

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 30.05.2022 16:02:19  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

**Рабочая программа дисциплины  
ТЕХНОЛОГИЯ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

**Направление подготовки  
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

**Направленность программы бакалавриата  
Рациональное использование материальных, энергетических и водных ресурсов**

**Профессиональный модуль  
Химическая технология очистки и рационального использования водных ресурсов**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	03
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	03
3. Объем дисциплины .....	04
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	04
4.2. Занятия лекционного типа .....	05
4.3. Занятия семинарского типа .....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.3.2. Лабораторные занятия .....	08
4.4. Самостоятельная работа .....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	09
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	12
10.2. Программное обеспечение .....	13
10.3. Информационные справочные системы .....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	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.

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b>	способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<b>Знать:</b> - особенности протекания процессов адсорбции в жидких (водных) средах; - сорбционные явления, природу сорбционных взаимодействий; - характеристики сорбентов. <b>Владеть:</b> - информацией об особенностях применения сорбентов и сорбирующих устройств в процессах водоочистки и водоподготовки.
<b>ПК-5</b>	готовность обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду	<b>Уметь:</b> - прогнозировать и обосновывать условия реализации процессов водоочистки и водоподготовки путем выбора поглотителя, режима работы и конструктивного решения фильтра с сорбирующей насадкой. <b>Владеть:</b> - представлением об особенностях применения сорбентов и сорбирующих устройств в процессах водоочистки и водоподготовки.
<b>ПК-15</b>	способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты	<b>Владеть:</b> - методиками исследования свойств сорбентов и характеристик очищаемых сред.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к профессиональному модулю по выбору Б1.В.ДВ.01.02 «Химическая технология очистки и рационального использования водных ресурсов», является обязательной (Б1.В.ДВ.01.02.07) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Прикладная механика», «Процессы и аппараты химической технологии», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Моделирование энергосберегающих и ресурсосберегающих процессов», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Электротехника и промышленная электроника», «Основы экологии», «Введение в специальность и основы научных исследований», «Реагентные методы очистки воды», «Технология утилизации отходов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Технология сорбционной очистки природных и сточных вод» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении других дисциплин, в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>6/216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>144</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	72
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы	72
курсовое проектирование (КР или КП)	КР
КСР	36
Из них курсовой проект	25
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>27</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>КР, экзамен (45)</b>

### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Теоретические основы сорбции. Многокомпонентность сорбции. Регенерация адсорбентов. Природные и синтетические сорбенты.	12	-	36	8	ПК-1
2.	Очистка жидких (водных) сред. Основные закономерности и уравнения: статика, кинетика, динамика. Аппаратурное оформление. Применяемые адсорбенты.	24	-	36	19	ПК-5 ПК-15

