

## **Аннотация рабочей программы дисциплины «Основы ядерной физики и дозиметрии» (Б1.Б.20)**

**1. Цель дисциплины** – сформировать у обучающихся общие представления о свойствах атомного ядра и ионизирующих излучений, дать основные сведения о законах, управляющих спонтанными радиоактивными превращениями, ядерными реакциями, а также процессами, происходящими при прохождении ионизирующего излучения ядер через вещество.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями:

### **Общекультурные:**

- способность представить современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний (ОК-1);
- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-4);
- понимание роли охраны окружающей среды и рационального природопользования для развития и сохранения цивилизации (ОК-13).

### **Общепрофессиональные:**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способен к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2).

### **Профессиональные:**

- способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);
- способность проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные (ПК-6);
- способность оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения (ПК-7);
- готовность использовать действующие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности (ПК-8).

*знать:*

- порядки физических величин в ядерной физике и дозиметрии;
- основные принципы и законы ядерной физики и дозиметрии, основные физические атомно-ядерные явления, методы наблюдения и экспериментальные исследования;
- границы применимости физических моделей атома и атомного ядра.
- принципы и основные нормы радиационной безопасности;

*уметь:*

- истолковать смысл физических величин и понятий, формулировать основные положения ядерной физики; использовать математический аппарат;
- пользоваться единицами измерения физических величин, принятыми в ядерной физике и дозиметрии;
- использовать различные методики проведения физических измерений и обработки экспериментальных данных;
- формулировать выводы по результатам физических экспериментов;
- решать стандартные задачи и задачи повышенной трудности.

*владеть:*

- методами проведения радиометрических и дозиметрических измерений и навыками корректной обработки их результатов.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

## Раздел 1. Ядерная физика

### 1.1. Статические свойства атомного ядра

История открытия атомного ядра. Заряд ядра и атомный номер. Масса ядра и массовое число. Изотопы. Открытие нейтрона. Протонно-нейтронная теория. Размеры ядра. Расстояние и энергия в ядерной физике. Энергия связи ядра. Ядерные силы. Протонно-нейтронная диаграмма. Капельная модель ядра. Формула Вайцзеккера. Уровни энергии нуклона в центральном поле. Спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичная модель оболочек (ОМО). Энергия симметрии в ОМО. Спин и четность основных состояний ядер в ОМО. Эффект спаривания. Магнитные моменты ядер. Электрический квадрупольный момент. Равновесные формы и возбужденные состояния ядер. Внутренняя структура нуклонов, кварки. Элементарные и фундаментальные частицы. Лептоны. Четыре вида силовых взаимодействий и стандартная модель.

### 1.2 Радиоактивный распад

Сущность явления радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада. Активность. Статистический характер радиоактивного распада. Сложный распад. Последовательные и параллельные радиоактивные превращения. Радиоактивные семейства. Радионуклиды в природе. Ядерная геохронология. Прохождение альфа-частиц через потенциальный барьер и скорость альфа-распада. Правило Гейгера-Неттола. Три вида бета-распада. Слабое взаимодействие и теория Ферми. Спектр бета-частиц. Правило Сарджента. Разрешенные и запрещенные бета-переходы. Гамма-излучение ядер. Классификация фотонов. Каскадное испускание гамма-квантов. Ядерная изомерия. Внутренняя конверсия гамма-квантов. Эффект Мёссбауэра. Спонтанное деление ядер. Механизм деления. Спонтанно делящиеся изотопы. Свойства осколков деления. Атомно-молекулярные последствия радиоактивного распада.

### 1.3. Ядерные реакции

Определение и классификация ядерных реакций. Законы сохранения при ядерных реакциях. Сечение и выход ядерной реакции. Искусственная радиоактивность. Получение радионуклидов в ядерных реакциях. Уравнение активации тонкой мишени. Механизмы ядерных реакций: составное ядро и прямые процессы. Функции возбуждения. Классификация нейтронов. Основные виды ядерных реакций на нейтронах. Сечение образования составного ядра в нерезонансной области. Резонансные максимумы. Сечение в резонансной области и формулы Брейта–Вигнера. Ядерные реакции на протонах и альфа-частицах. Реакции дейтронов как пример прямых процессов. Реакции под действием тяжелых ионов. Термоядерные реакции. Проблема управляемого термоядерного синтеза. Перспективы использования термоядерной энергии. Источники энергии звезд и нуклеосинтез во Вселенной. Космические лучи. Фотоядерные реакции. Горячие атомы. Эффект Сцилларда–Чалмерса.

### 1.4. Ядерный реактор. Ускорительная техника

Деление под действием нейтронов: история открытия. Энергия активации. Распределение энергии деления. Цепная реакция деления ядер. Замедление нейтронов. Гетерогенный ядерный реактор на тепловых нейтронах. Управление цепной реакцией. Роль запаздывающих нейтронов. Накопление продуктов деления. Облученное ядерное топливо. Основные типы реакторов. Перспективы развития ядерной энергетики. Ускорители заряженных частиц и общие принципы их работы. Электростатический генератор. Линейный ускоритель. Циклотрон. Другие типы ускорителей. Ускорители электронов как источники фотонов высоких энергий. Источники нейтронов.

