

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

**СОГЛАСОВАНО**  
Директор института  
магистратуры  
Ярошенко И.В.  
«15» мая 2021 г.



**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор химико-технологического  
института  
Ястребинский Р.Н.  
«15» мая 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов**

направление подготовки:

20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность программы:

Безопасность технологических процессов и производств

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная


Институт: химико-технологический

Кафедра Промышленной экологии


Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:


- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25 мая 2020 года № 678
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: д-р техн. наук, проф.  С.В. Свергузова

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Промышленной экологии «13» мая 2021 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  С.В. Свергузова


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой:  
Безопасности жизнедеятельности

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  А.Н. Лопанов

«14» мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

«15» мая 2021 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доц.  Л.А. Порожнюк

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения при прохождении практики
1	2	3	4
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен использовать современные цифровые технологии для реализации мероприятий по улучшению условий труда, обеспечению безопасности, снижению уровней профессиональных рисков и защиты окружающей среды	ПК-1.4 Использует современные цифровые технологии для реализации мероприятий по современным технологиям очистки сточных вод и газовых выбросов	<b>Знания:</b> способы использования современных цифровых технологий для реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов <b>Умения:</b> использовать цифровые технологии для реализации природоохранных мероприятий <b>Навыки:</b> знаниями для улучшения условий труда, обеспечению безопасности, снижения уровней профессиональных рисков
		ПК-1.5 Использует основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов для снижения уровней профессиональных рисков и защиты окружающей среды	<b>Знания:</b> пути реализации мероприятий по улучшению условий труда, обеспечению безопасности, снижению уровней профессиональных рисков и защита окружающей среды <b>Умения:</b> использовать основные методы организации, управления обеспечением безопасности технологических процессов <b>Навыки:</b> знаниями методов организации, управления безопасности технологических процессов для снижения уровней профессиональных рисков и защиты окружающей среды

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1.** Способен использовать современные цифровые технологии для реализации мероприятий по улучшению условий труда, обеспечению безопасности, снижению уровней профессиональных рисков и защиты окружающей среды

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности
2	Информационные технологии в сфере безопасности
3	Управление рисками, системный анализ и моделирование
4	Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов
5	Современные методы переработки бытовых и промышленных отходов
7	Аналитические методы исследования условий труда
8	Инженерные методы защит водных объектов
9	Производственная эксплуатационная практика
10	Производственная научно-исследовательская работа

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Форма промежуточной аттестации - экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	72	72
лекции	17	17
лабораторные	-	-
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	144	144
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	72	72
Экзамен	36	36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

##### Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
1.	<b>Классификация примесей сточных вод и методов их удаления.</b> Понятие о природных и сточных водах. Примеси в природных и сточных водах. Классификация примесей воды по их фазово-дисперсному состоянию. Характеристика примесей по группам. Выбор методов очистки воды.	2	3		8
2.	<b>Механические методы удаления примесей из воды.</b> Основные свойства и характеристики взвешенных веществ. Седиментационный анализ взвесей. Удаление взвешенных веществ осаждением. Основные закономерности процесса седиментации. Горизонтальные отстойники. Вертикальные отстойники. Тонкослойные отстойники. Удаление взвешенных частиц из воды во взвешенном слое. Работа осветлителей со взвешенным слоем осадков. Удаление взвесей в	2	6		8