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	<p><u>Теоретические основы сорбции. Многокомпонентность сорбции. Регенерация адсорбентов. Природные сорбенты.</u></p> <p>Дисперсность. Классификация систем по степени дисперсности. ВДПТ – высокодисперсные пористые тела. Величина удельной поверхности – характеристика пористого тела. Эквивалентный радиус пор. Классификация пор по размерам. Понятия сорбент, сорбтив, сорбат. Виды сорбционных явлений (физическая адсорбция, абсорбция, капиллярная конденсация, химическая адсорбция, хемосорбция, активированная сорбция). Природа адсорбционных сил. Составляющие дальнедействующих сил. Исследования Гамакера. Электролитическая теория Лифшица. Водородная связь. Пористая структура адсорбентов, ее основные характеристики. Особенности микро-, мезо-, макропор. Структурная и энергетическая однородность сорбентов. Картина заполнения пор в процессе сорбции. Равновесная величина адсорбции. Величина удельной сорбции. Понятие «пористая структура». Обратимость адсорбции. Термическое уравнение обратимой сорбции. Изотермы, изобары, изопикны, изостеры адсорбции. Уравнение адсорбции Гиббса. Уравнение адсорбции Фрейндлиха. Определение констант уравнения. Классификация изотерм адсорбции (ИА) по Бруннауэру. ИА в относительных координатах (<math>a = f(p/p_s)</math>). Области низких, средних, высоких относительных давлений. Факторы, влияющие на вид ИА. Основные параметры пористой структуры (ПС). Работы М.М.Дубинина Предельная величина адсорбции. Объем микропор. Предельная величина сорбции. Предельный объем сорбционного пространства. Объем мезопор. Исправленная предельная величина адсорбции. Объем макропор. Суммарный объем пор. Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, насыпная плотности сорбента. Методы их определения. Порозность слоя. Метод «молекулярных щупов» – структурно-сорбционный метод исследования ПС. Интегральная теплота сорбции. Дифференциальная теплота сорбции. Явление избирательности адсорбции. Коэффициенты разделения. Влияние различных факторов на избирательность адсорбции. Природные неорганические сорбенты. Синтетические неорганические сорбенты. Углеродные сорбенты. Регенерация сорбентов.</p>	12	Слайд-презентация
2.	<p><u>Очистка жидких (водных) сред. Основные закономерности и уравнения: статика, кинетика,</u></p>	24	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>динамика. Аппаратурное оформление.</p> <p><u>Применяемые адсорбенты</u></p> <p>Очистка жидких (водных) сред. Сравнение традиционных методов (механических, реагентных, биотехнологических и др.) не дающих достаточно высоких степеней очистки для использования воды в питьевом, хозяйственном и оборотном водоснабжении. Использование водоочистительных установок с АУ в развитых странах, производительность, стоимость очистки, сравнение в аналогичными показателями в СССР и России. Основы адсорбции из воды, вытеснительный характер адсорбции, сравнение с адсорбцией газов и паров из газовых сред. Правило Траубе и области его выполнения. Структура жидкой воды. Избирательность и вытеснительный характер адсорбции органических веществ из воды. Влияние взаимодействия воды с поверхностью сорбента и с растворенным веществом на интенсивность адсорбции вещества из воды. Применимость адсорбентов для очистки водных растворов от органических веществ, энергетические характеристики взаимодействия гидрофильной и гидрофобной поверхности с молекулами воды и с органическими молекулами (специфическое и дисперсионное взаимодействие). Примеры соединений адсорбирующихся из воды на АУ по Е (кДж/моль). Концентрационные границы (экономическое обоснование) применимости адсорбционной технологии для очистки сточных вод (СВ). Поправочный коэффициент. Изотерма адсорбции (ИА) растворенного вещества (по БЭТ). Основные ИА из воды по классификации Смита Эмпирическое уравнение Фрейндлиха, применяемое на практике для инженерных решений и расчетов, границы использования. Уравнение Лэнгмюра для растворов, трансформация в уравнение Генри при малых концентрациях. Основы термодинамики: уравнение Гиббса для адсорбции из растворов. Предложения Когановского по использованию значений <math>G</math> для классификации адсорбции различных соединений и радикалов на АУ марок БАУ, КАД, ОУ-А. Эльтеков, Плавник: применение ТОЗМ для описания процесса сорбции из растворов, преимущества и недостатки подхода. Порядок гомологических рядов по адсорбируемости на активных углях из водных растворов. Кинетика и динамика сорбции из водных растворов. Факторы, влияющие на скорость сорбции. Сорбция индивидуальных компонентов. Уравнение Шилова, уравнения Стадника (время защитного действия, длина зоны массопереноса, коэффициент</p>		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>диффузии). Уравнение Бохарда-Адамса. Сорбция смесей. Влияние хроматографического эффекта. Сравнение процессов реализующихся в режиме фильтрации и перемешивания. Пористая структура адсорбентов и ее влияние на избирательность адсорбции органических веществ из водных растворов. Сорбция неорганических примесей на активных углях. Примеры хорошо и плохосорбирующихся классов соединений. Интенсификация процессов адсорбции неорганических соединений на АУ, путем их модифицирования. Конструкции адсорберов. Адсорберы, работающие с использованием гранулированных сорбентов (гранулированных активных углей – ГАУ): режимы (фильтрации, перемешивания), структура слоя (плотный стационарный, расширенный, движущийся, ожиженный – КС), схемы потоков (восходящие, нисходящие) и расположения адсорберов (последовательно, параллельно). Назначение АУ, в зависимости от вида изотермы адсорбции и выходной кривой. Особенности конструкций адсорберов, системы распределения водных потоков (провальные и беспровальные), особенности промывки, узкие места. Расчет систем сорбционной очистки для многосекционных противоточных аппаратов с полным перемешиванием в каждой секции и линейной изотермой адсорбции. Формула Родзиллера. Адсорберы работающие с использованием порошкообразных сорбентов (порошкообразных активных углей – ПАУ): режимы (перемешивания, фильтрации: намывные фильтры с зернистой загрузкой и фильтрующими мембранами). Расчет систем сорбционной очистки для линейной изотермы адсорбции. Основные сорбционные и гидравлические характеристики систем с ПАУ. Реальные процессы очистки воды от загрязняющих веществ различной природы. Перечень объектов: органические соединения, ионы металлов (радиоактивные, цветные и др.), N-содержащие соединения, S-содержащие соединения, Hg-содержащие соединения. Очистка воды от органических ЗВ. Понятие ХПК, БПК. Описание комплексного процесса очистки воды от ЗВ, путем проведения физико-механической обработки (ФМО), биохимической обработки (БХО), химической (реагентной) обработки (ХРО), физико-химической обработки (ФХО) - сорбционной. Сопоставление БПК/ХПК для различных органических веществ и различных методов обработки. Дехлорирование питьевой воды. Характеристика и механизм процесса. Удаление</p>		