## Раздел 2. Основы дозиметрии

### 2.1. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом

Взаимодействие тяжелых заряженных частиц с веществом. Ионизация и возбуждение атомов и молекул. Классическая теория ионизационного торможения. Релятивистские эффекты при торможении. Формула Бете–Блоха и ее анализ. Композиционный закон Брэгга. Упругое рассеяние на ядрах. Пробег тяжелой заряженной частицы. Связь пробега с энергией. Эффекты перезарядки. Потери энергии осколками деления. Особенности взаимодействия быстрых электронов и позитронов с веществом. Ионизационное и радиационное торможение: сопоставление потерь энергии. Аннигиляция позитронов. Пробег монохроматических электронов и бета-частиц. Черенковское излучение. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Фотоэффект. Эффект Комптона. Образование электрон-позитронных пар. Коэффициент ослабления. Экспоненциальный закон поглощения гамма-квантов.

## 2.2. Детекторы заряженных и нейтральных частиц

Радиометрия и спектрометрия ядерного излучения. Основные характеристики детекторов ионизирующего излучения. Газовые ионизационные детекторы. Полупроводниковые детекторы. Сцинтилляционные детекторы. Черенковские счетчики. Трековые детекторы. Детекторы нейтронов. Процесс регистрации частиц счетной установкой. Измерения активности. Метод совпадений. Общие характеристики спектрометров ядерного излучения. Альфа-, бета- и гамма-спектрометрия.

## 2.3. Дозиметрия и радиационная безопасность

Основные дозиметрические величины. Поглощенная доза. Керма. Электронное равновесие. Экспозиционная доза. Мощность дозы. Линейная передача энергии. Флюэнс и плотность потока. Поглощенная доза заряженных частиц. Керма фотонного излучения. Керма и доза нейтронного излучения. Применение детекторов ионизирующего излучения при решении задач дозиметрии. Биологические эффекты при облучении. Эквивалентная доза. Эффективная эквивалентная доза. Принципы радиационной безопасности. Комплекс мероприятий по защите человека от вредного воздействия ионизирующих излучений. Категории лиц, подвергающихся облучению. Внешнее и внутреннее облучение. Допустимые и контрольные уровни облучения. Внешняя дозиметрия. Нормы радиационной безопасности.

## Раздел 3. Лабораторный практикум

### 3.1. Знакомство с радиометрической аппаратурой

Проверка правильности работы радиометрической аппаратуры по критерию Пирсона. Определение разрешающего времени радиометра.

### 3.2. Методы определения активности

Относительное определение бета-активности полупроводниковыми детекторами. Абсолютное определение бета-активности детектором с фиксированным телесным углом. Абсолютное определение активности методом бета-гамма-совпадений.

### 3.3. Методы идентификации радионуклидов

Определение энергии альфа-частиц по длине их пробега в воздухе. Идентификация радионуклидов по верхней границе бета-спектра. Определение энергии гамма-квантов методом ослабления. Альфа-спектрометрия. Гамма-спектрометрия.

### 3.4. Дозиметрические измерения и радиационный контроль

Измерение радиационного фона. Природная и техногенная радиоактивность. Измерение уровней загрязненности поверхностей радионуклидами.

## 4. Объем учебной дисциплины

| Вид учебной работы                             | В зачетных единицах | В академ. часах |           |           |
|------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------|-----------|
|                                                |                     | Всего           | 5 семестр | 6 семестр |
| Общая трудоемкость дисциплины                  | <b>11</b>           | <b>396</b>      | 180       | 216       |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>4,44</b>         | <b>160</b>      | <b>64</b> | <b>96</b> |
| Лекции                                         | 0,44                | 16              | 16        |           |

|                                              |             |            |                |              |
|----------------------------------------------|-------------|------------|----------------|--------------|
| Практические занятия                         | 1,33        | 48         | 48             |              |
| Лабораторные работы                          | 2,67        | 96         |                | 96           |
| <b>Самостоятельная работа,:</b>              | <b>5,56</b> | <b>200</b> | <b>80</b>      | <b>120</b>   |
| Расчетно-графические работы                  | 5,56        | 44         | 44             | -            |
| Подготовка к лабораторным работам            |             | 119,8      | -              | 119,8        |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |             | 36         | 36             |              |
| Контактная самостоятельная работа            |             | 0,2        |                | 0,2          |
| <b>Виды контроля:</b>                        |             |            |                |              |
| Зачет                                        |             |            |                | +            |
| <b>Экзамен</b>                               | <b>1</b>    | <b>36</b>  | <b>36</b>      |              |
| Контактная работа – промежуточная аттестация | 1           | 0,4        | 0,4            |              |
| Подготовка к экзамену                        |             | 35,6       | 35,6           |              |
| <b>Вид итогового контроля</b>                |             |            | <b>Экзамен</b> | <b>Зачет</b> |