	поле центробежных сил. Открытые гидроциклоны. Центрифуги. Удаление взвешенных веществ процеживанием.				
3.	<b>Агрегация примесей воды.</b> Основные свойства и характеристики коллоидов. Электрокинетические явления и устойчивость гидрофобных систем. Методы удаления коллоидов из воды, основы теории коагуляции. Закономерности кинетики быстрой коагуляции. Основные факторы и закономерности электролитной коагуляции гидрофобных коллоидов. Коагуляция при добавлении солей алюминия и железа. Факторы, влияющие на эффективность коагуляции. Контактная коагуляция. Электрокоагуляция. Основы теории флокуляции. Общие свойства и характеристики флокулянтов. Принципы устройства сооружений для коагуляции и флокуляции.	2	6		8
4.	<b>Фильтрация воды.</b> Основные типы фильтров. Мембранные фильтры. Намывные фильтры. Волокнистые фильтры. Фильтрующие материалы для зернистых фильтров. Основные закономерности процесса фильтрации через зернистые загрузки. Скорые и медленные фильтры.	2	6		8
5.	<b>Физико-химическая деструкция загрязнений воды.</b> Обработка вод сильными окислителями. Деструкция хлором, бромом, озоном. Использование излучений для обработки воды. Акустическая обработка воды. Электрохимическая деструкция загрязнителей. Электрогидравлический удар и комплекс электрических воздействий. Магнитная обработка воды.	1	6		8
6.	<b>Адсорбция в очистке воды.</b> Основные представления об адсорбции. Изотермы адсорбции. Кинетические кривые адсорбции. Адсорбция в статических и динамических условиях. Адсорбенты и способы их регенерации. Адсорберы.	2	6		8
7.	<b>Удаление из воды примесей флотацией.</b> Общие положения флотации. Механизм флотации. Влияние поверхностно-активных веществ на процесс флотации. Способы диспергирования пузырьков газа при флотации и их связь с механизмом флотации.	2	6		8
8.	<b>Другие физико-химические и биологические способы очистки сточных вод.</b> Экстракция. Ионный обмен. Обратный осмос. Системы биологической очистки. Реакторы со взвешенной и прикрепленной биомассой микроорганизмов. Типы бактерий. Этапы биологической очистки. Аэробные и анаэробные процессы и микроорганизмы при обезвреживании сточных вод. Сооружения биологической очистки сточных вод.	2	6		8
9.	<b>Очистка газовых выбросов.</b> Классификация систем и методов очистки газов. Улавливание промышленных пылей. Пылеуловители, скрубберы, фильтры. Принципы выбора метода и аппаратов очистки. Очистка отходящих газов от туманов. Очистка выбросов от токсичных газо- и паровых примесей. Адсорбционные методы. Силикагели. Цеолиты. Молекулярные сита. Хемосорбционная очистка газов. Термическое обезвреживание. Биологические методы очистки отходящих газов.	2	6		8
	ВСЕГО	17	51		72

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 3				
1	Классификация примесей сточных вод и методов их удаления	Примеси в природных и сточных водах	3	3
2	Механические методы удаления примесей из воды	Удаление взвешенных частиц из воды	6	6
3	Агрегация примесей воды	Электрокинетические явления и устойчивость дисперсных коллоидных систем	6	6
4	Фильтрация воды	Типы фильтров и фильтрующие материалы	6	6
5	Физико-химическая деградация загрязнений воды	Обработка вод физико-химическими методами	6	6
6	Адсорбция в очистке воды	Основные представления об адсорбции	6	6
7	Удаление из воды примесей флотацией	Общие положения флотации	6	6
8	Другие физико-химические и биологические способы очистки сточных вод	Системы биологической очистки	6	6
9	Очистка газовых выбросов	Системы и методы очистки газов	6	6
ИТОГО:			51	51

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

## 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Предусмотрено выполнение курсовой работы (КР), целью которой является более прочное закрепление учебного материала.

Тема курсовой работы: по заданным составам сточных вод, характеристике и концентрациям загрязняющих веществ разработать технологическую схему очистки.

Структура курсовой работы.

1. Теоретическое задание: охарактеризовать химические и технологические свойства загрязняющих веществ; выбрать способы, методы и аппараты очистки и обосновать свой выбор.

2. Практическое задание: описать физико-химические процессы, протекающие в ходе водоочистки, написать уравнение реакций и нарисовать схемы процессов; выбрать способы, методы и аппараты очистки и обосновать свой выбор; рассчитать размеры аппаратов и установок и начертить их схемы; разработать технологическую схему процесса очистки и начертить ее.

Оформление курсовой работы: КР должна содержать титульный лист, введение, теоретические сведения по теме задания, исходные данные, расчетные формулы, ход расчета, краткие выводы и рекомендации по полученным результатам, схемы процессов, протекающих в процессе водоочистки; список используемой литературы и ссылки на интернет-ресурсы.

Введение должно содержать актуальность темы проектирования, основные цели и задачи,

краткую аннотацию глав, перечень используемых методик и методов расчета и другие необходимые данные. Практическое задания должно сопровождаться необходимыми комментариями, т.е. все основные моменты процесса должны быть раскрыты. Все расчеты должны быть выполнены с учетом требований действующих нормативных указаний.

Объем курсовой работы 30-40 страниц формата А4. КР предоставляется преподавателю для проверки на бумажных листах в формате А4. Срок сдачи определяется преподавателем. Защита работы происходит путем собеседования преподавателя со студентом по теме КР.

#### **4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий**

Не предусмотрено учебным планом.