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	запахов из питьевой воды, расход АУ для данной цели в развитых странах. Влияние сорбционной обработки воды на ее бактериальную обсемененность. Характеристика процесса по коли-индексу и микробному числу. Очистка воды от ионов металлов. Применение пористых носителей в процессах БХО воды в качестве носителей иммобилизованных микроорганизмов.		

### 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
1.	<u>Определение основных свойств и характеристик сорбционных материалов.</u> Определение предельного объема сорбционного пространства, определение суммарного объема пор, определение пикнометрической плотности, эффективного объема микропор и объема мезопор, определение влажности, зольности, содержания летучих, определение поглотительной способности по метиленовому голубому и активности по йоду.	36	
2.	<u>Адсорбционная очистка воды от растворимых органических веществ.</u> Изучение адсорбции карбоновых кислот из водных растворов на активированном угле титриметрическим методом.	12	
2.	<u>Определение эффективности доочистки питьевой воды на бытовых фильтрах.</u> Освоение методики определения эффективности доочистки питьевой воды от активного хлора, ионов железа, жесткости и органических веществ на бытовых фильтрах.	12	
2.	<u>Адсорбционная очистка воды от нефтепродуктов.</u> Изучение адсорбции нефтепродуктов из водных растворов на активированном угле. Ик-спектрометрический метод определения содержания нефтепродуктов в воде.	12	



#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1.	Удаление из воды особо токсичных соединений. Источник загрязнений, уровень ПДК, возможности БХО и сорбционного метода.	2	Устный опрос
1.	Структура жидкой воды (модель I и II) и водных растворов. Внедрение гидрофильных и гидрофобных молекул (радикалов) в структуру воды, энергетические характеристики, различия.	1	
1.	Концентрационные границы применимости адсорбционной технологии для очистки сточных вод (СВ). Поправочный коэффициент.	1	
1.	Сорбция смесей. Влияние хроматографического эффекта. Сравнение процессов реализующихся в режиме фильтрации и перемешивания. Пористая структура адсорбентов и ее влияние на избирательность адсорбции органических веществ из водных растворов.	2	
1.	Кинетика ионного обмена, основные стадии, влияние концентрации растворов на характер диффузионных процессов.	1	
1.	Особенности конструкций адсорберов: системы распределения водных потоков, особенности промывки.	1	
2.	Очистка СВ гидролизных заводов. Основные ЗВ, влияние методов обработки на БПК/ХПК очищенных стоков.	1	
2.	Обесфеноливание подсмольных СВ.	1	
2.	Природные неорганические сорбенты, основные группы.	1	
2.	Промышленные технологии получения сорбентов (АУ, АОА, СГ и др.).	2	

#### 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.technology.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме курсовой работы и экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 60 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Виды сорбционных явлений (процессов).
2. Эльтеков, Плавник: применение ТОЗМ для описания процесса сорбции из растворов, преимущества и недостатки подхода. Порядок гомологических рядов по адсорбируемости на активных углях из водных растворов.
3. Очистка СВ от красителей и ПАВ. Сорбционная способность используемых АУ, константы уравнения Фрейндлиха для различных красителей и ПАВ.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