| Вид учебной работы                            | В зачетных единицах | В астр. часах |                |              |
|-----------------------------------------------|---------------------|---------------|----------------|--------------|
|                                               |                     | Всего         | 5 семестр      | 6 семестр    |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>          | <b>11</b>           | 297           | 135            | 162          |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия</b> | <b>4,44</b>         | <b>120</b>    | <b>48</b>      | <b>72</b>    |
| Лекции                                        | 0,44                | 12            | 12             |              |
| Практические занятия                          | 1,33                | 36            | 36             |              |
| Лабораторные работы                           | 2,67                | 72            | -              | 72           |
| <b>Самостоятельная работа</b>                 | <b>5,56</b>         | <b>150</b>    | <b>60</b>      | <b>90</b>    |
| Расчетно-графические работы                   | 5,56                | 33            | 33             |              |
| Подготовка к лабораторным работам             |                     | 90            | -              | 89,85        |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины  |                     | 27            | 27             |              |
| Контактная самостоятельная работа             |                     |               |                | 0,15         |
| <b>Виды контроля:</b>                         |                     |               |                |              |
| Зачет                                         |                     |               |                | +            |
| <b>Экзамен</b>                                | <b>1</b>            | <b>27</b>     | <b>27</b>      |              |
| Контактная работа – промежуточная аттестация  | 1                   | 0,3           | 0,3            |              |
| Подготовка к сдаче экзамена                   |                     | 26,7          | 26,7           |              |
| <b>Вид итогового контроля</b>                 |                     |               | <b>Экзамен</b> | <b>Зачет</b> |

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Радиохимия» (Б1.Б.21)

**1. Цель дисциплины** - изучение особенностей поведения радиоактивных изотопов в ультрамалых концентрациях в растворе, газе и твердой фазе, распределение их между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, а также вопросы синтеза меченых соединений и применение радиоактивных изотопов в науке, промышленности и медицине.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями:

**Общекультурные:**

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-4);

- понимание роли охраны окружающей среды и рационального природопользования и для развития и сохранения цивилизации (ОК-13).

#### **Общепрофессиональные:**

- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2).

#### **Профессиональные:**

- способность обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения (ПК-7);
- способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10).

#### *знать:*

- особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений, изотопные, специфические и неспецифические носители и область их применения;
- особенности и закономерности распределения радиоактивных изотопов между фазами в процессах соосаждения, адсорбции, ионного и изотопного обмена, электрохимии, экстракции;
- особенности реакций изотопного обмена и возможности образования радиоколлоидов;
- принципы синтеза меченых соединений и применения радиоактивных изотопов в физико-химических и радиоаналитических исследованиях;
- правила работы с открытыми радиоактивными источниками в радиохимической лаборатории 3 класса.

#### *уметь:*

- использовать метод радиоактивных индикаторов, уметь поставить задачу и провести расчеты необходимой активности для решения задач естественных наук;
- рассчитывать коэффициенты распределения при сокристаллизации, ионном обмене или жидкостной экстракции и характеристики процессов ионного обмена;
- предотвращать адсорбцию радионуклидов на поверхности посуды и фильтров;
- правильно выбирать детектор излучения, проводить радиометрические измерения и надлежащим образом обрабатывать экспериментальные данные.

#### *владеть:*

- методами выделения и разделения радионуклидов;
- методом радиоактивных индикаторов для решения радиоаналитических задач;
- методами безопасного проведения работ с радионуклидами в открытом виде в лаборатории 3 класса.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

Раздел 1. Введение. Особенности поведения радионуклидов в растворах больших разведений в процессах сокристаллизации, адсорбции и коллоидообразования

#### **1.1 Поведение радионуклидов в растворах больших разведений**

Поведение радионуклидов в растворах больших разведений. Классификация процессов соосаждения. Изотопные, специфические и неспецифические носители и области их применения.

#### **1.2 Основные закономерности сокристаллизации**

Изоморфная и изодиморфная сокристаллизация. Основные закономерности сокристаллизации. Распределение микрокомпонента между фазами. Константа Хлопина. Коэффициент кристаллизации D. Линейный и логарифмический законы распределения, условия сокристаллизации. Факторы, влияющие на коэффициент

кристаллизации. Образование смешанных кристаллов Гримма. Понятие об аномально смешанных кристаллах.

### 1.3 Адсорбционные процессы в радиохимии

Адсорбция на ионных кристаллах. Первичная обменная адсорбция. Первичная потенциалообразующая адсорбция и вторичная обменная адсорбция. Их закономерности. Уравнение Ратнера и следствия из него. Адсорбция на стекле и бумажных фильтрах. Значение адсорбционных явлений в радиохимии. Применение неспецифических носителей. Экспериментальные методы разграничения различных механизмов соосаждения.

### 1.4 Коллоидообразование в радиохимии.

Истинные и псевдоколлоиды. Условия их образования, свойства и методы исследования: диализ, ультрафильтрация, центрифугирование, диффузия, радиография и др.

Раздел 2. Особенности использования изотопного обмена, электрохимии, хроматографии и экстракции в радиохимии

#### 2.1 Роль изотопного обмена в радиохимии

Изотопный обмен. Механизм и кинетика изотопного обмена. Идеальный изотопный обмен и его закономерности. Роль изотопного обмена в радиохимии.

