

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.03**

Теоретические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов

Учебный план: 2025-2026 18.03.02 ИПХиЭ ТиТРПиЗОС ОО 1-1-172.plx

Кафедра: **18** Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:  
(специальность) 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки:  
(специализация) Техника и технология ресурсосберегающих процессов и защита  
окружающей среды

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа<br>обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоём-<br>кость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|
|                           | Лекции                           | Практ.<br>занятия |                |                   |                           |                                      |
| 5                         | УП                               | 32                | 89             | 27                | 5                         | Экзамен                              |
|                           | РПД                              | 32                | 89             | 27                | 5                         |                                      |
| Итого                     | УП                               | 32                | 89             | 27                | 5                         |                                      |
|                           | РПД                              | 32                | 89             | 27                | 5                         |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 923

Составитель (и):

д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_

Витковская Раиса  
Федоровна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и  
промышленной экологии

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области теоретических основ методов и процессов инженерной защиты окружающей среды от антропогенного воздействия, позволяющие применять знания, умения для решения задач защиты окружающей среды.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть физико-химические основы обезвреживания техногенных отходов
- Раскрыть принципы методов очистки сбросов и выбросов производств, основанных на выделении примесей.
- Раскрыть принципы методов очистки сбросов и выбросов производств, основанных на превращении примесей.
- Раскрыть принципы биохимических методов очистки сбросов выбросов, твердых отходов.
- Научить обучающихся методам расчета экологических балансов производства и очистных сооружений.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Общая и неорганическая химия

Математика

Информационные технологии

Экология

Физика

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Физическая химия

Учебная практика (технологическая практика)

Органическая химия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ПК-1: Способен определять технологические решения, способствующие минимизации и (или) предотвращению негативного воздействия на окружающую среду

**Знать:** теоретические закономерности и явления методов очистки выбросов, сточных вод и утилизации отходов

**Уметь:** выделять основные факторы, влияющие на область применения и эффективность методов очистки выбросов, сточных вод и утилизации отходов.

**Владеть:** Владеть –навыками практического применения традиционных, перспективных и новых методов очистки выбросов, сточных вод и утилизации отходов.

### ПК-4: Способен выполнять работы по модернизации и совершенствованию технологических процессов очистки газовых выбросов, сточных вод и обработки осадков

**Знать:** современные методы исследования в области ресурсосбережения, очистки и обезвреживания промышленных выбросов и сбросов.

**Уметь:** планировать и проводить экспериментальные исследования по очистке и обезвреживанию выбросов и сбросов; решать задачи по выбору и обоснованию метода очистки выбросов, сбросов и технологических схем.

**Владеть:** методами исследования технологических процессов и природных сред; методиками оценки эффективности очистных сооружений и принятых технических решений.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий   | Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|---|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|   |                           | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(часы) |              |                              |                               |
| Раздел 1. Повышение эффективности процессов и модернизации оборудования   | 5                         |                   |               |              |                              | 3                             |
| Тема 1. Способы повышения эффективности процессов разделения и энергозатрат   |                           | 1                 |               | 3            | ИЛ                           |                               |
| Тема 2. Общие принципы повышения эффективности и энергосбережения.  |                           | 1                 |               | 3            | ИЛ                           |                               |
| Тема 3. Характеристики загрязнения окружающей среды и основные методы её защиты   |                           | 1                 | 2             | 3            | ИЛ                           |                               |
| Раздел 2. Коагуляция и флокуляция примесей сточных вод. Электрохимические процессы в очистке сточных вод.   |                           |                   |               |              |                              |                               |
| Тема 4. Осаждение и осветление сточных вод.<br>Практическое занятие: Эффективность удаления взвешенных веществ. Анализ и расчет                         |                           | 1                 | 1             | 4            |                              |                               |
| Тема 5. Коагуляция примесей сточных вод.<br>Практическое занятие. Коагуляционные процессы. Анализ и расчет.   |                           | 1                 | 2             | 8            | ИЛ                           |                               |
| Тема 6. Теоретические основы флокуляции.<br>Практическое занятие. Флокуляция. Анализ и расчет.  |                           | 1                 | 2             | 3            | ИЛ                           |                               |
| Тема 7. Флотационное осветление сточных вод.<br>Практическое занятие. Флотационная схема. Анализ технологических схем флотации.                         |                           | 1                 | 2             | 3            | ИЛ                           | 3                             |
| Тема 8. Очистка воды фильтрованием.<br>Практическое задание. Фильтрация сточных вод. Построение технологических схем процессов и их анализ.             |                           | 2                 | 2             | 6            | ИЛ                           |                               |
| Тема 9. Теоретические основы электрохимических процессов.<br>Практическое занятие. Электроосаждение взвешенных веществ. Режимы осуществления процессов. |                           | 2                 | 2             | 8            | ИЛ                           |                               |
| Тема 10. Энергокоагуляция и электрофлотация.<br>Практическое занятие. Электрокоагуляция, электрофлотация, электроразложение примесей. Анализ процессов. |                           | 2                 | 2             | 7            | ИЛ                           |                               |
| Раздел 3. Адсорбционная очистка сточных вод и промышленных выбросов.  |                           |                   |               |              |                              |                               |
| Тема 11. Теоретические основы адсорбционных процессов.  | 2                         |                   | 3             | ИЛ           | 0                            |                               |
| Тема 12. Кинетика и динамика адсорбции.<br>Практическое занятие. Адсорбционные процессы. Анализ динамики процесса адсорбции.                            | 2                         | 2                 | 6             | ИЛ           |                              |                               |