### **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

#### **5.1. Реализация компетенций**

**1. Компетенция ПК-1.** Способен использовать современные цифровые технологии для реализации мероприятий по улучшению условий труда, обеспечению безопасности, снижению уровней профессиональных рисков и защиты окружающей среды

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.4 Использует современные цифровые технологии для реализации мероприятий по современным технологиям очистки сточных вод и газовых выбросов	Защита и выполнение практических заданий; Защита курсовой работы; Экзамен
ПК-1.5 Использует основные методы организации, управления обеспечения безопасности технологических процессов для снижения уровней профессиональных рисков и защиты окружающей среды	Защита и выполнение практических заданий; Защита курсовой работы; Экзамен

#### **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

##### **5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Классификация примесей сточных вод и методов их удаления ПК-1	Что представляют собой сточные воды? Какие виды сточных вод всем известны? На какие виды подразделяются примеси воды по своей природе? Как подразделяются примеси воды по степени растворенности и фазовому состоянию? Как классифицируются примеси воды по фазово-дисперсному состоянию? Как характеризуются примеси воды по группам? В соответствии с какими показателями осуществляется выбор методов очистки воды?
2	Механические методы удаления примесей из воды	Какие механические методы удаления примесей из воды вам известны? На какие категории по химическому составу делятся взве-

	ПК-1	<p>ценные вещества?</p> <p>Какие свойства и характеристики взвешенных веществ вам известны?</p> <p>Как проводится седиментационный анализ взвесей?</p> <p>Как происходит удаление взвешенных веществ осаждением?</p> <p>Какое осаждение взвесей называется свободным?</p> <p>Что представляет собой стесненное осаждение частиц?</p> <p>Как выглядит принципиальная схема горизонтального отстойника?</p> <p>Как выглядит принципиальная схема радиального отстойника?</p> <p>Каков принцип действия тонкослойных отстойников?</p> <p>Как происходит удаление взвешенных частиц во взвешенном слое?</p> <p>Как выглядит модель осветлителя со взвешенным слоем осадка?</p> <p>Как происходит удаление взвесей в поле центробежных сил?</p> <p>Что представляют собой напорные гидроциклоны?</p> <p>Как выглядит диаграмма скоростей в напорном гидроциклоне?</p> <p>Как можно улучшить работу напорных гидроциклонов?</p> <p>Каков принцип работы безнапорных гидроциклонов?</p> <p>Что представляет собой гидравлическая нагрузка?</p> <p>Как характеризуется разделяющая способность центрифуг?</p> <p>Как осуществляется процеживание взвешенных частиц?</p> <p>Какие виды фильтровальных перегородок используются для процеживания?</p> <p>Какие свойства тканевых перегородок для фильтрования вам известны?</p>
3	<p>Агрегация примесей воды</p> <p>ПК-1</p>	<p>Какие основные свойства и характеристики коллоидов вам известны?</p> <p>Чем отличаются гидрофильные коллоиды от негидрофильных (гидрофобных)?</p> <p>От чего зависит устойчивость гидрофобных систем?</p> <p>Какие явления протекают на поверхности раздела частица-вода?</p> <p>Как выглядит схема образования двойного электрического слоя?</p> <p>Что представляет собой электрокинетический потенциал коллоидных частиц?</p> <p>От чего зависит величина и знак заряда коллоидов?</p> <p>Какие методы удаления коллоидов из воды вам известны?</p> <p>В чем заключаются основы теории коагуляции?</p> <p>Каковы факторы и закономерности электролитной коагуляции гидрофобных коллоидов?</p> <p>Приведите правила коагуляции при добавлении электролитов?</p> <p>В чем особенности коагуляции при добавлении солей алюминия и железа?</p> <p>Какие структуры образуются при гидролизе солей алюминия?</p> <p>Какие стадии коагуляции вам известны?</p> <p>Как протекает контактная коагуляция?</p> <p>В чем сущность электрокоагуляции?</p> <p>Что называется флокуляцией?</p>