#### 2.2 Электрохимические особенности в радиохимии

Электрохимические методы выделения радионуклидов. Критический потенциал выделения и методы его определения. Применимость уравнения Нернста в растворах больших разведений. Теория Гайсинского. Использование электрохимических методов в радиохимии.

#### 2.3 Хроматография и экстракция в радиохимии

Классификация хроматографических процессов по механизмам. Адсорбционная хроматография радиоактивных веществ. Ионообменная хроматография. Классификация ионитов и их основные физико-химические свойства: обменная емкость, механическая прочность, химическая и радиационная устойчивость, набухаемость и др. Кинетика ионного обмена. Определение полной обменной емкости радиохимическим методом. Равновесие при ионном обмене. Селективность ионитов. Изотермы сорбции и хроматографические зоны. Элюентный метод ионообменной хроматографии, его закономерности. Вытеснительный метод. Применение ионообменной хроматографии в радиохимии.

Экстракция, основные понятия и определения. Изотерма экстракции и закон Бертелло-Нернста. «Физическое» распределение. Классификация систем с химическим взаимодействием. Экстракция нейтральными органическими веществами. Образование координационных соединений (сольватов). Константа экстрагирования. Определение состава экстрагируемых соединений. Гидратно-сольватный механизм. Экстракция органическими основаниями и их солями. Константы экстрагирования: извлечение кислот, анионный обмен, экстракция металлов. Влияние высаливателей. Экстракция органическими кислотами и их солями. Типы экстрагентов. Реакция экстрагирования, рН полувыделения. Применение экстракции в радиохимии. Распределительная хроматография. Методы закрепления фазы. Достоинства и недостатки.

Раздел 3. Основы метода «меченых» атомов и применение радионуклидов в исследованиях

Общие положения метода «меченых» атомов. Применение радионуклидов в качестве «меченых» атомов. Выбор изотопов, их радиохимическая чистота, расчет необходимой активности. Синтез меченых соединений.

Радиоаналитические методы: радиоактивационный анализ, изотопное разведение, радиометрическая корректировка, радиометрическое титрование. Их достоинства и недостатки. Применение субстехиометрического выделения.

Применение радионуклидов в физико-химических исследованиях.

#### Раздел 4. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум служит для закрепления знаний, полученных при изучении разделов 1-3 дисциплины.

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Вид учебной работы                           | Всего |            | Семестр |            |       |            |
|----------------------------------------------|-------|------------|---------|------------|-------|------------|
|                                              | ЗЕ    | Акад.<br>ч | 5       |            | 6     |            |
|                                              |       |            | ЗЕ      | Акад.<br>ч | ЗЕ    | Акад.<br>ч |
| Общая трудоемкость дисциплины                | 9     | 324        | 3       | 108        | 6     | 216        |
| Контактная работа – Аудиторные занятия:      | 3,56  | 128        | 0,89    | 32         | 2,67  | 96         |
| Лекции:                                      | 0,44  | 16         | 0,44    | 16         |       | -          |
| Практические занятия                         | 0,44  | 16         | 0,44    | 16         |       | -          |
| Лабораторные работы                          | 2,66  | 96         |         | -          | 2,66  | 96         |
| Самостоятельная работа:                      | 4,44  | 160        | 1,11    | 40         | 3,33  | 120        |
| Подготовка к контрольным работам             | 0,83  | 30         | 0,83    | 30         |       |            |
| Подготовка к лабораторным работам            | 1,94  | 70         |         |            | 1,94  | 70         |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины | 1,67  | 60         | 0,28    | 10         | 1,39  | 49,8       |
| Контактная самостоятельная работа            |       |            |         |            |       | 0,2        |
| Виды контроля:                               |       |            |         |            |       |            |
| Зачет                                        |       |            |         |            | +     | +          |
| Экзамен                                      | 1     | 36         | 1       | 36         |       |            |
| Контактная работа – промежуточная аттестация |       |            | 1       | 0,4        |       |            |
| Подготовка к экзамену                        |       |            |         | 35,6       |       |            |
| Вид итогового контроля:                      |       |            | Экзамен |            | Зачет |            |
| Вид учебной работы                           | Всего |            | Семестр |            |       |            |
|                                              | ЗЕ    | Астр.<br>ч | 5       |            | 6     |            |
|                                              |       |            | ЗЕ      | Астр.<br>ч | ЗЕ    | Астр.<br>ч |
| Общая трудоемкость дисциплины                | 9     | 243        | 3       | 81         | 6     | 162        |
| Контактная работа – Аудиторные занятия:      | 3,56  | 96         | 0,89    | 24         | 2,67  | 72         |
| Лекции:                                      | 0,44  | 12         | 0,44    | 12         |       |            |
| Практические занятия                         | 0,44  | 12         | 0,44    | 12         |       |            |
| Лабораторные работы                          | 2,66  | 72         |         |            | 2,66  | 72         |
| Самостоятельная работа:                      | 4,44  | 120        | 1,11    | 30         | 3,33  | 90         |
| Подготовка к контрольным работам             | 0,83  | 22         | 0,83    | 22         |       |            |
| Подготовка к лабораторным работам            | 1,94  | 52,5       |         |            | 1,94  | 52,5       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины | 1,67  | 47,5       | 0,28    | 8          | 1,39  | 37,3       |
| Контактная самостоятельная работа            |       |            |         |            |       | 0,2        |
| Виды контроля:                               |       |            |         |            |       |            |
| Зачет                                        |       |            |         |            | +     | +          |
| Экзамен                                      | 1     | 36         | 1       | 27         |       |            |
| Контактная работа – промежуточная аттестация | 1     | 0,3        | 1       | 0,3        |       |            |

