

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физико-химические процессы переработки отходов**

Кафедра неорганической химии и химической экологии  
химический факультет

Образовательная программа  
18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки  
Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов

Уровень высшего образования  
Магистратура

Форма обучения  
Очно-заочная

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками  
образовательных отношений, дисциплина по выбору

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические процессы переработки отходов» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки **18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (уровень магистратуры), утвержденный приказом Минобрнауки России от «07» августа 2020 г. №909.

Разработчик: кафедра неорганической химии и химической экологии, Исаев А.Б. к.х.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии  
от «16» 01 2021г., протокол № 5

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «19» 02 2021г., протокол № 6

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением « 09 » 07 2021г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.  
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физико-химические процессы переработки отходов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой неорганической химии и химической экологии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием комплекса знаний и умений в области физико-химических процессов переработки техногенных отходов для разработки, внедрения и применения методов их утилизации.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника – ПК-7, ПК-10.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме зачета, экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в 144 академических часа по видам учебных занятий

| Семестр | Учебные занятия |                                                |        |                      |                      |     |                          | Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) |                |
|---------|-----------------|------------------------------------------------|--------|----------------------|----------------------|-----|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------|
|         | в том числе:    |                                                |        |                      |                      |     |                          |                                                                           |                |
|         | всего           | Контактная работа обучающихся с преподавателем |        |                      |                      |     | СРС, в том числе экзамен |                                                                           |                |
|         |                 | всего                                          | из них |                      |                      |     |                          |                                                                           |                |
|         |                 |                                                | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | КСР | консультации             |                                                                           |                |
| 3       | 144             | 32                                             | 10     | 22                   |                      |     |                          | 112                                                                       | зачет, экзамен |

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физико-химические процессы переработки отходов» является формирование знаний о физико-химических процессах, протекающих при переработке техногенных отходов, для их использования в качестве вторичных материальных ресурсов или их полной утилизации.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Физико-химические процессы переработки отходов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору ОПОП магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

До освоения дисциплины «Физико-химические процессы переработки отходов» должны быть изучены следующие дисциплины «Физическая химия», «Массообменные процессы и аппараты», «Процессы и аппараты химической технологии», «Промышленная экология», «Процессы и аппараты защиты окружающей среды», «Переработка твердых бытовых отходов» и т.д.

При изучении указанных дисциплин формируются «входные» знания, умения, опыт и компетенции, необходимые для успешного освоения дисциплины «Физико-химические процессы переработки отходов».

Дисциплина «Физико-химические процессы переработки отходов» является основой для осуществления научно-исследовательской работы, выполнения их магистерской диссертации, а также других дисциплин из учебного плана магистров.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

| Код и наименование компетенции из ОПОП                                                                                                                        | Код и наименование индикатора достижения компетенций                                                                                                                     | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Процедура освоения                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-7. Способен оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов | ПК-7.1. Способен анализировать новые технологии утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов с целью выявления экологических и технологических рисков | Знает: технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства<br>Умеет: решать задачи определения рисков технологических процессов утилизации отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов; оценивать эффективность управления экологической безопасностью предприятия в соответствии с отечественными и зарубежными экологическими стандартами;<br>Владеет: навыками эксплуатации современного оборудования по переработке отходов, очистки сточных вод и газообразных выбросов; навыками организации работы коллектива исполнителей по обеспечению экологической безопасности предприятия с | Устный опрос,<br>письменный опрос<br>Контрольная работа,<br>Зачет<br>экзамен |