**а) основная литература:**

1. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / К. Холмберг [и др.] ; пер. с англ. Г. П. Ямпольской ; под ред. Б. Д. Сумма. – 2-е изд. (электронное). – Электрон. текстовые дан. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 529 с. (ЭБС)
2. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 472 с.
3. Мухин, В. М. Производство и применение углеродных адсорбентов / В. М. Мухин, В. Н. Клушин ; Рос. хим.-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева. – М. : [б. и.], 2012. – 307 с.
4. Григорьева, Л. В. Изучение процесса флокуляции. Определение дозы флокулянта пробным флокулированием : методические указания / Л. В. Григорьева, В. В. Далидович, Е. Д. Хрылова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. – Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2014. –16 с. (ЭБ)
5. Григорьева, Л. В. Определение жесткости воды и способы ее умягчения : методические указания / Л. В. Григорьева, В. В. Далидович, Е. Д. Хрылова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. – Электрон. текстовые дан. – СПб. : [б. и.], 2014. – 15 с. (ЭБ)
6. Просеков, А. Ю. Общая биология и микробиология. / А. Ю. Просеков, Л. С. Солдатова, И. С. Разумникова, О. В. Козлова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Проспект науки, 2012. – 319 с.
7. 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 ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. – СПб. : [б. и.], 2010. – 19 с. (ЭБ)
8. Получение модифицированных фуллеренами адсорбентов и изучение их сорбционных характеристик : методические указания к лабораторным работам / В. В. Самонин [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Электрон. текстовые дан. – СПб. : [б. и.], 2012. – 20 с. (ЭБ)
9. Получение сорбционно-активных материалов, поверхностно модифицированных фуллеренами : Методические указания / В. В. Самонин [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. – Электрон. текстовые дан. – СПб. : [б. и.], 2011. – 18 с. (ЭБ)

10. Исследование физико-химических свойств воды и водных растворов, модифицированных фуллеренами : учебное пособие / В. В. Самонин [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии материалов и изделий сорбц. техники. – Электрон. текстовые дан. – СПб. : [б. и.], 2014. – 79 с. (ЭБ)

**б) дополнительная литература:**

- 1 Анализ воды: Справочник / ред. Л. М. Л. Ноллет, Л. С. П. де Гелдер, пер с англ. 2-го изд. под ред. И. А. Васильевой, Е. Л. Пролетарской. – СПб. : Профессия ; СПб. : ЦОП «Профессия», 2012. – 919 с.
- 2 Рябчиков, Б. Е. Современная водоподготовка / Б. Е. Рябчиков. – М. : ДеЛи плюс, 2013. – 680 с.
- 3 Спеллман, Ф. Р. Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация : пер. с 2-го англ. изд. Кн. 1. Справочник / Ф. Р. Спеллман ; под общ. ред. М. И. Алексеева. – СПб. : Профессия, 2014. – 1022 с.
- 4 Спеллман, Ф. Р. Справочник по очистке природных и сточных вод. Водоснабжение и канализация : пер. с 2-го англ. изд. Кн. 2. Приложение / Ф. Р. Спеллман ; под общ. ред. М. И. Алексеева. – СПб. : Профессия, 2014. – 283 с.
- 5 Зуева, С. Б. Экозащитные технологии систем водоотведения предприятий пищевой / С. Б. Зуева, С. С. Зарцына, В. И. Щербаков. – СПб. : Проспект науки, 2012. – 327 с.
- 6 Волков, В. А. Теоретические основы охраны окружающей среды / В. А. Волков. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2015. – 256 с.
- 7 Гогина, Е. С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения / Е. С. Гогина, А. Д. Гуринович, Е. А. Урецкий. – М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2012. – 312 с