		<p>Какие стадии флокуляции вам известны?</p> <p>Какие свойства и характеристики флокулянтов вам известны?</p> <p>Какие вещества в качестве флокулянтов используются в промышленности?</p> <p>Как выглядит схема частиц кремнекислоты?</p> <p>Каковы основные принципы устройства сооружений для коагуляции и флокуляции?</p>
4	Фильтрация воды ПК-1	<p>Какие типы фильтров вам известны?</p> <p>Какие виды мембранной фильтрации вы знаете?</p> <p>Каков принцип действия мембранных фильтров?</p> <p>Как происходит очистка воды с помощью намывных фильтров?</p> <p>Как происходит процесс очистки воды волокнистыми фильтрами?</p> <p>Какие материалы используются для зернистых фильтров?</p> <p>Каким требованиям они должны соответствовать?</p> <p>Каковы основные закономерности процесса фильтрации через зернистые загрузки?</p> <p>Что такое продолжительность фильтроцикла? От чего она зависит?</p>
5	Физико-химическая деструкция загрязнений воды ПК-1	<p>В каких случаях используются деструктивные методы очистки сточных вод?</p> <p>В чем заключается обработка воды окислителями?</p> <p>Каковы особенности процессов хлорирования сточных вод?</p> <p>Как протекает деструкция загрязнений озоном?</p> <p>В чем заключается обработка воды ионами благородных металлов?</p> <p>Какие виды излучений используются для обработки воды?</p> <p>Как протекает электрохимическая деструкция загрязнителей?</p> <p>Что такое "электрогидравлический удар"?</p> <p>Какие процессы в воде протекают с участием азота и серы?</p> <p>В чем заключаются процессы нитрификации и денитрификации?</p> <p>Как происходит электромагнитная обработка воды?</p>
6	Адсорбция в очистке воды ПК-1	<p>Что такое адсорбция? Какие виды адсорбции вам известны?</p> <p>Какими зависимостями может характеризоваться адсорбция в равновесных условиях?</p> <p>Какие постулаты лежат в основе теории Лэнгмюра?</p> <p>Как выглядят изотермы адсорбции и что они характеризуют?</p> <p>Какие стадии адсорбции вы знаете?</p> <p>Какой фактор определяет кинетику адсорбции?</p> <p>На чем основана адсорбция в динамических условиях?</p> <p>Как протекает адсорбция и десорбция?</p>
7	Удаление из воды примесей флотацией ПК-1	<p>Как происходит удаление из воды примесей флотацией?</p> <p>В чем заключается механизм флотации?</p> <p>Как поверхностно-активные вещества влияют на процессы флотации?</p> <p>Какие способы диспергирования пузырьков воздуха при флотации вам известны?</p>
8	Другие физико-химические и биологические способы очистки сточных вод	<p>Как происходит очистка воды при экстракции, мембранной очистке и электродиализе?</p> <p>Как происходит очистка воды обратным осмосом?</p> <p>Как можно охарактеризовать реакторы со взвешенной и при-</p>

	ПК-1	<p>крепленной биомассой микроорганизмов?</p> <p>Какие типы бактерий используются при очистке сточных вод?</p> <p>Какие аэробные и анаэробные процессы происходят при обезвреживании сточных вод?</p> <p>Как осуществляется биологическая очистка сточных вод?</p> <p>Какие сооружения биологической очистки вам известны?</p>
9	Очистка газовых выбросов ПК-1	<p>Какие основные загрязнители атмосферы вам известны?</p> <p>Как классифицируются системы и методы очистки газов?</p> <p>Как происходит улавливание промышленных пылей?</p> <p>Как выглядит схема пылеосадительной камеры?</p> <p>Каков принцип действия циклона?</p> <p>В чем заключается процесс пылеочистки с помощью пористых фильтров?</p> <p>Как происходит очистка газов в электрофильтрах?</p> <p>Как классифицируются пылеуловители, реализующие мокрый метод очистки газовых выбросов?</p> <p>Как можно охарактеризовать работу насадочного скруббера?</p> <p>Какова конструкция мокрого пылеуловителя?</p> <p>Как происходит улавливание туманов?</p> <p>В чем заключается метод очистки отходящих газов адсорбцией?</p> <p>Как происходит улавливание пылей с помощью фильтров?</p> <p>Какова схема орошаемого скруббера-абсорбера с насадкой?</p> <p>В каких случаях для очистки газов применяется адсорбционный метод?</p> <p>Какие вещества в качестве адсорбентов используют для адсорбционной очистки газов?</p> <p>Как осуществляется биологическая очистка отходящих газов?</p>

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Компетенция	Вопросы
ПК-1	<p>Как подразделяются примеси воды по степени растворенности и фазовому состоянию?</p> <p>Какие механические методы удаления примесей из воды вам известны?</p> <p>Как происходит удаление взвешенных веществ осаждением?</p> <p>Как выглядит принципиальная схема горизонтального отстойника?</p> <p>Как выглядит принципиальная схема радиального отстойника?</p> <p>Как происходит удаление взвесей в поле центробежных сил?</p> <p>Какие основные свойства и характеристики коллоидов вам известны?</p> <p>Чем отличаются гидрофильные коллоиды от негидрофильных (гидрофобных)?</p> <p>В чем особенности коагуляции при добавлении солей алюминия и железа?</p> <p>Что называется флокуляцией?</p> <p>Какие типы фильтров вам известны?</p> <p>Как происходит очистка воды с помощью намывных фильтров?</p> <p>Какие материалы используются для зернистых фильтров?</p> <p>Что такое продолжительность фильтроцикла? От чего она зависит?</p> <p>В каких случаях используются деструктивные методы очистки сточных вод?</p> <p>Как протекает деструкция загрязнений озоном?</p> <p>Какие виды излучений используются для обработки воды?</p> <p>В чем заключаются процессы нитрификации и денитрификации?</p>

