

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химического факультета

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

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

Кафедра экологической химии и технологии  
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  
Очная

Статус дисциплины: вариативная по выбору

Махачкала, 2016

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические процессы переработки отходов» составлена в 2016 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)

от «20» ноября 2014 г. № 1480.


Разработчик: кафедра экологической химии и технологии, Исаев А.Б. к.х.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры экологической химии и технологии  
от «15» 06 2016г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Алиев З.М.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «17» 06 2016г., протокол № 10

Председатель  Бабуев М.А.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением «20» 06 2016г.   
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физико-химические процессы переработки отходов» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы магистратуры по направлению 18.04.02 - Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

Дисциплина реализуется на химическом факультете кафедрой экологической химии и технологии.

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: общепрофессиональных – ОПК-3, профессиональных – ПК-4, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

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 часов по видам учебных занятий

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
11	144	16	32				96	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 ООП магистратуры

Дисциплина «Физико-химические процессы переработки отходов» входит в вариативную по выбору часть образовательной программы 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», «Технологии получения материалов из техногенных 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) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
<b>ОПК-3</b>	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	<b>Знать:</b> физико-химические основы современных методы переработки отходов различных отраслей промышленности <b>Уметь:</b> выбирать тот или иной физико-химический процесс для переработки в зависимости от состава и свойств при проектировании оборудования. <b>Владеть:</b> навыками по эксплуатации современного научно-исследовательского оборудования по и использования современных физико-химических процессов для переработки отходов
<b>ПК-4</b>	способность использовать	<b>Знать:</b> химизм и механизм физико-

	современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную интерпретацию	химических процессов и методов переработки отходов; Уметь: определять химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов проведением экспериментальных исследований Владеть: навыками по определению химизма и механизма физико-химических процессов с использованием современных достижений науки и техники
<b>ПК-7</b>	готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке	Знать: основы моделирования систем для переработки техногенных отходов с использованием теоретических знаний Уметь: разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и выбору оборудования на основе моделирования систем для переработки техногенных отходов Владеть: навыками прогнозирования зон повышенного загрязнения при утилизации отходов и осуществления мероприятий по их ликвидации
<b>ПК-8</b>	готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования	Знать: приемы оптимизации при проектировании систем переработки техногенных отходов Уметь: определять основные параметры при проектировании и реализации различных процессов переработки отходов Владеть: навыками проведения теоретического анализа процессов переработки техногенных отходов
<b>ПК-9</b>	способность к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения, к оценке экономической эффективности технологических процессов, их экологической безопасности	Знать: условия образования техногенных отходов, основные их физико-химические и химические характеристики Уметь: оптимизировать методы и способы переработки техногенных отходов физико-химическими методами Владеть: навыками расчетов основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов
<b>ПК-10</b>	способностью оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий	Знать: методологические подходы к созданию модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения Уметь: создавать модели систем

		переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения Владеть: навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов
<b>ПК-11</b>	способностью разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов	<b>Знать:</b> методики расчета основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов <b>Уметь:</b> разработать техническое решение и способ утилизации или переработки отхода в зависимости от его свойств <b>Владеть:</b> навыками разработки способов использования отходов качестве вторичных материальных ресурсов
<b>ПК-12</b>	способностью создавать технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства	<b>Знать:</b> воздействие техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов <b>Уметь:</b> создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и попадании в окружающую среду <b>Владеть:</b> навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов

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

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

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1. Гидродинамические и механические процессы								

1	Механические процессы переработки отходов	11	1-2	2				6	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Теоретические основы гравитационной очистки сточных вод и газообразных отходов	11	3-4	2		4		6	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
3	Фильтрация. Обратный осмос.	11	5-6	2		6		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 1:</i>			<b>6</b>		<b>10</b>		<b>20</b>	Коллоквиум
<b>Модуль 2. Массообменные процессы</b>									
1	Теоретические основы массообменных процессов	11	7-9	2		4		8	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Использование массообменных процессов при переработке отходов	11	10-12	4		8		10	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>			<b>6</b>		<b>12</b>		<b>18</b>	Коллоквиум
<b>Модуль 3. Химические и тепловые процессы</b>									
1	Химические процессы, протекающие при переработке отходов	11	13-15	2		4		10	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
2	Тепловые процессы	11	16-18	2		6		12	Устный опрос, решение задач, домашняя работа
	<i>Итого по модулю 3:</i>			<b>4</b>		<b>10</b>		<b>22</b>	Коллоквиум
<b>Модуль 4 Подготовка к экзамену</b>									
1	Подготовка к экзамену	11						36	зачет, экзамен
	<i>Итого по модулю 4:</i>							<b>36</b>	зачет, экзамен
	<b>ИТОГО:</b>			<b>16</b>		<b>32</b>		<b>96</b>	<b>зачет, экзамен</b>

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

#### **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 окатышами, 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.