|                         |  |      |         |      |       |  |
|-------------------------|--|------|---------|------|-------|--|
| Подготовка к экзамену   |  | 26,7 |         | 26,7 |       |  |
| Вид итогового контроля: |  |      | Экзамен |      | Зачет |  |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Физико-химические методы анализа» (Б1.Б.22)**

**1. Цели дисциплины:**

– создание у обучающихся теоретической базы знаний о современных методах физико-химического исследования и анализа для последующего решения конкретных научных и практических задач, связанных с проведением научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности в области контроля за современными процессами получения материалов ядерного и неядерного назначения.

Для этого в ходе изучения курса необходимо донести до студентов физические и физико-химические принципы, лежащие в основе различных методов анализа и с их использованием определить круг вопросов о составе вещества, на которые можно получить ответы, используя тот или иной физико-химический метод исследования.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями:

**Общепрофессиональные:**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2).

**Профессиональные:**

- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);

*знать:*

- основные возможности в получении информации о структуре и составе вещества при использовании различных физико-химических методов анализа,
- физико-химические основы современных методов анализа;
- основные метрологические характеристики различных физико-химических методов анализа;
- последовательность операций при подготовке пробы для проведения анализа, обеспечивающая ее представительность

*уметь:*

- рассчитывать предел обнаружения вещества в анализируемом объекте по заданным результатам проведенных холостых экспериментов;
- находить в результатах аналитических определений систематические ошибки и промахи;
- выбрать оптимальный метод анализа в зависимости от задачи аналитического определения;
- рассчитать необходимые параметры для получения необходимого аналитического сигнала на основе знания физико-химических основ метода анализа.

*владеть:*

- методами статистической оценки достоверности полученных результатов аналитического определения концентрации вещества;

- расчетными методами обработки величины аналитического сигнала, полученного в физико-химическом методе анализа, для получения целевой информации о концентрации определяемого вещества,
- знаниями о содержании информации о структуре вещества при использовании данного физико-химического метода анализа.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **Раздел 1. Порядок проведения анализа и его метрологические характеристики**

##### **1.1. Метрологические характеристики методов анализа**

Элементы математической статистики: типы распределения случайных величин, распределения Гаусса и Пуассона, доверительная вероятность, доверительный интервал, квадратичный закон распространения ошибок. Критерии Стьюдента и Фишера. Q-критерий. Предел обнаружения (абсолютный, относительный). Чувствительность метода анализа. Воспроизводимость и точность (правильность). Определение промахов. Сравнение данных, полученных в независимых измерениях.

##### **1.2. Предварительная подготовка проб для проведения анализа**

Последовательность операций при проведении любого анализа. Отбор проб. Понятия представительной, генеральной, лабораторной и анализируемой пробы. Особенности отбора проб неоднородных твердых веществ. Зависимость массы представительной пробы твердого вещества от размера частиц. Формула Ричердса-Чеччота. Подход к выбору соотношения между числом анализируемых твердых проб и числом параллельных измерений данной пробы. Вскрытие твердых проб. Селективное вскрытие. Индивидуальные и групповые методы концентрирования микропримесей, абсолютное и относительное концентрирование. Характеристики метода концентрирования – степень извлечения и степень обогащения. Физические, физико-химические и химические методы концентрирования. Экстракция, дистилляция, ректификация, сублимация, направленная кристаллизация, ионный обмен, осаждение и со-осаждение как методы концентрирования, области их применения.

#### **Раздел 2. Масс-спектрометрия.**

##### **2.1. Определение масс-спектрометрии и классификация приборов**

Понятие масс-спектрометрии, блок-схема и классификация масс-спектрометрических приборов (статические и динамические, химические и изотопные, масс-спектроскопы, спектрографы и спектрометры).

##### **2.2. Взаимодействие заряженных частиц с электрическими и магнитными полями.**

Поведение заряженных частиц в электрических и магнитных полях: продольное и поперечное электростатическое поле, продольное и поперечное однородное магнитное поле. Фокусирующее свойство однородного магнитного поля. Совместное действие электрического и магнитного полей. Опыты Томсона: катодная трубка (определение отношения заряда к массе для электрона), метод парабол. Принципиальная схема статического масс-спектрометра.

##### **2.3. Типы ионных источников масс спектрометров**

Типы ионных источников: с ионизацией электронным ударом, печной, с фотоионизацией, лазерный ионный источник. Их преимущества и недостатки.