**в) вспомогательная литература:**

- 1 Когановский, А. М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод / А. М. Когановский; АН УССР. Ин-т коллоид. химии и химии воды им. А. В. Думанского. – Киев : Наук. думка, 1983. – 239 с.
- 2 Инженерная защита окружающей среды : очистка вод. Утилизация отходов / Под ред. Ю. А. Бирмана, Н. Г. Вурдовой. - М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2002. – 295 с.
- 3 Кривошеин, Д. А. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков / Д. А. Кривошеин, П. П. Кукин, В. Л. Лапин [и др.]. – М. : Высш. шк., 2003. – 344 с.
- 4 Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы : научное издание / М. Хенце, П. Армоз, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван ; пер. с англ. Т. П. Мосоловой, под ред. С. В. Калюжного. – М. : Мир, 2006. – 480 с..
- 5 Кармазинов, Ф. В. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга / ГУП «Водоканал СПб» ; под общ. ред. Ф. В. Кармазинова. – СПб. : Стройиздат, 1999. – 424 с.
- 6 Проскуряков, В. А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В. А. Проскуряков, Л. И. Шмидт. – Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1977. – 463 с.
- 7 Когановский, А. М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко [и др.]. – М. : Химия, 1983. – 287 с.
- 8 Алексеев, Л. С. Контроль качества воды / Л. С. Алексеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 159 с.
- 9 Смирнов, А. Д. Сорбционная очистка воды: научное издание / А. Д. Смирнов. – Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1982. – 168 с. :
- 10 Самонин, В. В. Сорбирующие материалы, изделия, устройства и процессы управляемой адсорбции / В. В. Самонин, М. Л. Подвязников, В. Ю. Никонова [и др.]. – СПб. : Наука, 2009. – 271 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

Базы данных:

[www.chemweb.com](http://www.chemweb.com)

<http://scholar.google.ru/>

<http://www.scopus.com/home.url>

<http://www.emolecules.com/> база данных по веществам

[http://www.dmoz.org/Science/Chemistry/Chemical\\_Databases/](http://www.dmoz.org/Science/Chemistry/Chemical_Databases/) база данных о

токсичности веществ

<http://www2.viniti.ru/>

Российская государственная библиотека:

<http://www.rsl.ru>

Российская национальная библиотека:

<http://www.nlr.ru>

Государственная публичная научно-техническая библиотека России:

<http://www.gpntb.ru>

Электронно-библиотечные системы:

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

«eLIBRARY» [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru);

Springer link <https://link.springer.com/>;

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

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

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

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

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

СТО СПбГТИ 016-2015. КС УКВД. 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 багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

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

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

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

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

Apache\_OpenOffice\_.

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 30 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используются лаборатории, снабженные специализированным оборудованием:

- Колориметр КФК-2.
- Ультратермостат 2-15С.
- Титровальные установки.
- Аквадистиллятор ДЭ-10.
- Весы лабораторные ВМ 213.
- Весы ВМК 1501.
- Весы ВМК 651.
- Весы аналитические ВЛР-200.
- Кондуктометр «Эксперт-002-2-6п».
- Иономер И-500.
- Концентратомер КН-2м.

## **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 «Технология сорбционной очистки природных и сточных вод»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	<b>способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</b>	промежуточный
<b>ПК-5</b>	<b>готовность обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду</b>	промежуточный
<b>ПК-15</b>	<b>способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты</b>	промежуточный

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

<b>Показатели оценки результатов освоения дисциплины</b>	<b>Планируемые результаты</b>	<b>Критерий оценивания</b>	<b>Компетенции</b>
Освоение раздела № 1	Знает особенности протекания процессов адсорбции в жидких (водных) средах. Знает о сорбционных явлениях, о природе сорбционных взаимодействий. Знает основные характеристики сорбентов. Владеет информацией об особенностях применения сорбентов и сорбирующих устройств в процессах водоочистки и водоподготовки.	Правильные ответы на вопросы № 1 – 24 к экзамену	ПК-1
Освоение раздела № 2	Умеет прогнозировать и обосновывать условия реализации	Правильные ответы на вопросы № 25 – 38 к экзамену	ПК-5

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	<p>процессов водоочистки и водоподготовки путем выбора поглотителя, режима работы и конструктивного решения фильтра с сорбирующей насадкой.</p> <p>Владеет представлением об особенностях применения сорбентов и сорбирующих устройств в процессах водоочистки и водоподготовки.</p>		
	<p>Владеет методиками исследования свойств сорбентов и характеристик очищаемых сред.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 39 – 51 к экзамену</p>	<p>ПК-15</p>

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и курсовой работы, шкала оценивания – балльная.

При защите курсовой работы также оцениваются необходимые навыки и умения.