|                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                          | минимальными рисками                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                              |
|                                                                                                                                                                                     | ПК-7.2. Способен разрабатывает методы утилизации отходов при внедрении новых технологий                                                                  | <p>Знает: воздействие техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов</p> <p>Умеет: создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и попадании в окружающую среду</p> <p>Владеет: навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов</p>                                                                                                        | Устный опрос,<br>письменный опрос<br>Контрольная работа,<br>Зачет<br>экзамен |
|                                                                                                                                                                                     | ПК-7.3. Применяет инструменты оценки рисков при внедрении новых технологий                                                                               | <p>Знает: методологические подходы к созданию модели систем повторного использования отходов с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения.</p> <p>Умеет: создавать модели систем повторного использования отходов с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения.</p> <p>Владеет: навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов.</p>                                                                                                                                                                                                                                   | Устный опрос,<br>письменный опрос<br>Контрольная работа,<br>Зачет<br>экзамен |
| ПК-10. Владеет знаниями технологий глубокой переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и способен их разрабатывать в том числе с использованием биотехнологий | ПК-10.1 Владеет знаниями об инновационных технологиях переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства                                   | <p>Знает: условия образования отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства, основные их физико-химические и химические характеристики.</p> <p>Умеет: определять возможность использования тех или иных методов обезвреживания отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства с позиций повышения экологической безопасности.</p> <p>Владеет: навыками расчетов основных технологических процессов утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства</p>                                                                                                                                                       | Устный опрос,<br>письменный опрос<br>Контрольная работа,<br>Зачет<br>экзамен |
|                                                                                                                                                                                     | ПК-10.2 Способен разрабатывать технологии переработки отходов с учетом современных достижений науки и техники в том числе с использованием биотехнологий | <p>Знает: технологии утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и системы обеспечения экологической безопасности производства с учетом современных достижений науки и техники, в том числе с использованием биотехнологий</p> <p>Умеет: создавать технологии утилизации отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и системы обеспечения экологической безопасности производства с учетом современных достижений науки и техники, в том числе с использованием биотехнологий</p> <p>Владеет: приемами и методами разработки элементов технологии утилизации отходов пищевой промышленности и сельского</p> | Устный опрос,<br>письменный опрос<br>Контрольная работа,<br>Зачет<br>экзамен |

|  |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                                                                                       | хозяйства и организации экологической безопасности производства с учетом современных достижений науки и техники, в том числе с использованием биотехнологий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                              |
|  | ПК-10.3 Владеет знаниями о биологических методах очистки муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства | Знает: существующие способы биологической очистки муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства<br>Умеет: осуществлять расчеты для разработки технических заданий при проектировании и изготовления оборудования по биологической очистке муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства<br>Владеет: навыками анализа процессов биологической очистки муниципальных сточных вод и переработки отходов пищевой промышленности и сельского хозяйства и разработке рекомендаций по улучшению эффективности процесса на основе научных исследований и современных достижений | Устный опрос,<br>письменный опрос<br>Контрольная работа,<br>Зачет<br>экзамен |

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

| №<br>п/п | Разделы и темы<br>дисциплины                                                            | Семестр | Виды учебной<br>работы, включая<br>самостоятельную<br>работу студентов и<br>трудоемкость (в<br>часах) |                          |                          |                          | Самостоятельная работа | Формы текущего<br>контроля<br>успеваемости (по<br>неделям семестра)<br><br>Форма<br>промежуточной<br>аттестации (по<br>семестрам) |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                         |         | Лекции                                                                                                | Практически<br>е занятия | Лабораторн<br>ые занятия | Контроль<br>самост. раб. |                        |                                                                                                                                   |
|          | Модуль 1. Гидродинамические и механические процессы                                     |         |                                                                                                       |                          |                          |                          |                        |                                                                                                                                   |
| 1        | Механические<br>процессы переработки<br>отходов                                         | 3       | 2                                                                                                     |                          | 2                        |                          | 8                      | Устный опрос, решение<br>задач, домашняя работа                                                                                   |
| 2        | Теоретические основы<br>гравитационной<br>очистки сточных вод и<br>газообразных отходов | 3       |                                                                                                       |                          | 4                        |                          | 8                      | Устный опрос, решение<br>задач, домашняя работа                                                                                   |
| 3        | Фильтравание.<br>Обратный осмос.                                                        | 3       |                                                                                                       |                          | 2                        |                          | 10                     | Устный опрос, решение<br>задач,                                                                                                   |
|          | Итого по модулю 1:                                                                      |         | 2                                                                                                     |                          | 8                        |                          | 26                     | Коллоквиум                                                                                                                        |
|          | Модуль 2. Массообменные процессы                                                        |         |                                                                                                       |                          |                          |                          |                        |                                                                                                                                   |
| 1        | Теоретические основы<br>массообменных<br>процессов                                      | 3       | 2                                                                                                     |                          | 2                        |                          | 14                     | Устный опрос, решение<br>задач, домашняя работа                                                                                   |