##### **2.4. Газовый поток в статическом масс-спектрометре**

Газовый поток через масс-спектрометр. Вязкий и молекулярный режим натекания газовой смеси из системы напуска в ионный источник. Химические и изотопные приборы. Особенности систем напуска в них.

## 2.5. Разрешающая способность статического масс-спектрометра.

Теоретическая форма ионного пика в масс спектре. Разрешающая способность статических масс-спектрометров: теоретическая и экспериментально определяемая приборов. Классификация приборов по величине разрешающей способности. Дуплеты и возможности из разрешения.

## 2.6. Типы динамических масс-спектрометров

Время-пролетный и квадрупольный масс-спектрометры. Омегатрон. Преимущества и недостатки динамических приборов, области их применения.

## Раздел 3. Спектральные методы анализа.

### 3.1. Определение и классификация спектральных методов анализа

Понятие спектральных методов анализа, их классификация. Характеристики электромагнитного излучения: частота, волновое число, длина волны, энергия кванта. Энергетический диапазон электромагнитного излучения, характер возбужденного состояния атомов и молекул в различных энергетических диапазонах Рентгеновская, оптическая (УФ-, видимая, ИК-), микроволновая, радиочастотная (ЭПР, ЯМР) спектроскопии, Эмиссионная и абсорбционная, атомная и молекулярная спектроскопия. Блок-схемы приборов.

### 3.2. Методы атомного спектрального анализа

Атомный спектральный анализ (АСА). Атомный спектр водорода и водородоподобных атомов. Атомный спектр многоэлектронных атомов. Виды атомной спектроскопии: эмиссионная, абсорбционная, флуоресцентная, рентгеновская (фотоэлектронная, оже-, флуоресцентная, эмиссионная). Способы атомизации пробы: в пламени, электротермический, в электрической дуге и искре, индуктивно связанной плазме. Конкретные методы АСА: атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный, атомно-флуоресцентный, рентгеновский, оже-спектроскопия.

### 3.3. Методы молекулярного спектрального анализа

Молекулярный спектральный анализ (МСА). Кривая потенциальной энергии двухатомной молекулы. Электронное, колебательное, вращательное возбуждение молекулы и их энергетические диапазоны. Виды молекулярной спектроскопии: вращательная, колебательная, электронная и их комбинации. Конкретные методы МСА: ИК-спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния, флуориметрия, спектрофотометрия. Сравнение возможностей методов молекулярной и атомной спектроскопии.

### 3.4. Типы монохроматоров и регистраторов электромагнитного излучения спектральных приборов

Методы разложения электромагнитного излучения в спектр: призма, дифракционная решетка, интерферометр Фабри-Перро. Регистрация интенсивности электромагнитного излучения:  $\gamma$ -спектрометры, фотоэлектронные умножители, болометры, Фурье спектрометры.

### 3.5. Метрологические характеристики спектральных методов анализа

Разрешение двух близких спектральных полос: критерий Релея. Разрешающая способность и линейная дисперсия спектральных приборов.

## Раздел 4. Хроматографические методы анализа

#### 4.1. Определение и классификация хроматографических методов анализа

Определение хроматографии, их классификация: газовая и жидкостная хроматография, вытеснительная, проявительная и фронтальная виды хроматографии. Общие характеристики хроматографического разделения веществ: разрешение, эффективность, селективность, связь между ними.

#### 4.2. Методы газовой хроматографии

Газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматографии. Принципы подбора газа-носителя. Принципы подбора адсорбентов и жидкой фазы для газо-адсорбционной и газожидкостной хроматографии. Типы адсорбентов. Требования к жидкой фазе, полярные, умеренно полярные, неполярные жидкие фазы.

#### 4.3. Методы жидкостной хроматографии

Жидкостная хроматография, принципы подбора подвижной и неподвижной фаз. Нормальная и обращенная неподвижная фаза. Высокоэффективная жидкостная хроматография.

#### 4.4. Типы детекторов хроматографов

Детекторы для газовой хроматографии: катарометр, пламенно-ионизационный, с электронным захватом. Детекторы для жидкостной хроматографии: по удельной электропроводности и по показателю преломления, спектрофотометрический. Хромато-масс-спектрометрия.

### Раздел 5. Электрохимические методы анализа

#### 5.1. Потенциометрия

Понятие ион-селективного электрода. Принципиальная схема прибора для потенциометрического определения. Прямая потенциометрия. Потенциометрическое титрование, область применения, методы определения точки эквивалентности.

#### 5.2. Кулонометрия

Законы Фарадея. Кулонометрия потенциостатическая и амперостатическая, области применения. Понятия предельного тока и выхода по току. Метод определения затраченного количества электричества при потенциостатической кулонометрии. Область применения амперостатической кулонометрии.

#### 5.3. Вольтамперометрия

Типы поляризующихся (индикаторных) электродов. Полярография. Типы полярограмм. Диффузионный ток. Уравнение Ильковича. Дифференциальная импульсная полярография. Область применения полярографии.