#### **Тематика лабораторных работ**

1. Использование силикагеля для адсорбционной очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.
2. Переработка отходов содовой промышленности с использованием мембранных технологий
3. Химические процессы обработки сточных и питьевых вод. Хлорирование. Окисление гипохлоритом натрия. Нейтрализация.
4. 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 7.3, 8, 9 данного документа
2.	Решение экспериментальных и расчетных задач	Проверка домашних заданий.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
3.	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
4.	Подготовка к зачету.	Устный или письменный опрос, либо компьютерное тестирование.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
5.	Подготовка к экзамену.	Компьютерное тестирование или опрос по экзаменационным билетам	См. разделы 7.3, 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. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-3	Знать: физико-химические основы современных методы переработки отходов различных отраслей промышленности	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: выбирать тот или иной физико-химический процесс для переработки в зависимости от состава и свойств при проектировании оборудования	Письменный опрос
	Владеть: навыками по эксплуатации современного научно-исследовательского оборудования по и использования современных физико-химических процессов для переработки отходов	Мини-конференция
ПК-4	Знать: химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов;	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: определять химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов проведением экспериментальных исследований	Письменный опрос
	Владеть: навыками по определению химизма и механизма физико-химических процессов с использованием современных достижений науки и техники	Мини-конференция
ПК-7	Знать: основы моделирования систем для переработки техногенных отходов с использованием теоретических знаний	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и выбору оборудования на основе моделирования систем для переработки техногенных отходов	Письменный опрос
	Владеть: навыками прогнозирования зон повышенного загрязнения при утилизации отходов и осуществления мероприятий по их ликвидации	Мини-конференция
ПК-8	Знать: приемы оптимизации при проектировании систем переработки техногенных отходов	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: определять основные параметры при проектировании и реализации различных процессов переработки отходов	Письменный опрос
	Владеть: навыками проведения теоретического анализа процессов переработки техногенных отходов	Мини-конференция
ПК-9	Знать: условия образования техногенных отходов, основные их физико-химические и химические характеристики	Устный опрос, письменный опрос

	Уметь: оптимизировать методы и способы переработки техногенных отходов физико-химическими методами	Письменный опрос
	Владеть: навыками расчетов основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	Мини-конференция
ПК-10	Знать: методологические подходы к созданию модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: создавать модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	Письменный опрос
	Владеть: навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов	Мини-конференция
ПК-11	Знать: методики расчета основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: разработать техническое решение и способ утилизации или переработки отхода в зависимости от его свойств	Письменный опрос
	Владеть: навыками разработки способов использования отходов качестве вторичных материальных ресурсов	Мини-конференция
ПК-12	Знать: воздействие техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов	Устный опрос, письменный опрос
	Уметь: создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и попадании в окружающую среду	Письменный опрос
	Владеть: навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов	Мини-конференция

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

### ОПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутый	Знать: физико-химические основы современных методы переработки отходов различных отраслей промышленности	Неполные знания о физико-химических основах современных методов переработки отходов различных отраслей промышленности	Сформированные, но содержащие пробелы знания о физико-химических основах современных методов переработки отходов различных отраслей промышленности	Сформированные и систематические знания о физико-химических основах современных методов переработки отходов различных отраслей промышленности
	Уметь: выбирать тот или иной физико-химический процесс для переработки в зависимости от состава и свойств при проектировании оборудования	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать тот или иной физико-химический процесс для переработки в зависимости от состава и свойств при проектировании оборудования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выбирать тот или иной физико-химический процесс для переработки в зависимости от состава и свойств при проектировании оборудования	Успешное и систематическое умение выбирать тот или иной физико-химический процесс для переработки в зависимости от состава и свойств при проектировании оборудования
	Владеть: навыками по эксплуатации современного научно-исследовательского оборудования по и использования современных физико-химических процессов для переработки отходов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками по эксплуатации современного научно-исследовательского оборудования по и использования современных физико-химических процессов для переработки отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками по эксплуатации современного научно-исследовательского оборудования по и использования современных физико-химических процессов для переработки отходов	Успешное и систематическое владение навыками по эксплуатации современного научно-исследовательского оборудования по и использования современных физико-химических процессов для переработки отходов

#### ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать современные методики и методы, в проведении экспериментов и испытаний, анализировать их результаты и осуществлять их корректную