|   |  |      |    |       |    |   |
|---|--|------|----|-------|----|---|
| Тема 13. Ионообменная адсорбция сточных вод.<br>Практическое занятие. Ионообменное извлечение металлов. Анализ процесса и расчет емкости катионитов.  |  | 2    | 2  | 4     | ИЛ |   |
| Тема 14. Адсорбционно-каталитические процессы в экологии.<br>Практическое занятие. Очистка газовых выбросов на адсорбентах-катализаторах. Анализ закономерностей процессов.                           |  | 2    | 1  | 6     | ИЛ |   |
| Тема 15. Равновесие в системах газ-жидкость.  |  | 1    |    | 3     |    |   |
| Тема 16. Абсорбционные методы санитарной очистки газов.<br>Практическое занятие. Абсорбция примесей из выбросов. Расчет равновесия при очистке вентвыбросов.  |  | 2    | 2  | 4     | ИЛ |   |
| Тема 17. Очистка газов от твердых (жидких) загрязнений.<br>Практическое задание. Санитарная очистка газовых выбросов методом хемосорбции.   |  | 2    | 2  | 4     | ИЛ |   |
| Раздел 4. Энергохимические процессы в экологии. Биохимические методы обезвреживания сбросов и выбросов.   |  |      |    |       |    |   |
| Тема 18. Фотохимические и фотокаталитические методы обезвреживания сбросов и выбросов.<br>Практическое занятие. Катализ в защите окружающей среды. Анализ режимов каталитического окисления примесей. |  | 1    | 1  | 3     | ИЛ |   |
| Тема 19. Термические методы обезвреживания техногенных отходов.<br>Практическое занятие. Термические методы обезвреживания техногенных отходов. Анализ путей и способов применения.                   |  | 2    | 3  | 3     | ИЛ | О |
| Тема 20. Биохимические очистные сооружения.<br>Практическое занятие. Биологические сооружения. Анализ эффективности аэротенков и биофильтров.   |  | 2    | 2  | 3     | ИЛ |   |
| Тема 21. Методы фитоочистки сточных вод.<br>Практическое занятие. Очистка стоков высшими растительными организмами. Применение процессов фитоочистки на практике.                                     |  | 1    | 2  | 2     | ИЛ |   |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)   |  | 32   | 32 | 89    |    |   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)   |  | 2,5  |    | 24,5  |    |   |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>   |  | 66,5 |    | 113,5 |    |   |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

| Код компетенции | Показатели оценивания результатов обучения | Наименование оценочного средства |
|-----------------|--|----------------------------------|
|-----------------|--|----------------------------------|

|      |  |  |
|------|--|--|
| ПК-1 | <p>Объясняет основы физикохимии и технологии обезвреживания техногенных образований. Принципы выбора методов обезвреживания токсичных техногенных образований и построения технологических схем.</p> <p>Обосновывает использование характеристик химических реакций, равновесные концентрации веществ для определения основных физических характеристик токсичных веществ, оценки антропогенного воздействия на окружающую среду.</p> <p>Внедряет план мероприятий по охране окружающей среды с целью повышения экологической безопасности и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.</p>   | Перечень вопросов для устного собеседования. Типовые практико-ориентированные задания. |
| ПК-4 | <p>Анализирует механизмы и кинетику взаимодействия компонентов сложных гетерогенных систем с вводимыми реагентами, обеспечивающих очистку газовых и жидких отходов от токсичных примесей.</p> <p>Классифицирует основные источники негативного техногенного воздействия на окружающую среду, определяет и оценивает их параметры, сопоставляет с ними основные методы, технику и технологии обеспечения техносферной безопасности.</p> <p>Предлагает конкретные технические решения и наилучшие доступные технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и защиту производственного персонала.</p> | Перечень вопросов для устного собеседования. Типовые практико-ориентированные задания. |

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания        | Критерии оценивания сформированности компетенций   |                   |
|-------------------------|--|-------------------|
|                         | Устное собеседование   | Письменная работа |
| 5 (отлично)             | <p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу.</p> <p>Качество исполнения всех элементов практико-ориентированного задания полностью соответствует всем требованиям.</p>   |                   |
| 4 (хорошо)              | <p>Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный.</p> <p>Индивидуальное практико-ориентированное задание выполнено в достаточном объеме, но ограничивается только основными подходами.</p> <p>Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Имеются отдельные несущественные ошибки при выполнении практико-ориентированного задания и отступления от правил оформления работы.</p> |                   |
| 3 (удовлетворительно)   | <p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой.</p> <p>Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали.</p> <p>Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам.</p> <p>Практико-ориентированное задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки.</p>  |                   |
| 2 (неудовлетворительно) | <p>Неспособность ответить на вопрос без</p>  |                   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов практико-ориентированного задания, а также многочисленные грубые ошибки. Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Практико-ориентированное задание не выполнено.</p> <p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).</p> |  |
|--|--|--|

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п     | Формулировки вопросов  |
|-----------|--|
| Семестр 5 |  |
| 1         | Классификация примесей в промышленных выбросах и сбросах.  |
| 2         | Дисперсные системы. Размеры частиц, кинетическая и агрегативная устойчивость дисперсных систем.      |
| 3         | Осветление сточных вод под действием сил тяжести.  |
| 4         | Технологическое моделирование процессов осветления сточных вод.                                      |
| 5         | Выделение грубодисперсных частиц отстаиванием и мелких частиц центрифугированием.                    |
| 6         | Гидролиз солей – коагулянтов и изменение рН.   |
| 7         | Коагуляция взвешенных частиц в дисперсных системах.  |
| 8         | Особенности применения различных коагулянтов при очистке сточных вод.                                |
| 9         | Флокуляционное осветление сточных вод. Флокулянты, виды.   |
| 10        | Технологические основы очистки сточных вод коагуляционно-флокуляционным методом.                     |
| 11        | Флотация. Технологические основы флотационных процессов.   |
| 12        | Кинетика осветления сточных вод фильтрованием.   |
| 13        | Фильтрующие материалы. Технология осветления природных и сточных вод фильтрованием.                  |
| 14        | Теоретические основы электрохимических процессов при очистке природных и сточных вод.                |
| 15        | Катодные и анодные процессы, процессы электрохимического окисления и восстановления в сточных водах. |
| 16        | Электрокоагуляционная очистка сточных вод.   |
| 17        | Гальванокоагуляция в промышленной очистке сбросов.   |
| 18        | Электрокоагуляция, теория, достоинства и недостатки.   |
| 19        | Электродиализ и электрофорез, основы процессов и их применения.                                      |
| 20        | Адсорбционная очистка сточных вод и газовых выбросов. Изотермы адсорбции. Теории адсорбции.          |
| 21        | Основные виды пористых адсорбентов. Кинетика адсорбции.  |
| 22        | Динамика адсорбции. Динамическая адсорбционная емкость. Степень очистки.                             |
| 23        | Физико-химические основы адсорбционно-каталитической очистки газовых выбросов.                       |
| 24        | Основы технологического оформления адсорбционно-каталитических процессов.                            |
| 25        | Ионообменная очистка сточных вод. Иониты.  |
| 26        | Равновесие и кинетика процессов ионного обмена.  |
| 27        | Умягчение природной воды методом катионного обмена.  |
| 28        | Адсорбционная очистка промышленных выбросов. Равновесие в системах газ-жидкость.                     |
| 29        | Кинетика абсорбции (физической и с химическим взаимодействием).                                      |
| 30        | Адсорбционные методы санитарной очистки вентиляционных газов.  |
| 31        | Экстракционные методы очистки сточных вод.   |
| 32        | Дисперсный состав и свойства пыли.   |
| 33        | Физические основы очистки газов от пыли гравитационными, инерционными методами и фильтрованием.      |