|   |                                                               |   |    |  |    |  |     |                                              |
|---|---------------------------------------------------------------|---|----|--|----|--|-----|----------------------------------------------|
| 2 | Использование массообменных процессов при переработке отходов | 3 | 2  |  | 4  |  | 12  | Устный опрос, решение задач, домашняя работа |
|   | <i>Итого по модулю 2:</i>                                     |   | 4  |  | 6  |  | 26  | Коллоквиум                                   |
|   | Модуль 3. Химические и тепловые процессы                      |   |    |  |    |  |     |                                              |
| 1 | Химические процессы, протекающие при переработке отходов      | 3 | 2  |  | 4  |  | 12  | Устный опрос, решение задач, домашняя работа |
| 2 | Тепловые процессы                                             | 3 | 2  |  | 4  |  | 12  | Устный опрос                                 |
|   | <i>Итого по модулю 3:</i>                                     |   | 4  |  | 8  |  | 24  | Коллоквиум                                   |
|   | Модуль 4 Подготовка к экзамену                                |   |    |  |    |  |     |                                              |
| 1 | Подготовка к экзамену                                         | 3 |    |  |    |  | 36  | зачет, экзамен                               |
|   | <i>Итого по модулю 4:</i>                                     |   |    |  |    |  | 36  | зачет, экзамен                               |
|   | ИТОГО:                                                        |   | 10 |  | 22 |  | 112 | зачет, экзамен                               |

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

##### **Модуль 1. Гидродинамические и механические процессы**

**Тема 1. Механические процессы переработки отходов.** Общие представления о механических процессах: измельчение, классификация по крупности, дозирование, транспортировка, смешивание, процессы гранулирования (прессование, гранулирование скатыванием, экструдирование). Сущность и назначение процессов измельчения. Сухой и мокрый способы измельчения. Физико-химические основы измельчения. Работа измельчения. Крупное, среднее и мелкое дробление твердых материалов. Тонкое и сверхтонкое измельчение.

**Тема 2. Теоретические основы гравитационной очистки сточных вод и газообразных отходов.** Теоретические основы механических и гидродинамических процессов переработки отходов. Закономерности процесса гравитационной очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ. Закономерности процессов инерционной и центробежной очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ. Оценка эффективности гидродинамических процессов для очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ.

**Тема 3. Фильтрация. Обратный осмос.** Разделение неоднородных систем фильтрованием. Физическая сущность, виды и методы фильтрования. Способы создания движущей силы процессов фильтрования. Вывод основного уравнения фильтрования на основе уравнения Гагена-Пуазейля. Уравнение фильтрования при постоянной разности давлений и при постоянной скорости процесса. Использование уравнений фильтрования на практике. Классификация промышленных фильтров и их основные характеристики: фильтры, работающие под давлением и под вакуумом, фильтрующие центрифуги. Фильтровальные перегородки: основные типы и требования, предъявляемые к ним. Закономерности процесса фильтрационной очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от

взвешенных веществ. Осмос. Осмотические системы очистки природных и сточных вод. Разделение примесей с использованием обратного осмоса.

### **Модуль 2. Массообменные процессы**

#### **Тема 4. Теоретические основы массообменных процессов.**

Классификация и области применения физико–химических процессов для защиты окружающей среды. Равновесие при массообменных процессах. Правило фаз. Движущие силы процессов массопереноса. Основные законы межфазового равновесия. Материальный баланс процессов массопереноса и уравнения линий рабочих концентраций при прямоточном и противоточном взаимодействии фаз. Направление массопереноса и способы регулирования.