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

#### **3.1 Темы курсовых работ по дисциплине «Технология сорбционной очистки природных и сточных вод»:**

1. Исследование сорбционных свойств активного угля, получаемого на основе древесного угля, для удаления органических веществ из воды
2. Получение сульфоугля из промышленных отходов и исследование его ионообменных свойств.
3. Модифицирование активных углей фуллеренами и исследование их поглотительных свойств по органическим веществам, растворенным в воде.
4. Получение композиционных сорбирующих материалов на основе фуллереновой сажи для поглощения катионов цветных металлов.
5. Исследование сорбционных свойств активного угля, получаемого на основе каменноугольного сырья, для удаления органических веществ из воды.
6. Оценка эффективности очистки от органических веществ активных углей различных промышленных марок.
7. Применение неорганических адсорбентов для удаления нефтепродуктов из воды.
8. Модифицирование углеродных сорбентов гидрофобными добавками для повышения их сорбционной активности по отношению к ПАВ.
9. Определение оптимального рН-среды для удаления катионов цветных металлов из воды.
10. Исследование сорбционных свойств активного угля для удаления органических веществ из воды.

### **3.2 Вопросы для экзамена для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенциям:**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:**

1. Развитие адсорбционной техники.
2. Понятия «дисперсность, сорбент, удельная поверхность, эквивалентный радиус».
3. Понятия «процесс адсорбции, сорбент, сорбтив, сорбат». Классификация типов пор по размерам.
4. Виды сорбционных явлений (процессов).
5. Природа адсорбционных сил (индукционные, ориентационные, дисперсионные силы). Энергия неспецифических взаимодействий по Лондону, Гамакеру и Лифшицу.
6. Понятие «пористая структура адсорбентов», ее основные характеристики.
7. Общая картина заполнения пор в процессе адсорбции.
8. Сорбционное равновесие. Равновесная величина сорбции. Абсолютная величина сорбции. Предельная величина сорбции.
9. Обратимость процессов сорбции.
10. Термическое уравнение сорбции. Изопикна, изобара, изостера, изотерма адсорбции, их взаимосвязь.
11. Классификация типов изотерм адсорбции по Брунауэру. Факторы, определяющие вид ИА.
12. Основные характеристики пористого сорбента: предельная величина сорбции; предельный объем сорбционного пространства; объем микро-, мезо-, макропор; суммарный объем пор. Истинная, пикнометрическая, кажущаяся, гравиметрическая плотности. Метод молекулярных щупов.
13. Уравнение ИА по Гиббсу, Фрейндлиху.
14. Избирательность адсорбции. Коэффициент разделения. Общие закономерности адсорбции смесей.
15. Природные неорганические сорбенты, основные группы.
16. Дисперсные кремнеземы. Классификация, сравнительные характеристики.
17. Слоистые силикаты. Сравнительные сорбционные характеристики минералов, описание кристаллической структуры и химических свойств материалов.
18. Каркасные алюмосиликаты – варианты классификации: В.И.Вернадский, Р.М.Баррер, И.А. Белицкий.
19. Сравнительные физико-химические характеристики синтетических и природных цеолитов. Характеристики природных цеолитов. Распространенность природных цеолитов.
20. Перлит. Состав. Свойства вспученного и природного перлита.
21. Бокситы. Химический состав. Пористая структура. Применение.
22. Магнезит, доломит. Характеристики кристаллической и пористой структуры в зависимости от условий получения. Применение.
23. Очистка водных сред. Сравнение различных методов (механических, реагентных, биотехнологических и др.). Использование водоочистительных установок на АУ в развитых странах, объемы производительности, стоимость очистки, сравнение в аналогичными показателями в России.
24. Основы адсорбции из воды, вытеснительный характер адсорбции, сравнение с адсорбцией газов и паров из газовых сред. Правило Траубе и области его выполнения.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:**

25. Структура жидкой воды (модель I и II) и водных растворов. Внедрение гидрофильных и гидрофобных молекул (радикалов) в структуру воды, энергетические характеристики, различия.