	<p>Что такое адсорбция? Какие виды адсорбции вам известны?          Как происходит удаление из воды примесей флотацией?          Какие способы диспергирования пузырьков воздуха при флотации вам известны?</p>
ПК-1	<p>Как происходит очистка воды при экстракции?          Как происходит очистка воды при мембранной очистке?          Как происходит очистка воды при электродиализе?          Как осуществляется биологическая очистка сточных вод?          Как классифицируются системы и методы очистки газов?          Как происходит улавливание промышленных пылей?          Как выглядит схема пылеосадительной камеры?          Каков принцип действия циклона?          Как происходит очистка газов в электрофильтрах?          Как можно охарактеризовать работу насадочного скруббера?          Как происходит улавливание туманов?          Как осуществляется биологическая очистка отходящих газов?</p>

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения практических заданий.

#### Практические задания

В методических рекомендациях по дисциплине «Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов» представлены практические работы, предполагающие решения задач. Задачи предваряет необходимый теоретический материал, даны варианты выполнения задания. Для ряда задач, приведен алгоритм решения. По указанию преподавателя определенные задания выносятся для самостоятельного индивидуального решения. Защита выполненных заданий проводится в виде собеседования по контрольным вопросам, перечень которых приведен по разделам.

№	Тема	Типовые вопросы для собеседования
1	Примеси в природных и сточных водах ПК-1	<p>Понятие о природных и сточных водах.          Примеси в природных и сточных водах.          Классификация примесей воды по их фазово-дисперсному состоянию.          Характеристика примесей по группам.          Выбор методов очистки воды.</p>
2	Удаление взвешенных частиц из воды ПК-1	<p>Основные свойства и характеристики взвешенных веществ.          Седиментационный анализ взвесей.          Удаление взвешенных веществ осаждением.          Основные закономерности процесса седиментации.          Горизонтальные отстойники.          Вертикальные отстойники.          Тонкослойные отстойники.          Удаление взвешенных частиц из воды во взвешенном слое.          Работа осветлителей со взвешенным слоем осадков.          Удаление взвесей в поле центробежных сил.          Открытые гидроциклоны.          Центрифуги.          Удаление взвешенных веществ процеживанием.</p>

3	Электрокинетические явления и устойчивость дисперсных коллоидных систем ПК-1	<p>Основные свойства и характеристики коллоидов.</p> <p>Электрокинетические явления и устойчивость гидрофобных систем.</p> <p>Методы удаления коллоидов из воды, основы теории коагуляции.</p> <p>Закономерности кинетики быстрой коагуляции.</p> <p>Основные факторы и закономерности электролитной коагуляции гидрофобных коллоидов.</p> <p>Коагуляция при добавлении солей алюминия и железа.</p> <p>Факторы, влияющие на эффективность коагуляции.</p> <p>Контактная коагуляция.</p> <p>Электрокоагуляция.</p> <p>Основы теории флокуляции.</p> <p>Общие свойства и характеристики флокулянтов.</p> <p>Принципы устройства сооружений для коагуляции и флокуляции.</p>
4	Типы фильтров и фильтрующие материалы ПК-1	<p>Основные типы фильтров.</p> <p>Мембранные фильтры.</p> <p>Намывные фильтры.</p> <p>Волокнистые фильтры.</p> <p>Фильтрующие материалы для зернистых фильтров.</p> <p>Основные закономерности процесса фильтрования через зернистые загрузки.</p> <p>Скорые и медленные фильтры.</p>
5	Обработка вод физико-химическими методами ПК-1.	<p>Обработка вод сильными окислителями.</p> <p>Деструкция хлором, бромом, озоном.</p> <p>Использование излучений для обработки воды.</p> <p>Акустическая обработка воды.</p> <p>Электрохимическая деструкция загрязнителей.</p> <p>Электрогидравлический удар и комплекс электрических воздействий.</p> <p>Магнитная обработка воды.</p>
6	Основные представления об адсорбции ПК-1	<p>Основные представления об адсорбции.</p> <p>Изотермы адсорбции.</p> <p>Кинетические кривые адсорбции.</p> <p>Адсорбция в статических и динамических условиях.</p> <p>Адсорбенты и способы их регенерации.</p> <p>Адсорберы.</p>
7	Общие положения флотации ПК-1	<p>Общие положения флотации.</p> <p>Механизм флотации.</p> <p>Влияние поверхностно-активных веществ на процесс флотации.</p> <p>Способы диспергирования пузырьков газа при флотации и их связь с механизмом флотации.</p>
8	Системы биологической очистки ПК-1	<p>Экстракция.</p> <p>Ионный обмен.</p> <p>Обратный осмос.</p> <p>Системы биологической очистки.</p> <p>Реакторы со взвешенной и прикрепленной биомассой микроорганизмов.</p> <p>Типы бактерий.</p> <p>Этапы биологической очистки.</p> <p>Аэробные и анаэробные процессы и микроорганизмы при обезвреживании сточных вод.</p> <p>Сооружения биологической очистки сточных вод.</p>
9	Системы и методы очистки газов ПК-1	<p>Классификация систем и методов очистки газов.</p> <p>Улавливание промышленных пылей.</p> <p>Пылеуловители, скрубберы, фильтры.</p> <p>Принципы выбора метода и аппаратов очистки.</p> <p>Очистка отходящих газов от туманов.</p> <p>Очистка выбросов от токсичных газо- и парообразных примесей.</p> <p>Адсорбционные методы.</p> <p>Силикагели.</p> <p>Цеолиты.</p> <p>Молекулярные сита.</p> <p>Хемосорбционная очистка газов.</p> <p>Термическое обезвреживание.</p> <p>Биологические методы очистки отходящих газов.</p>