**Тема 5. Использование массообменных процессов при переработке отходов.** Основные закономерности процесса абсорбции. Применение процесса абсорбции для очистки газовоздушных выбросов. Основные закономерности процесса адсорбции. Применение процесса адсорбции для очистки газовоздушных выбросов и сточных вод от загрязняющих веществ. Ионообменные процессы. Применение ионообменных процессов для очистки сточных вод от загрязняющих веществ. Основные закономерности процесса экстракции. Применение процесса экстракции для очистки сточных вод и переработки отходов. Дистилляция и ректификация. Применение дистилляции при очистке сточных вод. Мембранные процессы, используемые при очистке сточных вод.

### **Модуль 3. Химические и тепловые процессы**

**Тема 6. Химические процессы, протекающие при переработке отходов.** Основные закономерности протекания химических процессов. Равновесие и скорость протекания химических реакций. Применение химических процессов для очистки газовоздушных выбросов и сточных вод от загрязняющих веществ, обезвреживания опасных отходов. Нейтрализация. Озонирование. Химическое окисление и восстановление.

**Тема 7. Тепловые процессы.** Область применения тепловых процессов для защиты окружающей среды. Основные закономерности процессов термического обезвреживания отходов. Обеспечение экологической безопасности при термическом обезвреживании отходов.

## **4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине**

### **Модуль 1. Гидродинамические и механические процессы**

**Тема 1. Механические процессы переработки отходов.** Гравитационное осаждение взвешенных примесей в природных и сточных водах.

**Тема 2. Теоретические основы гравитационной очистки сточных вод и газообразных отходов.** Использование коагулянтов для интенсификации процесса гравитационного осаждения.

**Тема 3. Фильтрование. Обратный осмос.** Осмотическое фильтрование природных вод.

### **Модуль 2. Массообменные процессы**



**Тема 4. Теоретические основы массообменных процессов.** Использование силикагеля для адсорбционной очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

**Тема 5. Использование массообменных процессов при переработке отходов.** Переработка отходов содовой промышленности с использованием мембранных технологий

**Модуль 3. Химические и тепловые процессы**

**Тема 6. Химические процессы, протекающие при переработке отходов.** Химические процессы обработки сточных и питьевых вод. Хлорирование. Окисление гипохлоритом натрия. Нейтрализация.

**Тема 7. Тепловые процессы.** Исследование кинетических закономерностей обезвреживания сточных вод от органических соединений с использованием реактива-Фентона.

**5. Образовательные технологии**

Рекомендуемые образовательные технологии:

- ✓ на лекциях используется демонстративный материал в виде презентаций;
- ✓ решение ситуационных задач;
- ✓ расчетные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем и с консультацией преподавателя.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Занятия лекционного типа (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция) составляют 30% аудиторных занятий.

Для аттестации студентов по каждому модулю должны проводиться контрольные работы. В качестве итогового контроля проводится зачет и экзамен.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

**6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы**

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Поиск в интернете дополнительного материала
3. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
4. Решение экспериментальных и расчетных задач.
5. Подготовка к коллоквиуму.
6. Подготовка к зачету.
7. Подготовка к экзамену.

| № | Вид самостоятельной работы | Вид контроля | Учебно-методич. обеспечение |
|---|----------------------------|--------------|-----------------------------|
|---|----------------------------|--------------|-----------------------------|

|    |                                              |                                                                                                                                            |                                       |
|----|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Подготовка к отчетам по лабораторным работам | Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе. | См. разделы 7, 8, 9 данного документа |
| 2. | Решение экспериментальных и расчетных задач  | Проверка домашних заданий.                                                                                                                 | См. разделы 7, 8, 9 данного документа |
| 3. | Подготовка к коллоквиуму                     | Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.                                                                                       | См. разделы 7, 8, 9 данного документа |
| 4. | Подготовка к зачету.                         | Устный или письменный опрос, либо компьютерное тестирование.                                                                               | См. разделы 7, 8, 9 данного документа |
| 5. | Подготовка к экзамену.                       | Компьютерное тестирование или опрос по экзаменационным билетам                                                                             | См. разделы 7, 8, 9 данного документа |