|    |   |
|----|---|
| 34 | Фотохимическое обезвреживание сточных вод.  |
| 35 | Основные закономерности фотокаталитических процессов очистки стоков.                  |
| 36 | Основы биохимических методов очистки сбросов.   |
| 37 | Технология биологической очистки промышленных и хозяйственных сточных вод.            |
| 38 | Основы процессов фитоочистки почв и сточных вод.                                      |
| 39 | Основы процессов утилизации твердых и бытовых отходов.                                |
| 40 | Основные закономерности процессов механической обработки твердых техногенных отходов. |
| 41 | Термохимические процессы обезвреживания техногенных отходов.                          |
| 42 | Основы предотвращения воздействия физических факторов на окружающую среду.            |
| 43 | Принципы расчета рассеивания примесей в атмосфере.                                    |

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены.

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

1. Определить расход твердого коагулянта  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ , вводимого на кубометр сточной воды для осаждения взвешенных веществ, если необходимая доза коагулянта составляет 100 мг/дм<sup>3</sup> по металлу.

2. Определить расход активированного угля, используемого для извлечения на 95 % фенола из сточной воды при его содержании 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, если адсорбционная емкость активированного угля составляет 10 мг/г угля. Расчет провести на 1 м<sup>3</sup> сточной воды.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- время на подготовку по билету составляет 30 минут;
- выполнение практико-ориентированного задания составляет 45 минут.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

| Автор   | Заглавие  | Издательство   | Год издания | Ссылка  |
|---|---|--|-------------|---|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>        |   |  |             |   |
| Ветошкин, А. Г.                                 | Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов  | Москва: Инфра-Инженерия  | 2019        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/86590.html">http://www.iprbookshop.ru/86590.html</a>   |
| Ветошкин, А. Г.                                 | Основы инженерной защиты окружающей среды               | Москва, Вологда: Инфра-Инженерия                               | 2019        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/86614.html">http://www.iprbookshop.ru/86614.html</a>   |
| Панов В. П., Бусыгин Н. Ю.                      | Инженерная защита окружающей среды                      | СПб.: СПбГУПТД   | 2014        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2049">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2049</a>       |
| Ибрагимова Р. И., Маркова Т. И., Пеганова Н. В. | Теоретические основы инженерной защиты окружающей среды | Санкт-Петербург: СПбГУПТД                                      | 2024        | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024196">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024196</a> |
| Новиков, В. К.                                  | Экология и инженерная защита окружающей среды           | Москва: Московская государственная академия водного транспорта | 2020        | <a href="https://www.iprbookshop.ru/97330.html">https://www.iprbookshop.ru/97330.html</a>                                       |
| Ветошкин, А. Г.                                 | Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов         | Москва, Вологда: Инфра-Инженерия                               | 2023        | <a href="https://www.iprbookshop.ru/133400.html">https://www.iprbookshop.ru/133400.html</a>                                     |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>  |   |  |             |   |

|                                     |   |  |      |   |
|-------------------------------------|---|--|------|---|
| Ветошкин, А. Г.                     | Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод                             | Москва: Инфра-Инженерия  | 2019 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/86589.html">http://www.iprbookshop.ru/86589.html</a>   |
| Витковская, Р. Ф.,<br>Петров, А. Н. | Техника и технология защиты окружающей среды. Биологическая очистка сточных вод | Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна | 2018 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/102567.html">http://www.iprbookshop.ru/102567.html</a> |

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

1. <http://www.edu.ru> - Федеральный портал «Российское образование»
2. [www.gost.ru/wps/portal](http://www.gost.ru/wps/portal) Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
3. URL: <http://standard.gost.ru/wps/portal> портал Росстандарта по стандартизации
4. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
5. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows  
MicrosoftOfficeProfessional

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

| Аудитория            | Оснащение   |
|----------------------|---|
| Компьютерный класс   | Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |
| Лекционная аудитория | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска   |
| Учебная аудитория    | Специализированная мебель, доска  |