## Примеры задач

1. Рассчитать величину концентрации допустимого загрязнения сточных вод для нефтепродуктов  $C_{ст}$ , мг/дм<sup>3</sup>, если известны следующие данные: предельно-допустимая концентрация нефтепродуктов  $C_{пдк} = 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>; концентрация нефтепродуктов в водоеме рыбохозяйственного пользования  $C_p = 0,03$  мг/дм<sup>3</sup>; коэффициент смешения  $\gamma = 0,01$ ; расход сточных вод  $q = 150000$  м<sup>3</sup>/с; расход воды в водоеме  $Q = 495000$  м<sup>3</sup>/с.

2. Рассчитать необходимую эффективность очистки сточных вод  $\mathcal{E}$ , %, от ионов  $SO_2^{4-}$ , если концентрация вещества до очистки  $C_{до\ очист.} = 850$  мг/дм<sup>3</sup>, а концентрация вещества после очистки (расчетная)  $C_{после\ оч} = 101,5$  мг/дм<sup>3</sup>.

3. Рассчитать продолжительность отстаивания взвешенных веществ в отстойнике  $t$ , ч, если высота активной зоны отстаивания равна  $h_0 = 1,28$  м, а гидравлическая крупность частиц равна  $u_0 = 0,209 \cdot 10^{-3}$  м/с.

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 30 минут (если проводится в устной форме) или в течение 1 академического часа (если проводится в письменной форме). Форма проведения экзамена устанавливается преподавателем. После ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель может задать дополнительные вопросы с целью уточнения сформированности компетенции.

Вопросы к экзамену находятся в открытом для студентов доступе. Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Типовой экзаменационный билет

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
"БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. В.Г. ШУХОВА"

Кафедра Промышленной экологии  
Дисциплина "Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов"  
Направление 20.04.01 - Техносферная безопасность  
Профиль Промышленная экология и рациональное использование природных ресурсов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № .....

1. В соответствии с какими показателями осуществляется выбор методов очистки воды?
2. Суть метода электрокоагуляции.
3. Основные механизмы процесса флотации.

Одобрено на заседании кафедры « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /Ф.И.О./

### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание способов решения сложных задач при рациональном использовании природных ресурсов
	Знание способов использования современных цифровых технологий для

	реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Освоение методик, умение решать ( типовые) практические задачи, выполнять ( типовые) задания
	Умение анализировать и применять знания и опыт в сфере техносферной безопасности
	Умение использовать цифровые технологии для реализации природоохранных мероприятий
	Умение проверять решения и анализировать результаты
	Умение качественно оформлять ( презентовать) выполнение заданий
Навыки	Навыки решения стандартных/нестандартных задач
	Быстрота выполнения трудовых действий и объем выполненных заданий
	Качество выполнения трудовых действий
	Самостоятельность планирования трудовых действий

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Знания»