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение экспериментальных и расчетных задач.
3. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

*Итоговый контроль* проводится либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка «отлично» ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка «хорошо» ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка «удовлетворительно» ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Типовые контрольные задания**

#### **Вопросы для коллоквиумов**

1. Характеристика промышленных отходов: твердых, жидких и газообразных.
2. Дробление отходов. Степень дробления.
3. Барабанные, стержневые и шаровые мельницы.

4. Характеристика промышленных вибромельниц.
5. Грохочение отходов и мусора
6. Оборудование, используемое для дробления и грохочения отходов
7. Классификация отходов по крупности
8. Агрегирование отходов и мусора.
9. Гранулирование отходов и мусора.
10. Оборудование для гранулирования.
11. Брикетирование отходов.
12. Смешивание отходов.
13. Магнитные методы сепарации отходов.
14. Теоретические основы магнитной сепарации.
15. Гидродинамические процессы переработки промышленных отходов.
16. Гравитационное отстаивание под действием силы тяжести.
17. Коагулирование взвешенных веществ.
18. Флотирование взвешенных веществ.
19. Обогащение отходов.
20. Винтовые сепараторы.
21. Фильтрование.
22. Центрифугирование.
23. Струйные сепараторы.
24. Аэродинамические процессы при переработке отходов.
25. Диффузионные процессы при переработке отходов.
26. Абсорбция при переработке отходов.
27. Адсорбция при переработке отходов.
28. Дистилляция при переработке отходов.
29. Кристаллизация при переработке отходов.
30. Экстракция из жидких отходов.
31. Выщелачивания при переработке отходов.
32. Окислительные процессы при переработке отходов.
33. Восстановительные процессы при переработке отходов.
34. Биохимические процессы при переработке отходов.
35. Термические процессы переработки и утилизации отходов.
36. Термообработка медицинских отходов.

Вопросы самостоятельной работы:

1. Расчет гидроциклонов.
2. Расчет аэроциклонов.
3. Использование электрофильтров для осаждения пыли.
4. Расчет технологического оборудования очистки газовоздушных смесей от пыли и других взвешенных частиц.
5. Расчет абсорбционных колонок по очистке газовых выбросов.
6. Фотоокисление органических веществ.
7. Биохимическое окисление органических веществ.
8. Использование биологического окисления в качестве нетрадиционного источника энергии.
9. Механическая очистка сточных вод от взвешенных веществ.

10. Каталитическое окисление органических соединений в газовых выбросах и сточных водах

11. Электродиализная очистка сточных вод

### **Контрольные вопросы**

1. Общие представления о механических процессах переработки отходов.
2. Сущность и назначение процессов измельчения.
3. Сухой и мокрый способы измельчения.
4. Физико-химические основы измельчения.
5. Крупное, среднее и мелкое дробление твердых материалов.
6. Тонкое и сверхтонкое измельчение.
7. Разделение отходов на различные фракции.
8. Теоретические основы механических и гидродинамических процессов переработки отходов.
9. Закономерности процесса гравитационной очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ.
10. Закономерности процессов инерционной и центробежной очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ.
11. Оценка эффективности гидродинамических процессов для очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ.
12. Разделение неоднородных систем фильтрованием.
13. Физическая сущность, виды и методы фильтрования.
14. Способы создания движущей силы процессов фильтрования.
15. Вывод основного уравнения фильтрования на основе уравнения Гагена-Пуазейля.
16. Уравнение фильтрования при постоянной разности давлений и при постоянной скорости процесса.
17. Использование уравнений фильтрования на практике.
18. Классификация промышленных фильтров и их основные характеристики: фильтры работающие под давлением и под вакуумом, фильтрующие центрифуги.
19. Фильтровальные перегородки: основные типы и требования, предъявляемые к ним.
20. Закономерности процесса фильтрационной очистки пылевоздушных выбросов и сточных вод от взвешенных веществ.
21. Осмос. Осмотические системы очистки природных и сточных вод.
22. Разделение примесей с использованием обратного осмоса.
23. Классификация и области применения физико – химических процессов для защиты окружающей среды.
24. Равновесие при массообменных процессах.
25. Правило фаз.
26. Движущие силы процессов массопереноса.
27. Основные законы межфазового равновесия.
28. Материальный баланс процессов массопереноса и уравнения линий рабочих концентраций при прямоточном и противоточном взаимодействии фаз.