интерпретацию» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов;	Демонстрирует частичные знания без грубых ошибок	Умеет применять знания в базовом (стандартном) объеме	Демонстрирует высокий уровень знаний
	Уметь: определять химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов проведением экспериментальных исследований	В целом успешное, но не систематическое умение определять химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов проведением экспериментальных исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение определять химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов проведением экспериментальных исследований	Успешное и систематическое умение определять химизм и механизм физико-химических процессов и методов переработки отходов проведением экспериментальных исследований
	Владеть: навыками по определению химизма и механизма физико-химических процессов с использованием современных достижений науки и техники	В целом успешное, но не систематическое владение навыками по определению химизма и механизма физико-химических процессов с использованием современных достижений науки и техники	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками по определению химизма и механизма физико-химических процессов с использованием современных достижений науки и техники	Успешное и систематическое владение навыками по определению химизма и механизма физико-химических процессов с использованием современных достижений науки и техники

ПК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «готовность к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: основы моделирования	Неполные знания об основах моделирования	Сформированные, но содержащие пробелы знания	Сформированные и систематические знания об основах

	систем для переработки техногенных отходов с использованием теоретических знаний	систем для переработки техногенных отходов с использованием теоретических знаний	об основах моделирования систем для переработки техногенных отходов с использованием теоретических знаний	моделирования систем для переработки техногенных отходов с использованием теоретических знаний
	Уметь: разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и выбору оборудования на основе моделирования систем для переработки техногенных отходов	В целом успешное, но не систематическое умение разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и выбору оборудования на основе моделирования систем для переработки техногенных отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и выбору оборудования на основе моделирования систем для переработки техногенных отходов	Успешное и систематическое умение разрабатывать мероприятия по энерго- и ресурсосбережению и выбору оборудования на основе моделирования систем для переработки техногенных отходов
	Владеть: навыками прогнозирования зон повышенного загрязнения при утилизации отходов и осуществления мероприятий по их ликвидации	В целом успешное, но не систематическое владение навыками прогнозирования зон повышенного загрязнения при утилизации отходов и осуществления мероприятий по их ликвидации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками прогнозирования зон повышенного загрязнения при утилизации отходов и осуществления мероприятий по их ликвидации	Успешное и систематическое владение навыками прогнозирования зон повышенного загрязнения при утилизации отходов и осуществления мероприятий по их ликвидации

## ПК-8

Схема оценки уровня формирования компетенции «готовность к разработке технических заданий на проектирование и изготовление нестандартного оборудования» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: приемы оптимизации при проектировании систем переработки техногенных отходов	Неполные знания о приемах оптимизации при проектировании систем переработки техногенных	Сформированные, но содержащие пробелы знания о приемах оптимизации при	Сформированные и систематические знания о приемах оптимизации при проектировании систем переработки

		отходов	проектировании систем переработки техногенных отходов	техногенных отходов
	Уметь: определять основные параметры при проектировании и реализации различных процессов переработки отходов	В целом успешное, но не систематическое умение определять основные параметры при проектировании и реализации различных процессов переработки отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение определять основные параметры при проектировании и реализации различных процессов переработки отходов	Успешное и систематическое умение определять основные параметры при проектировании и реализации различных процессов переработки отходов
	Владеть: навыками проведения теоретического анализа процессов переработки техногенных отходов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками проведения теоретического анализа процессов переработки техногенных отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками проведения теоретического анализа процессов переработки техногенных отходов	Успешное и систематическое владение навыками проведения теоретического анализа процессов переработки техногенных отходов

### ПК-9

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность к анализу технологических процессов с целью повышения показателей энерго- и ресурсосбережения, к оценке экономической эффективности технологических процессов, их экологической безопасности» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: условия образования техногенных отходов, основные их физико-химические и химические характеристики	Неполные знания об условиях образования техногенных отходов, основные их физико-химические и химические характеристики	Сформированные, но содержащие пробелы знания об условиях образования техногенных отходов, основные их физико-химические и химические характеристики	Сформированные и систематические знания об условиях образования техногенных отходов, основные их физико-химические и химические характеристики



	Уметь: оптимизировать методы и способы переработки техногенных отходов физико-химическими методами	В целом успешное, но не систематическое умение оптимизировать методы и способы переработки техногенных отходов физико-химическими методами	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение оптимизировать методы и способы переработки техногенных отходов физико-химическими методами	Успешное и систематическое умение оптимизировать методы и способы переработки техногенных отходов физико-химическими методами
	Владеть: навыками расчетов основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками расчетов основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками расчетов основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	Успешное и систематическое владение навыками расчетов основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов

#### ПК-10

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: методологические подходы к созданию модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	Неполные знания о методологических подходах к созданию модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	Сформированные, но содержащие пробелы знания о методологических подходах к созданию модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	Сформированные и систематические знания о методологических подходах к созданию модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения
	Уметь: создавать	В целом	В целом	Успешное и

	модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	успешное, но не систематическое умение создавать модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	успешное, но содержащее отдельные пробелы умение создавать модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения	систематическое умение создавать модели систем переработки техногенных отходов физико-химическими методами с целью оценки инновационных и технологических рисков их внедрения
	Владеть: навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов	Успешное и систематическое владение навыками создания инновационных систем переработки техногенных отходов

#### ПК-11

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: методики расчета основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	Неполные знания о методиках расчета основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	Сформированные, но содержащие пробелы знания о методиках расчета основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов	Сформированные и систематические знания о методиках расчета основных технологических параметров процессов переработки техногенных отходов
	Уметь: разработать техническое решение и способ утилизации или переработки отхода в зависимости от его	В целом успешное, но не систематическое умение разработать техническое решение и	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разработать техническое	Успешное и систематическое умение разработать техническое решение и способ утилизации или

	свойств	способ утилизации или переработки отхода в зависимости от его свойств	решение и способ утилизации или переработки отхода в зависимости от его свойств	переработки отхода в зависимости от его свойств
	Владеть: навыками разработки способов использования отходов качестве вторичных материальных ресурсов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками разработки способов использования отходов качестве вторичных материальных ресурсов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками разработки способов использования отходов качестве вторичных материальных ресурсов	Успешное и систематическое владение навыками разработки способов использования отходов качестве вторичных материальных ресурсов

## ПК-12

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью создавать технологии утилизации отходов и системы обеспечения экологической безопасности производства» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый, продвинутой	Знать: воздействие техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов	Неполные знания о воздействии техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов	Сформированные, но содержащие пробелы знания о воздействии техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов	Сформированные и систематические знания о воздействии техногенных отходов и технологий их утилизации на объекты окружающей среды с учетом физико-химических процессов
	Уметь: создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и попадании в	В целом успешное, но не систематическое умение создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических	Успешное и систематическое умение создавать технологии переработки техногенных отходов с использованием знаний о физико-химических процессах, протекающих при их утилизации и

	окружающую среду	их утилизации и попадании в окружающую среду	процессах, протекающих при их утилизации и попадании в окружающую среду	попадании в окружающую среду
	Владеть: навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов	Успешное и систематическое владение навыками реализации различных мероприятий по предотвращению попадания отходов в окружающую среду с использованием представлений о физико-химических процессах переработки отходов

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### **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 газовоздушных выбросов.
32. Основные закономерности процесса адсорбции.
33. Применение процесса адсорбции для очистки газовоздушных 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 газовоздушных 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.

7.4. 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 - 70% и промежуточного контроля - 30%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий - 20 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 20 баллов.
- тестирование – 15 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- письменная контрольная работа - 30 баллов

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

а) основная литература:

1. Ветошкин А.Г. Аппаратурное оформление процессов защиты атмосферы от газовых выбросов: Учебное пособие по проектированию - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016
2. Ветошкин А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод: учебное пособие - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016
3. Ветошкин А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов: учебное пособие: В 2-х частях - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016
4. Ветошкин А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов: учебно-практическое пособие - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016
5. Ветошкин А.Г. Основы инженерной защиты окружающей среды: учебное пособие - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016
6. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами: научное издание - М.: Издательство АСВ, 2009
7. Юшин В.В., Кривошеин Д.А., Кукин П.П. и др. Техника и технология защиты воздушной среды. М.: Высшая школа, 2005
8. Инженерная защита окружающей среды в примерах и задачах: учеб. пособие /под ред. Воробьева О.Г. СПб.: Лань, 2002. - 288 с.
9. Гасанова Ф.Г. Техника защиты окружающей среды. Сборник расчетных заданий. Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2010 - 36 с.

10. Давыдов А.П., Валиуллин М.А., Каратаев О.Р. Основы механики жидкости и газа: современные проблемы техники, технологий и инженерных расчетов: монография - Казань: Издательство КНИТУ, 2014
  11. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография - М.: Издательство АСВ, 2012
  12. Процессы и аппараты защиты атмосферы и гидросферы: Рабочая программа, методические указания и контрольные задания Василевский М.В.
- б) дополнительная литература:
1. Баромембранные процессы и аппараты: Учебное пособие Николаев Г.И., Ханхуннов Ю.М., Ухеев Г.Ж., Бадмацыренов Б.В., Скорик О.В., Истомина Т.В., Хатхеева Е.Ф.
  2. Родионов А.И., Клушин В.Н, Торошечников Н.С. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989. – 512 с.
  3. Родионов А.И., Клушин В.Н, Систер. Экологические процессы технологической безопасности. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой. 2000. – 800 с.
  4. Лебедева Е.А. Охрана воздушного бассейна от вредных технологических и вентиляционных выбросов: учебное пособие - Н. Новгород: ННГАСУ, 2010
  5. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учеб. пособие для вузов / Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.Л.и др. М.: 2003. Высшая школа, - 344 с.
  6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. 1971. 784 с.
  7. Инженерная защита окружающей среды в примерах и задачах: учеб. пособие /под ред. О.Г.Воробьева СПб.: Лань, 2002. - 288 с.
  8. Сосновский В.И., Сосновская Н.Б., Степанова С.В. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Абсорбция газов: учебное пособие - Казань: КГТУ, 2009
  9. Гуггенгейм Э., Пру Д. Физико-химические расчеты - М.: Изд-во иностр. лит., 1958
  10. Ильин В.В. Природа адсорбционных сил - Москва, Ленинград: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1952
  11. Комаров В.С. Научные основы синтеза адсорбентов - Минск: Белорусская наука, 2013
  12. Кононова О.Н., Холмогоров А.Г., Кононов Ю.С. Сорбционное извлечение золота из растворов и пульп. Химизм процесса, селективность, технология - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011
  13. Основы экологизации процессов применения фенол- и аминсодержащих ингибиторов старения шинных резин: монография - Казань: Издательство КНИТУ, 2012
  14. Экстракция в поле переменных сил. Гидродинамика, массопередача, аппараты: теория, конструкции и расчеты: в 2-х ч., Ч. 1 - Казань: Издательство КНИТУ, 2012
  15. Ассад М.С., Пенязьков О.Г. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент - Минск: Белорусская наука, 2010

16. Богуславский Н.М., Мелик-Ахназаров Т.Х. Псевдооживление в химической технологии - М.: ГОСИНТИ, 1960
17. Воронов Ю.В., Казаков В.Д., Толстой М.Ю. Струйная аэрация: научное издание - М.: Издательство АСВ, 2007
18. Воронцов И.И. Ректификация в органической химической промышленности- М.: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1938
19. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. Теория, конструкция, расчет - Л.: Издательство "Химия", 1968
20. Физические основы и технологии обработки современных материалов (теория, технология, структура и свойства). В 2 т. Т. 2 - Москва , Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004
21. Физические основы и технологии обработки современных материалов (теория, технология, структура и свойства). В 2 т. Т. 1 - Москва , Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004
22. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами Никифорова Т.Е., 2014, - 293 с.
23. Молекулярная теория адсорбции в пористых телах Товбин Ю.К., - Физматлит, 2012, - 623 с.
24. Ветошкин А.Г. Физические основы и техника процессов сепарации пены: научное издание - Москва-Вологда: Инфра-Инженерия, 2016

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

1. <http://www.ulstu.ru/> Кобзарь И.Г., Козлова В. В. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Ч.1. Защита атмосферы: Текст лекций по дисциплине "Процессы и аппараты защиты окружающей среды" - Ульяновск: УлГТУ, 2007.-64с.
2. <http://www.librus.ru/biological-sciences/ecology/23175-inzhenernye-metody-zaschity-okruzhayuschey-sredy.html>  
<http://www.iqlib.ru/book/preview/704BB2CFE8284B84A8E495B5F246BA2E>  
Невская Г.Ф., Губонина З.И., Минаев А.С. Защита окружающей среды от техногенных воздействий
3. <http://www.waste.ru/modules/library/singlefile.php?cid=5&lid=64>
4. База данных издательства Springer.
5. База данных диссертаций Российской научной библиотеки.
6. База данных Американского химического общества (American Chemical Society) и Королевского химического общества (Royal Society of Chemistry).
7. Электронная библиотека: elibrary.ru

#### **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.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Гидроциклоны и аэроциклоны. Расчет гидроциклонов и аэроциклонов	-конспектирование первоисточников и другой учебной литературы; -проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе), подготовка докладов на практические занятия, к участию в тематических дискуссиях; -поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка; - работа с вопросами для
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	самопроверки;
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 каждых 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, TOPwaveIV, AnalytikJena, Германия; Спектрофотометр, SPECORD 210 PlusBU, AnalytikJena, Германия; Система капиллярного электрофореза, Капель-105М, ЛЮМЕКС, Санкт-Петербург; Рентгеновский дифрактометр, EmpyreanSeries 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.