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2 – неудовл.	3 – удовл.	4 – хорошо	5 – отлично
Знание терминов, определений, понятий	Недостаточный уровень знаний терминов, определений, понятий Не отвечает на дополнительные вопросы	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок. Отвечает на некоторые дополнительные вопросы	Знает термины и определения. Отвечает на большинство дополнительных вопросов	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно Аргументированно отвечает на все дополнительные вопросы
Знание способов решения сложных задач при рациональном использовании природных ресурсов	Не знает основные способы решения сложных задач при рациональном использовании природных ресурсов	Знает основные способы решения сложных задач при рациональном использовании природных ресурсов	Знает и использует основные способы решения сложных задач при рациональном использовании природных ресурсов	Знает, интерпретирует и самостоятельно использует основные способы решения сложных задач при рациональном использовании природных ресурсов
Знание способов использования современных цифровых технологий для реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов	Не знает основные способы использования современных цифровых технологий для реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов	Знает основные способы использования современных цифровых технологий для реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов	Знает и использует способы использования современных цифровых технологий для реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов	Знает, интерпретирует и может самостоятельно использовать способы использования современных цифровых технологий для реализации мероприятий по очистке сточных вод и газовых выбросов
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы

Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю «Умения»

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2 – неудовл.	3 – удовл.	4 – хорошо	5 – отлично
Освоение методик, умение решать (типичные) практические задачи, выполнять (типичные) задания	Не умеет выполнять типовые задания лабораторных работ, не способен решать типовые задачи с использованием известного алгоритма действий	Умеет выполнять типовые задания, способен решать типовые задачи с применением известного алгоритма действий	Умеет выполнять типовые задания, способен решать типовые задачи, предусмотренные рабочей программой	Умеет выполнять задания и решать задачи повышенной сложности
Умение анализировать и применять знания и опыт в сфере техносферной безопасности	Не может анализировать и применять знания и опыт в сфере техносферной безопасности	Испытывает затруднения при анализировании и применении знаний и опыта в сфере техносферной безопасности	Правильно применяет полученные знания при анализировании и применении знаний и опыта в сфере техносферной безопасности	Умеет грамотно применять теоретическую базу дисциплины при анализировании и применении знаний и опыта в сфере техносферной безопасности
Умение использовать цифровые технологии для реализации природоохранных мероприятий	Не умеет использовать цифровые технологии для реализации природоохранных мероприятий	Испытывает затруднения при использовании цифровых технологий для реализации природоохранных мероприятий	Правильно применяет полученные знания при использовании цифровых технологий для реализации природоохранных мероприятий	Умеет грамотно применять теоретическую базу дисциплины при использовании цифровых технологий для реализации природоохранных мероприятий
Умение проверять решения и анализировать результаты	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий и решении практических задач. Не способен сформулировать и обосновать выводы по работе.	Допускает ошибки при решении задач и выполнении заданий. Испытывает затруднения при формулировании и обосновании выводов	Не допускает ошибок при решении задач и выполнении заданий. Формулирует, обосновывает и делает выводы по работам	Самостоятельно анализирует полученные результаты при решении задач и выполнении заданий. Самостоятельно формулирует, обосновывает и делает выводы по работам
Умение качественно оформлять (презентовать) выполнение заданий	Не способен качественно оформлять (презентовать) выполнение заданий	Небрежно оформляет (презентует) выполнение заданий	Понятно и корректно оформляет (презентует) выполнение заданий	Умеет качественно, верно и аккуратно оформлять (презентовать) выполненные задания

## Оценка сформированности компетенций по показателю «Навыки»

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2 – неудовл.	3 – удовл.	4 - хорошо	5 - отлично
Навыки решения стандартных задач	Не обладает навыками выполнения заданий и решения стандартных задач	Испытывает трудности при выполнении заданий и решения стандартных задач	Не испытывает затруднений при выполнении заданий и решения стандартных задач. Испытывает затруднения при выполнении нестандартных заданий и решения нестандартных задач	Обладает навыками при выполнении заданий и решения стандартных задач. Не испытывает затруднения при выполнении нестандартных заданий и решения сложных задач
Быстрота выполнения трудовых действий и объем выполненных заданий	Не выполняет трудовые действия или выполняет очень медленно, не достигая поставленных задач	Выполняет трудовые действия медленно, с отставанием от установленного графика	Выполняет трудовые действия, выполняет все поставленные задания с соблюдением установленного графика	Выполняет трудовые действия, поставленные задания качественно и быстро
Качество выполнения трудовых действий	Выполняет трудовые действия некачественно	Выполняет трудовые действия с недостаточным качеством	Выполняет трудовые действия качественно	Выполняет трудовые действия качественно, в том числе при выполнении сложных заданий
Самостоятельность планирования трудовых действий	Не может самостоятельно планировать и выполнять собственные трудовые действия	Выполняет трудовые действия с помощью наставника	Самостоятельно выполняет трудовые действия с консультацией наставника	Полностью самостоятельно выполняет трудовые без посторонней помощи

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, самостоятельной работы	Специализированная мебель. Проектор, компьютер, автоматизированный экран, ноутбук, магнитно-меловая доска
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
3	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии)



		Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	GoogleChrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Свергузова С.В. Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Свергузова. - Электрон. текстовые данные. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 140 с. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017122612210984100000652816>

2. Свергузова С.В. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине "Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов" для магистров направления 20.04.01-01 - Техносферная безопасность [Электронный ресурс]: методические указания / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова, Н.С. Лупандина, А.В. Святченко. - Электрон. текстовые данные. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. - 100 с. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017041115160586800000656780>

3. Свергузова С.В. Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов: метод. указ. к выполнению самостоят. работы / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 36 с.

4. Свергузова С.В. Современные технологии очистки сточных вод и газовых выбросов: метод. указ. к выполнению курсовой работы / С.В. Свергузова, Ж.А. Сапронова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 65 с.

5. Гогина Е.С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения / Е.С. Гогина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий - Москва: Изд-во АСВ, 2012. – 310 с.

6. Исянов, Л. М. Теоретические основы очистки и обезвреживания промышленных выбросов и сбросов. Ч.3 : учебное пособие / Л.М. Исянов, Е.А. Васильева. – С.-Пб.: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. – 82 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/102561.html>.

7. Барабаш, Н. В. Биохимические методы очистки сточных вод : учебное пособие / Н. В. Барабаш. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. – 98 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/63076.html>.

8. Ветошкин А.Г. Аппаратурное оформление процессов защиты атмосферы от газовых выбросов : учебное пособие / Ветошкин Г. А. – М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 248 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/98359.html>.

9. Зиганшин М.Г. Проектирование аппаратов пылегазоочистки : учебное пособие / М.Г. Зиганшин, А.А. Колесник, А.М. Зиганшин. – С.-Пб.: Лань, 2021. – 544 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168728>

10. Ларичкин В.В. Методики инженерной защиты окружающей среды : учебное пособие / В. В. Ларичкин, И. А. Сажин, В. Г. Ларионов. – М.: Дашков и К, 2021. – 240 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/107807.html>

11. Кулагина Т.А. Теоретические основы защиты окружающей среды : учебное пособие / Т.А. Кулагина, Л.В. Кулагина. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. – 364 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/84150.html>

12. Козачек А.В. Теоретические основы защиты окружающей среды. Ч.1 : практикум / А.В. Козачек. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. – 120 с. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/99793.html>

### 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

#### Интернет-ресурсы государственных природоохранных органов и учреждений

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации <http://www.mnr.gov.ru>  
 Наша природа — Федеральная государственная информационная система <https://priroda-ok.ru>  
 Бюро наилучших доступных технологий <http://burondt.ru>

Компьютерная справочная правовая система <http://www.consultant.ru>  
Официальный интернет-портал правовой информации <http://publication.pravo.gov.ru>

#### **Интернет-ресурсы общественных экологических организаций**

Гринпис России Международная общественная экологическая организация в России <http://www.greenpeace.ru>  
Фонд имени В.И.Вернадского Благотворительная организация, поддерживающая экологически ориентированные образовательные проекты <http://www.vernadsky.ru>  
«Мусора. Больше. Нет» Общественное экологическое движение <http://musora.bolshe.net>  
«Зеленый мир» Общественная экологическая организация <http://www.greenworld.org.ru>

#### **Экологические информационные сайты и порталы**

Вся экология в одном месте Всероссийский Экологический Портал <http://ecoportal.ru>  
Центр новостей ООН Окружающая среда Природа России Национальный информационный портал <http://www.priroda.ru>

#### **Электронные полнотекстовые базы данных**

Электронная библиотека БГТУ им. В. Г. Шухова <https://elib.bstu.ru>  
Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>  
Электронно-библиотечная система «IPR SMART» <http://www.iprbookshop.ru>  
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>  
Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф>

#### **Электронные версии журналов и газет экологической тематики**

Аннотированный Интернет-каталог сайтов периодических изданий (журналов, газет, альманахов и т.п.) <http://www.library.ru/2>  
«ЭКОС» и «Экос-информ» <http://www.ecosinform.ru>  
«Общество и экология» Экологическая газета (г. Санкт-Петербург) <http://www.uniq.spb.ru/eco>  
Экология производства Научно-практический журнал <http://www.ecoindustry.ru>  
Деловой экологический журнал <http://www.ecomagazine.ru>  
Вода и экология <http://www.waterandecology.ru/publishing/magazine>

#### **Экологические центры в библиотеках России**

Российская государственная библиотека для молодежи (РГБМ) Проект «Экокультура» <http://www.ecoculture.ru>  
Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России) Экологическая страница сайта ГПНТБ России <http://ecology.gpntb.ru>