### Раздел 6. Радиочастотные методы анализа

#### 6.1. Краткая характеристика методов ЯМР и ЭПР

Магнитный момент ядер, гиромагнитное отношение, g-фактор, магнетон Бора, ядерный магнетон. Явление ядерной магнитной релаксации: спин-спиновое и спин-решеточное времена релаксации, уравнения Блоха. Спектроскопия ЯМР: химический сдвиг, роль спин-спинового взаимодействия и диффузионных процессов. Природа электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), спиновой и орбитальный парамагнетизм, g-фактор электрона. Отличие спектрометров ЭПР от спектрометров ЯМР. Области применения методов ЯМР и ЭПР.

### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                            | В зачетных единицах | В академ. часах |
|------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>3</b>            | <b>108</b>      |
| <b>Контактная работа - аудиторные занятия:</b> | <b>1,33</b>         | <b>48</b>       |
| Лекции (Лек)                                   | 0,89                | 32              |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,44                | 16              |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | -                   | -               |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>            | <b>1,67</b>         | <b>60</b>       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 1,67                | 59,8            |
| Контактная самостоятельная работа              |                     | 0,2             |
| <b>Вид контроля</b>                            |                     |                 |
| зачет                                          |                     | +               |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>зачет</b>        |                 |

| Виды учебной работы                            | В зачетных единицах | В астроном. часах |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>3</b>            | <b>81,0</b>       |
| <b>Контактная работа - аудиторные занятия:</b> | <b>1,33</b>         | <b>35,9</b>       |
| Лекции (Лек)                                   | 0,89                | 24,0              |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,44                | 11,9              |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | -                   | -                 |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>            | <b>1,67</b>         | <b>45,1</b>       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 1,67                | 44,95             |
| Контактная самостоятельная работа              |                     | 0,15              |
| <b>Вид контроля</b>                            |                     |                   |
| зачет                                          | +                   | +                 |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>зачет</b>        |                   |

**Аннотация рабочей программы дисциплины**  
**«Технология основных материалов современной энергетики и основы радиационной безопасности» (Б1.Б.23)**

**1. Цель дисциплины** – создание у обучающихся общей теоретической и методологической базы знаний в области химии и технологии материалов современной энергетики, включающей представления о широком спектре производственных задач, входящих в пределы их компетенции, основах и взаимосвязи используемых методов и вариантах их практического применения.

**Задачи дисциплины:**

- формирование у будущих инженеров теоретических знаний в области химической технологии материалов современной энергетики;
- формирование представления об основных технологических процессах и оборудовании, используемом на предприятиях ядерной отрасли и в производстве материалов современной энергетики;
- формирование базы теоретических знаний в области основных задач радиационной безопасности и методов их реализации.

Дисциплина «Технология основных материалов современной энергетики и основы радиационной безопасности» читается в 5, 7, 8 и 9 семестрах. Контроль успеваемости обучающихся ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен**

*обладать:*

**Общепрофессиональными компетенциями:**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность работать с научно-технической и патентной литературой и использовать полученную информацию при осуществлении своей профессиональной деятельности (ОПК-4);

**Профессиональными компетенциями:**

- способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);
- способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);
- готовность использовать действующие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности (ПК-8);
- способность к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских работ, выбору методов и средств решения новых задач (ПК-9);
- готовность использовать методы оценки риска и разрабатывать меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий обращения с объектами профессиональной деятельности (ПК-11);
- способность управлять действующими технологическими процессами, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка (ПК-15);
- способность к использованию современных систем управления качеством применительно к конкретным условиям производства на основе международных стандартов (ПК-16).

*знать:*

- основные стадии ядерного топливного цикла;
- экологические последствия эксплуатации АЭС;
- законы РФ и нормативные документы по использованию атомной энергии, радиационной безопасности и обращению с радиоактивными отходами;
- химические процессы при воздействии ионизирующего излучения на вещество, основы дозиметрии и дозиметрического контроля;
- принципиальные основы и особенности процессов, используемых в технологии материалов современной энергетики;
- аппаратное оформление и последовательность построения технологических схем для решения задач, связанных с переработкой ОЯТ и обращением с РАО, производством редких элементов, стабильных изотопов и особо чистых веществ;

*уметь:*

- использовать полученные знания для оценки возможности строительства новых АЭС, расчета ориентировочных капитальных затрат и эксплуатационных расходов;
- оценивать радиационную опасность радионуклидов и материалов;
- применять базовые знания в области химии и технологии материалов современной энергетики для решения конкретных задач и совершенствования эксплуатируемых технологических схем;

- выполнять расчетные оценки основных характеристик, применяемых в технологии материалов современной энергетики;
- определять требования к используемым рабочим веществам и оптимальные условия осуществления процессов, применяемых в технологии материалов современной энергетики;

*владеть:*

- основными технологическими способами переработки урансодержащего сырья, его выделению и обогащению по изотопу  $^{235}\text{U}$ ;
- навыками расчета дозы в рабочих помещениях и дозовых нагрузок на персонал.
- основами выбора отдельных стадий и рациональных технологических схем получения материалов современной энергетики, сочетания имеющихся и создание новых схем;
- навыками расчета, сравнительной оценки и поиска оптимальных параметров процессов, применяемых в технологии материалов современной энергетики;
- основами анализа современных тенденций в технологии материалов современной энергетики.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Введение в технологию материалов современной энергетики**