29. Направление массопереноса и способы регулирования.
30. Основные закономерности процесса абсорбции.
31. Применение процесса абсорбции для очистки газовойоздушных выбросов.
32. Основные закономерности процесса адсорбции.
33. Применение процесса адсорбции для очистки газовойоздушных выбросов и сточных вод от загрязняющих веществ.
34. Ионообменные процессы.
35. Применение ионообменных процессов для очистки сточных вод от загрязняющих веществ.
36. Основные закономерности процесса экстракции.
37. Применение процесса экстракции для очистки сточных вод и переработки отходов.
38. Дистилляция и ректификация.
39. Применение дистилляции при очистке сточных вод.
40. Мембранные процессы, используемые при очистке сточных вод.
41. Основные закономерности протекания химических процессов.
42. Равновесие и скорость протекания химических реакций.
43. Применение химических процессов для очистки газовойоздушных выбросов и сточных вод от загрязняющих веществ, обезвреживания опасных отходов.
44. Нейтрализация.
45. Озонирование.
46. Химическое окисление и восстановление.
47. Область применения тепловых процессов для защиты окружающей среды.
48. Основные закономерности процессов термического обезвреживания отходов.
49. Обеспечение экологической безопасности при термическом обезвреживании отходов.

## **7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 20 баллов,
- выполнение лабораторных заданий (допуск, выполнение, сдача работ) – 60 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

письменная контрольная работа - 100 баллов.

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

**а) основная литература:**

1. Братчикова И.Г. Физико-химические основы инженерной экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.Г. Братчикова. - Электрон. текстовые данные. - М.: Российский университет дружбы народов, 2011. - 124 с. - 978-5-209-03579-4. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11405.html>
2. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 296 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0125-8; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444179>
3. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов: учебное пособие: В 2-х частях / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 416 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0127-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444180>
4. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: учебно-практическое пособие / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр., доп. и перераб. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 316 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0128-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444181>

**б) дополнительная литература:**

1. Ветошкин, А.Г. Основы инженерной защиты окружающей среды: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 456 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9729-0124-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444182>
2. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами: научное издание / Н.С. Серпокрылов, Е.В. Вильсон, С.В. Гетманцев, А.А. Марочкин. - Москва: Издательство АСВ, 2009. - 262 с.: табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-93093-645-2; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273413>
3. Юшин В.В., Попов В.М., Кукин П.П. и др. Техника и технология защиты воздушной среды. М.: Высшая школа, 2008
4. Инженерная защита окружающей среды в примерах и задачах: учеб. пособие / под ред. Воробьева О.Г. СПб.: Лань, 2002. - 288 с

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

- 1) eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. - Москва, 1999. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. - Яз. рус., англ.
- 2) Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучения: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. –

URL: <http://moodle.dgu.ru/>.

3) Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный.

4) Национальная электронная библиотека (НЭБ) [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Нац. электрон. б-ка. — Москва – .Режим доступа: <https://нэб.рф>. – Яз. рус., англ.

5) ProQuest Dissertation &Theses Global (PQDT Global) [Электронный ресурс]: база данных зарубежных диссертаций. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/>

6) Springer Nature [Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства Springer Nature - Режим доступа: <https://link.springer.com/>.  
<https://www.nature.com/siteindex/index.html>.  
<http://materials.springer.com/>.<http://www.springerprotocols.com/>.  
<https://goo.gl/PdhJdo>. <https://zbmath.org/>. – Яз., англ.

7) Королевское химическое общество (Royal Society of Chemistry) [Электронный ресурс]: журналы издательства. – Режим доступа: <http://pubs.rsc.org/>. – Яз., англ.

8) Американское химическое общество (ACS) [Электронный ресурс]: база данных полнотекстовых научных журналов Американского химического общества (ACS) коллекции Core+. – Режим доступа: <http://pubs.acs.org>. – Яз., англ.

9) American Physical Society (APS) [Электронный ресурс]: журналы издательства American Physical Society(Американского физического общества). - Режим доступа: <http://journals.aps.org/about>. – Яз., англ.

10) SAGE Premier[Электронный ресурс]: электронные ресурсы издательства SAGE Premier. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/>. – Яз., англ.

11) Журнал «Химия в интересах устойчивого развития»  
<http://www.sibran.ru/journals/KhUR/>

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

**Лекционный курс.** В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, с целью формирования у студентов знаний и умений в области процессов и аппаратов в химической технологии. В тетради для конспектирования лекций записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспекте рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие у студентов в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях, и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Студенту необходимо активно работать с конспектом лекций: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к практическим занятиям экзамену, модульным контрольным, при выполнении самостоятельных заданий.

**Лабораторные занятия.** Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

**Самостоятельная работа** выполняется студентом в виде конспектирования первоисточника, закрепления материала при выполнении практических работ по теме. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводится: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

| <b>Разделы и темы для самостоятельного изучения</b>                                                                                                                               | <b>Виды и содержание самостоятельной работы</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Гидроциклоны и аэроциклоны. Расчет гидроциклонов и аэроциклонов                                                                                                                   | -конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;<br>-проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях;<br>-поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка;<br>- работа с вопросами для самопроверки; |
| Использование электрофильтров для осаждения пыли. Расчет технологического оборудования очистки газоздушных смесей от пыли и других взвешенных частиц.                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Абсорбция. Расчет абсорбционных колонок по очистке газовых выбросов. Очистка сточных вод с использованием передовых окислительных процессов (advanced oxidation process)          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Механическая очистка сточных вод от взвешенных веществ. Каталитическое окисление органических соединений в газовых выбросах и сточных водах. Электродиализная очистка сточных вод |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине «Физико-химические процессы переработки отходов» используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов



анализа.

- Программы пакета Microsoft Office
- Решение ситуационных задач

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

В соответствии с требованиями ФГОСЗ+ кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий по потокам студентов, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12-14 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещение для лекционных занятий укомплектовано комплектом электропитания, специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого двух студентов), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком). Имеется компьютерный класс для проведения некоторых лабораторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы.

1. Оборудование химического факультета и Центра коллективного пользования «Аналитическая спектроскопия»: Атомноабсорбционный спектрометр, Contr AA-700, AnalytikJena, Германия; Микроволновая система минерализации проб под давлением, TOPwavelV, AnalytikJena, Германия; Спектрофотометр, SPECORD 210 PlusBU, AnalytikJena, Германия; Система капиллярного электрофореза, Капель-105М, ЛЮМЕКС, Санкт-Петербург; Рентгеновский дифрактометр, EmpryreanSeries 2 Фирма Panalytical (Голландия); Дифференциальный сканирующий калориметр, NETZSCH STA 409 PC/PG, Германия; Лабораторная экстракционная система, SFE1000M1-2-FMC-50, Waters, США; Хромато-масс-спектрометр, 7820 Маэстро, США, Россия; Высокоэффективный жидкостной хроматограф, Agilent 1220 Infinity, США.

2. Весы аналитические Leki B1604, Pioneer.
3. Весы теххимические Leki B5002.
4. Дистиллятор А-10.
5. Вытяжной шкаф
6. Сушильный шкаф

7. Муфельная печь
8. Установка для фотокаталитического окисления органических соединений
9. Титановые пластины
10. Набор лабораторной посуды.
11. Необходимые реактивы.