26. Избирательность и вытеснительный характер адсорбции органических веществ из воды. Влияние взаимодействия воды с поверхности сорбента и с растворенным веществом на интенсивность адсорбции вещества из воды.
27. Применимость адсорбентов для очистки водных растворов от органических веществ, энергетические характеристики взаимодействия гидрофильной и гидрофобной поверхности с молекулами воды и с органическими молекулами.
28. Сравнение адсорбируемости из воды на АУ (по величине  $E$ , КДж/моль), соединений различной природы.
29. Концентрационные границы применимости адсорбционной технологии для очистки сточных вод. Поправочный коэффициент.
30. Изотерма адсорбции растворенного вещества (по БЭТ). Основные ИА из воды по классификации Смита. Эмпирическое уравнение Фрейндлиха, применяемое в практике для инженерных решений и расчетов, границы использования.
31. Уравнение Лэнгмюра для растворов, трансформация в уравнение Генри при малых концентрациях.
32. Основы термодинамики: уравнение Гиббса для адсорбции из растворов. Классификация Когановского адсорбируемости различных соединений и радикалов на БАУ, КАД, ОУ-А по значениям  $G$ .
33. Эльтеков, Плавник: применение ТОЗМ для описания процесса сорбции из растворов, преимущества и недостатки подхода. Порядок гомологических рядов по адсорбируемости на активных углях из водных растворов.
34. Кинетика и динамика сорбции из водных растворов. Факторы влияющие на скорость сорбции.
35. Сорбция индивидуальных компонентов. Уравнение Шилова, уравнения Стадника, уравнение Бохарда-Адамса.
36. Конструкции адсорберов работающих с использованием гранулированных сорбентов. Режимы работы, структуры слоев, схемы потоков и расположения адсорберов. Назначение АУ, в зависимости от вида изотермы адсорбции и выходной кривой.
37. Особенности конструкций адсорберов: системы распределения водных потоков, особенности промывки. Расчет систем сорбционной очистки для многосекционных противоточных аппаратов с полным перемешиванием в каждой секции и линейной изотермой адсорбции. Формула Родзиллера.
38. Адсорберы, работающие с использованием порошкообразных сорбентов. Режимы работы, структуры слоев. Расчет систем сорбционной очистки для линейной изотермы адсорбции. Основные сорбционные и гидравлические характеристики систем с порошкообразными сорбентами.

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-15:**

39. Очистка воды от органических загрязняющих веществ (ЗВ). Понятие ХПК, БПК. Описание комплексного процесса очистки воды от ЗВ. Сопоставление БПК/ХПК для различных органических веществ и различных методов обработки.
40. Очистка СВ гидролизных заводов. Основные ЗВ, влияние методов обработки на БПК/ХПК очищенных стоков.
41. Обесфеноливание подсмольных СВ. Состав СВ, применяемые в промышленности методы очистки, возможности сорбционной обработки, условия проведения процесса, достигаемые результаты.
42. Удаление из воды особо токсичных соединений. Источник загрязнений, уровень ПДК, возможности БХО и сорбционного метода.
43. Очистка СВ от нефтепродуктов. Применяемые материалы, сорбционная емкость, глубина очистки.
44. Очистка СВ от красителей и ПАВ. Сорбционная способность используемых АУ, константы уравнения Фрейндлиха для различных красителей и ПАВ.

45. Очистка СВ производства синтетического каучука. Основные ЗВ, возможности БХО, характеристика по БПК и ХПК, возможности сорбционного метода.
46. Дехлорирование питьевой воды. Характеристика и механизм процесса.
47. Удаление запахов из питьевой воды, расход АУ для данной цели в развитых странах.
48. Влияние сорбционной обработки воды на ее бактериальную обсемененность. Характеристика процесса по коли-индексу и микробному числу.
49. Динамические характеристики процесса адсорбции из водных растворов на ионитах, уравнение Шилова, определение величины динамической обменной емкости.
50. Сорбция смесей. Влияние хроматографического эффекта. Сравнение процессов реализующихся в режиме фильтрации и перемешивания. Пористая структура адсорбентов и ее влияние на избирательность адсорбции органических веществ из водных растворов.
51. Сорбция неорганических примесей на активных углях. Примеры хорошо и плохо сорбирующихся классов соединений. Интенсификация процессов адсорбции неорганических соединений на АУ, путем их модифицирования.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 60 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями «Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся» (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Спиридонова Е.А.
Ассистент		Соловей В.Н.

Рабочая программа дисциплины «Технология сорбционной очистки природных и сточных вод» обсуждена на заседании кафедры химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники  
протокол «10» марта 2017 № 6

Заведующий кафедрой химии и технологии  
материалов и изделий сорбционной техники

В.В.Самонин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета инженерно-технологического  
протокол от «14» апреля 2017 № 8

Председатель

В.В.Прояев

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»		Д.А.Смирнова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко