14	ПК-3.3
4	Технологические особенности очистки жидких (водных) сред с использованием ионообменных материалов.	6	-	14	14	ПК-3.3 ПК-5.4
5	Основные закономерности и уравнения процессов: статика, кинетика, динамика. Аппаратурное оформление.	4	-	8	12	ПК-5.4
6	Очистка газовых сред. Спектр основных загрязняющих веществ, основные технологические решения процесса очистки.	4	-	6	12	ПК-5.4
7	Основные стадии регенерации ионитов. Прямоточные и противоточные технологии регенерации ионитов	2	-	6	14	ПК-5.4

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы	Инновационная форма
1	<p><u>Ионообменные материалы и их место в сорбционной технике.</u></p> <p>Обзор состояния в области сорбционной очистки газовых и жидких сред с использованием материалов различных классов. Преимущества применения ионообменных материалов в отдельных процессах очистки газов и жидкостей от загрязняющих веществ различных классов.</p>	2	Проблемная лекция
1	<p><u>Классификация ионообменных материалов.</u></p> <p>Иониты – определение. Разновидности ионов в ионитах. Характеристика ионитов по типу матрицы, внешней форме, пористости, знаку заряда и природе противоионов. Полная, рабочая, статическая, динамическая обменные емкости. Органические и неорганические ионообменные материалы, химический состав и строение, текстура и пористая структура, характер ионогенных групп, стехиометрическая, полная и динамическая обменная емкость. Классификация по ряду признаков.</p>	2	
2	<p><u>Неорганические ионообменные материалы. Получение, свойства и применение</u></p> <p>Неорганические иониты. Химический состав и строение, пористая структура, ионообменные свойства. Получение и модификация в промышленности и лабораторной практике. Основные области использования. Получение ионообменных смол и характеристика основных марок промышленных катионитов и анионитов. Константа ионизации и ее влияние на работу ионообменных смол. Катиониты. Характеристика по типу матрицы и ионогенных групп. Аниониты. Характеристика по типу матрицы и виду и положению ионогенных групп.</p>	2	
3	<p><u>Полимерные органические ионообменные смолы. Получение, свойства и применение.</u></p> <p>Получение ионообменных смол и характеристика основных марок промышленных катионитов и анионитов. Константа ионизации и ее влияние на работу ионообменных смол. Катиониты. Аниониты. Полиамфолиты. Жидкие иониты. Иониты безреагентной регенерации, ионообменные волокна и мембраны, редокситы и жидкие иониты. Характеристика по типу матрицы и ионогенных групп. Химическая, термическая и механическая стойкость синтетических ионитов. Набухаемость ионитов в растворах кислот и</p>	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы	Инновационная форма
	щелочей и влияние данного воздействия на прочность материала.		
4	<p><u>Технологические особенности очистки жидких (водных) сред с использованием ионообменных материалов.</u></p> <p>Очистка жидких (водных) сред. Традиционные методы и ионный обмен, достоинства и недостатки. Кинетика ионного обмена. Динамические характеристики процесса, определение величины динамической обменной емкости.</p> <p>Конструкции адсорберов. Режимы адсорбции, структура слоя, схемы потоков, компоновка адсорберов.</p>	4	
4	<p>Сорбционные свойства ионитов. Сорбционная емкость, сорбционная способность, сорбируемость. Селективность ее виды и особенность. Коэффициент распределения, коэффициент селективности. Катиониты. Ряды селективности для основных катионитов и наиболее распространенных ионов. Аниониты. Ряды селективности, механизм поглощения. Изотерма ионного обмена. Графическое изображение, размерность, селективность, обратимость.</p>	2	
5	<p><u>Основные закономерности и уравнения процессов: статика, кинетика, динамика. Аппаратурное оформление.</u></p> <p>Типы изотерм ионного обмена, уравнение Никольского. Ионный обмен одного и нескольких ионитов. Особенности работы аппаратов в статических и динамических режимах. Роль кинетики в массообменных процессах.</p>	4	
6	<p><u>Очистка газовых сред. Спектр основных загрязняющих веществ, основные технологические решения процесса очистки.</u></p> <p>Основные типы реакций, реализующихся в водной пленке при протекании ионообменных процессов. Особенности очистки газов на волокнах. Особенности очистки газов на макропористых ионитах, отличие от процессов очистки на гелевых ионообменных смолах.</p>	2	
6	<p>Перечень наиболее токсичных соединений, подвергающихся очистке на ионообменных материалах (амины, меркаптаны). Механизм и условия проведения эффективного ионообменного</p>	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы	Инновационная форма
	процесса, применяемые ионообменные материалы, достигаемая глубина очистки, сорбционная емкость используемых материалов. Основные технологические решения процесса очистки газовых сред.		
7	<u>Основные стадии регенерации ионитов.</u> <u>Прямоточные и противоточные технологии регенерации ионитов.</u> Технология водоподготовки ШВЕБЕБЕТ. Фильтры с очисткой воды сверху вниз, а регенерацией снизу вверх . Сравнение распределения ионов при прямоточной и противоточной регенерации. Сравнение технологий АПКОРЕ и ПЬЮРОПАК.	2	

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		Всего	в том числе на практическую подготовку	
1-3	<u>Определение физико-химических свойств ионитов в статических условиях.</u> Проведение экспериментов определению основных параметров ионитов в статических условиях	14	7	
4	<u>Определение силы ионизации функциональных групп катионита методом потенциометрического титрования.</u> Определение полной статической обменной емкости Н-катионита по раствору едкого натра, а также определение равновесной обменной емкости по растворам хлорида натрия, уксуснокислого натрия, хлорида кальция и проведение потенциометрического титрования.	14	7	
5	<u>Определение динамической</u>	8	4	

	<u>активности ионитов по ионам металлов из водных сред.</u> Проведение работы по сорбции катионов жесткости (кальция и магния) в динамических условиях. Подготовка отчета и обсуждение результатов.			
6-7	<u>Определение ряда селективности катионита по отношению к катионам металлов в водных средах.</u> Проведение работы по сорбции смеси катионов кальция и меди для определения селективности сорбентов по отношению к каждому катиониту. Подготовка отчета и обсуждение результатов.	12	6	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. Часы	Форма контроля
1	Ионообменные материалы и их место в сорбционной технике	12	Устный опрос №1
2	Неорганические ионообменные материалы. Получение, свойства и применение.	14	Проверочная работа №1
3	Разновидности полимерных органических смол. Методы получения.	14	Устный опрос №2
4-6	Аппаратурное оформление различных вариантов прямоточной и противоточной схем компоновки оборудования при очистке водных и газовых сред.	38	Проверочная работа №2
7	Регенерация ионообменных материалов. Различные варианты регенерации и влияние на процесс ионного обмена.	14	Устный опрос №3

#### 4.5 Вариант проверочных работ

**Проверочная работа № 1** – Назовите характеристики ионитов по типу матрицы, внешней форме, пористости, знаку заряда и природе противоионов.

**Проверочная работа № 2** – Объясните следующие понятия и методы: ионная пара, константа ионизации, метод потенциометрического титрования и уравнение Гендерсона-Гассельбаха.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме курсовой работы и зачета. К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

### Вариант № 1

1. Перечислите промышленные органические зернистые катиониты, получение, структура, свойства.
2. Объясните смысл рядов селективности для основных катионитов и наиболее распространенных ионов, механизм поглощения.
3. Продемонстрируйте на примерах особенности регенерации ионитов в зависимости от наличия инертного материала по технологии ШВЕБЕБЕТ.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачтено».

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1. Сорбирующие материалы, изделия, устройства и процессы управляемой адсорбции/ В.В.Самонин, М.Л.Подвязников, В.Ю.Никонова [и др.] – Санкт-Петербург: «Наука», 2009. - 271 с. - ISBN 978-5-02-025346-9.
2. Самонин, В.В. Сорбционные технологии защиты человека, техники и окружающей среды / В. В. Самонин, М. Л. Подвязников, Е. А. Спиридонова. - Санкт-Петербург : Наука, 2021. - 531 с. - ISBN 978-5-02-040519-6
3. Фенелонов, В.Б. Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов и адсорбентов: сборник задач и вопросов с ответами и решениями / В.Б.Фенелонов, М.С.Мельгунов; Новосибирский государственный университет. - Новосибирск: издательство Новосибирского университета, 2010. - 188 с. – ISBN 978-5-94356-934-0.
4. Рябчиков, Б.Е. Современная водоподготовка / Б. Е. Рябчиков. - М. : ДеЛи плюс, 2013. - 680 с. - ISBN 978-5-905170-49-2.

## б) электронные учебные издания:

1. Определение изотерм адсорбции катионов цветных металлов из водных растворов : Методические указания / В. В. Самонин, В. Ю. Никонова, М. Л. Подвязников [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2008.-14 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 10.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Самонин, В.В. Изучение селективности сорбции катионов цветных металлов из водных растворов на различных сорбентах : Методические указания / В.В. Самонин, В.Ю. Никонова, М.Л. Подвязников; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 19 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 10.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Исследование физико-химических свойств воды и водных растворов, модифицированных фуллеренами : учебное пособие / В.В.Самонин, М.Л.Подвязников, Е.А.Спиридонова [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014.-79 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
4. Лейкин, Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов : Учебное пособие для вузов / Ю.А. Лейкин. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 414 с. - ISBN 978-5-00101-862-9. // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 05.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

## 8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

## 9. Методические для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине «Ионообменные материалы и их применение» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Стандартные программные продукты пакета «Apache\_OpenOffice»

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Помещения оснащены мебелью, посадочных мест 20-30. Для проведения лекционных и семинарских занятий имеются, проектор BenQ MX518, ноутбук HP Compaq Presario – 2 шт., проектор Vivitek D508 DLP, проекционный экран – 2 шт., пульт для управления презентацией, доски

Для проведения лабораторных работ по данной дисциплине используется титровальные установки, электрошкаф сушильный, рН-метр Н18314, аквадистиллятор ДЭ-10, весы ВМК 1501, весы ВМК 651, весы аналитические ВЛР-200.

Для самостоятельной работы помещения оснащены мебелью на 10-15 посадочных мест. Имеются установки ВТА, колориметр КФК-2, ультратермостат 2-15С, электрошкаф сушильный, весы лабораторные ВМ 213, весы ВМК 1501, весы ВМК 651, весы аналитические ВЛР-200. Установки по определению защитных свойств катализаторов и поглотителей, установки «Динамика», анализатор циклогексана «ЛАЦ», анализатор газов «Магистр», центрифуга ЦЛМН Р-10-0,1, колориметр КФК-2МП, спектрофотометр LEKI SS2107, перемешивающее устройство LOIP LS Хроматограф ЛХМ-80, хроматограф Цвет-500М, генератор водорода «Цвет-Хром-16».

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Ионообменные материалы и их применение»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ПК-3	Способен использовать знания о строении сорбентов и катализаторов на их основе для получения материалов с заданными свойствами.	промежуточный
ПК-5	Способен подбирать технологии очистки газовых и жидких сред и почв с использованием сорбционных технологий	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.4 Знание особенностей строения и свойств ионообменных материалов	Знает особенности строения и свойств ионообменных материалов, классификацию полимерных и неорганических ионитов, основы ионного обмена (ЗН-1).	Правильные ответы на вопросы № 1-5	Объясняет особенности строения и свойств ионообменных материалов, классификацию полимерных и неорганических ионитов, основы ионного обмена с ошибками.	Объясняет особенности строения и свойств ионообменных материалов, классификацию полимерных и неорганических ионитов, основы ионного обмена с наводящими вопросами.	Уверено объясняет особенности строения и свойств ионообменных материалов, классификацию полимерных и неорганических ионитов, основы ионного обмена.
	Способен подбирать ионообменный материал для очистки водных сред от катионов и анионов в зависимости от силы ионита (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 6-8	Показывает способность подбирать ионообменный материал для очистки водных сред от катионов и анионов в зависимости от силы ионита с ошибками.	Показывает способность подбирать ионообменный материал для очистки водных сред от катионов и анионов в зависимости от силы ионита с наводящими вопросами.	Показывает способность подбирать ионообменный материал для очистки водных сред от катионов и анионов в зависимости от силы ионита.
	Демонстрирует владение навыком оценки характеристик ионообменных материалов в статических и динамических условиях (Н-1).	Правильные ответы на вопросы № 9-12	Демонстрирует владение навыком оценки характеристик ионообменных материалов в статических и динамических условиях с ошибками.	Демонстрирует владение навыком оценки характеристик ионообменных материалов в статических и динамических условиях с наводящими вопросами.	Уверено демонстрирует владение навыком оценки характеристик ионообменных материалов в статических и динамических условиях.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.4 Знание основных областей применения ионообменных технологий	Называет основные области применения ионообменных технологий, концентрационные ограничения, конструкционные особенности аппаратурного оформления (ЗН 2).	Правильные ответы на вопросы № 13-17.	Называет с ошибками основные области применения ионообменных технологий, концентрационные ограничения, конструкционные особенности аппаратурного оформления.	Называет основные области применения ионообменных технологий, концентрационные ограничения, конструкционные особенности аппаратурного оформления с наводящими вопросами.	Уверено перечисляет основные области применения ионообменных технологий, концентрационные ограничения, конструкционные особенности аппаратурного оформления.
	Объясняет эффективность ионообменной технологии при очистке водных сред от катионов и анионов, определять и рассчитывать динамическую емкость ионита (У-2).	Правильные ответы на вопросы № 18-21.	Объясняет с ошибками эффективность ионообменной технологии при очистке водных сред от катионов и анионов, определять и рассчитывать динамическую емкость ионита.	Объясняет эффективность ионообменной технологии при очистке водных сред от катионов и анионов, определять и рассчитывать динамическую емкость ионита с наводящими вопросами.	Уверено объясняет эффективность ионообменной технологии при очистке водных сред от катионов и анионов, определяет и рассчитывает динамическую емкость ионита.
	Демонстрирует навыки проведения ионообменной очистки воды в динамическом режиме и регенерации ионитов (Н-2).	Правильные ответы на вопросы № 22 -23.	Слабо демонстрирует навыки проведения ионообменной очистки воды в динамическом режиме и регенерации ионитов.	Демонстрирует навыки проведения ионообменной очистки воды в динамическом режиме и регенерации ионитов с наводящими вопросами.	Уверено демонстрирует навыки проведения ионообменной очистки воды в динамическом режиме и регенерации ионитов.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:**

- 1 Назовите связь структуры воды с обменной способностью ионов. Перечислите разновидности ионов в ионитах, характеристика ионитов по типу матрицы, внешней форме, пористости, знаку заряда и природе противоионов.
- 2 Перечислите промышленные органические зернистые катиониты, получение, структура, свойства.
- 3 Назовите основные характеристики по типу матрицы и виду, и положению ионогенных групп.
- 4 Перечислите промышленные органические зернистые аниониты, получение, строение, свойства, применение.
- 5 Расскажите о ионитах безреагентной регенерации, полиамфолитах. Перечислите основные характеристики полиамфолитов: структура и свойства, основное назначение, области применения.
- 6 Поясните термины селективность, ее виды и особенность, коэффициенты распределения и селективности.
- 7 Объясните смысл рядов селективности для основных катионитов и наиболее распространенных ионов, механизм поглощения.
- 8 Поясните основные стадии очистки бытовых и городских сточных вод, параметры процесса, роль ионообменных технологий, используемые иониты.
- 9 Проясните на примерах кинетику ионного обмена и динамические характеристики процесса.
- 10 Проясните на примерах разницу в определении величины динамической обменной емкости и статической емкости.
- 11 Покажите особенности конструкции адсорберов с учетом характеристик ионитов применительно к статическим и динамическим условиям.
- 12 Проясните связь основных стадий регенерации ионитов между прямоточными и противоточными технологиями регенерации ионитов в статических и динамических условиях.

#### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-5:**

- 13 Назовите основные области применения ионообменных технологий
- 14 Назовите концентрационные ограничения, конструкционные особенности аппаратного оформления ионообменных технологий.
- 15 Перечислите достоинства ионообменных технологий по сравнению с обратным осмосом.
- 16 Перечислите достоинства и недостатки технологий ионного обмена по сравнению с процессом «мгновенной выпарки», используемой для обессоливания воды.
- 17 Назовите ограничения процесса ионного обмена для опреснения морской воды в сравнении с другими процессами.
- 18 Поясните методы расчета динамическую емкость ионита.
- 19 Объясните ключевые параметры гелевых, гранулированных, порошковых ионообменных материалов и других типов для очистки водных сред от катионов.
- 20 Поясните каким образом максимально использовать ионообменные материалы для очистки от катионитов и анионитов.
- 21 Поясните методику расчета динамической емкости ионита в процессе очистки воды от анионитов.
- 22 Покажите методологию очистки водных сред в динамическом режиме.
- 23 Проясните на примерах особенности регенерации ионитов в зависимости от наличия инертного материала по технологии ШВЕБЕБЕТ.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **4. Примерные темы курсовых работ**

1. Исследование механизма адсорбции тяжелых металлов (или d-элементов) на углеродной поверхности.
2. Определение функционального состава углеродной поверхности методом кислотно-основных индикаторов.
3. Исследование процесса сорбции катионов цветных металлов на сажах различной природы, в т.ч. фуллереновой.
4. Влияние pH водных растворов на ионообменные свойства углеродных материалов различного строения
5. Получение ионообменных материалов на основе лигнина и исследование их ионообменных свойств
6. Влияние химического активатора на кислотные группы сульфогля
7. Определение изотермы сорбции ионов щелочно-земельных и цветных металлов на неорганическом сорбенте.
8. Исследование ионообменных свойств природных сорбентов.
9. Разработка методики определения катионов цветных металлов с использованием арсеноазо-III.

#### **Примеры вопросов на защите курсовой работы:**

1. Приведите алгоритм исследования механизма сорбционного процесса металлов, на углеродной поверхности, показанного в курсовой работе?
2. Как Вы определяли функционального состава углеродной поверхности, приведенный в таблице в презентации?
3. С чем связан выбор процесса сорбции катионов цветных металлов на сажах различной природы, в т.ч. фуллереновой? Почему?
4. В чем достоинство определения pH водных растворов на ионообменные свойства углеродных материалов различного строения?
5. Объясните пример практического использования ионообменных материалов на основе лигнина для очистки водных сред?
6. Зачем используют химические активаторы для ионитов?
7. Как Вы объясните характер изотерм сорбции ионов щелочно-земельных и цветных металлов на неорганическом сорбенте?
8. В чем достоинства использования ионообменных природных сорбентов?
9. Какие главные достоинства определения индивидуальных и смешанных катионитов с использованием цветных реактивов?

#### **Варианты проверочных работ.**

##### **Устный опрос 1**

1. Отличие ионитов от активированных углей при очистке водных сред?

##### **Проверочная работа 1**

2 Характеристика ионитов по типу матрицы, внешней форме, пористости, знаку заряда и природе противоионов.

3 Набухаемость ионитов в растворах кислот и щелочей и влияние данного воздействия на прочность материала.

##### **Устный опрос 2.**

- 4 Отличие синтетических и природных ионитов.

##### **Проверочная работа 2.**

5 Особенности ионообменных процессов. Ионная пара. Константа ионизации. Метод потенциометрического титрования. Уравнение Гендерсона-Гассельбаха.

6 Сравнение распределения ионов при прямоточной и противоточной регенерации.  
Устный опрос 3.

7. Стадии регенерации ионитов и современные подходы к их оптимизации.

**5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсовой работы и зачёта.

Шкала оценивания на зачёте – «зачёт», «незачет». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.