##### **1.1. Основные понятия атомной энергетики**

Производство электроэнергии на тепловых электростанциях, гидроэлектростанциях и атомных электростанциях (АЭС), их сравнение по экономическим и экологическим показателям. Ядерные энергетические установки – типы, характеристики, принципиальные схемы, перспективы использования. Ядерный топливный цикл (ЯТЦ) – особенности технологий различных стадий ЯТЦ, отрасли промышленности, обслуживающие ЯТЦ, ведущая роль химической технологии в ЯТЦ, вопросы экологии в ЯТЦ. Делящиеся материалы. Конструкционные материалы для атомной энергетики. Взаимодействие излучений с реакторными материалами. Технология и применение обогащенного урана. Основные виды ядерного топлива.

##### **1.2. Обращение с радиоактивными отходами и вопросы радиационной безопасности**

Переработка отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и повторное использование делящихся материалов. Обращение с радиоактивными отходами (РАО). Воздействие предприятий ЯТЦ на человека и окружающую среду. Безопасность предприятий ЯТЦ. Концепции безопасного реактора. Международное сотрудничество в атомной энергетике.

#### **Раздел 2. Основы радиационной безопасности и применение радионуклидов и излучений**

##### **2.1. Применение радионуклидов и общие задачи радиационной безопасности**

Радионуклиды и атомная энергетика. Открытие радиоактивности. Реакции деления радионуклидов и ядерный реактор. Ядерная энергетика. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Радиационная химия, как часть химии высоких энергий, ее задачи. Общие задачи радиационной безопасности. Естественные и искусственные радионуклиды (РН) в окружающей среде. Открытые и закрытые источники излучения. Радиационный фон и вклад в него различных составляющих. Атомная энергетика и проблема радиоактивных отходов. Проблемы охраны окружающей среды.

##### **2.2. Ионизирующее излучение и его взаимодействие с веществом**

Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Взаимодействие фотонов с веществом. Детекторы для регистрации и спектрометрии альфа-излучения, детекторы для регистрации бета- и гамма-излучений. Дозиметрия ионизирующего излучения – внешнее и внутреннее облучение человека, экспозиционная доза, поглощенная и эквивалентная дозы, понятие о допустимых уровнях облучения, детерминированные и стохастические эффекты, дозовые коэффициенты радионуклидов, методы определения дозы в лаборатории.

### 2.3. Основные нормативные документы НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010.

Нормирование дозовой нагрузки на человека. Принципы радиационной безопасности. Нормы радиационной безопасности. Облучение персонала. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ. Расчет эффективной мощности дозы в лаборатории. Облучение населения. Меры по ограничению облучения населения. Пределы доз для населения. Пределы годового поступления для воздуха и воды. Понятие об уровне вмешательства. Методы радиационного контроля. Защита пациента в ядерной медицине.

### 2.4. Физико-химическая стадия взаимодействия излучения с веществом.

Основные понятия химии высоких энергий – электронная активация, возбужденные молекулы, ионы, радикалы, поглощенная доза, радиационно-химические выходы, радиационная чувствительность и стойкость, радиоллиз, классификация ионизирующих излучений. Энергетический спектр выбиваемых электронов. Возбужденные частицы. Поведение электронов в неполярных и полярных молекулярных жидких и твердых средах.

### 2.5. Радиационно-химические проблемы ядерной энергетики.

Радиоллиз воды. Радиоллиз водных растворов. Радиоллиз органических веществ. Дозиметрия ионизирующих излучений.

### 2.6. Радиоактивные отходы.

Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами СПОРО. Классификация РАО, складирование и система переработки РАО. Кондиционирование РАО. Временное и окончательное захоронение РАО. Радиационная безопасность при обращении с РАО.

## **Раздел 3. Химическая технология редких элементов**

### 3.1. Редкие элементы в современной энергетике.

Ядерная энергетика, ее сырьевое обеспечение, мировое энергопотребление, основные тенденции. Направления изменения энергопотребления и производства. Редкие элементы как геохимическое и технологическое понятие. Минералы и руды редких металлов, их характеристики, подготовка рудных концентратов к практическому использованию. Ядерные и неядерные области применения лития, бериллия, урана, циркония, гафния и других редких металлов.

### 3.2. Технология извлечения редких элементов.

Разложение рудных концентратов. Методы вскрытия руд – высокотемпературный, выщелачивание, «сухие» методы. Концентрирование редких элементов и разделение близких по свойствам редких элементов с использованием методов экстракции и сорбции. Ионообменная хроматография. Принципиальная схема комплексной переработки группового концентрата РЗЭ. Получение индивидуальных соединений редких металлов или их смесей в промышленности (технологические схемы).

3.3. Производство и рафинирование металлов и сплавов, производство изделий из них.

Степень чистоты ядерных материалов, получение твердых соединений редких металлов. Элементы, подходящие для использования в качестве конструкционных материалов в ядерном реакторе. Нейтронные яды. Необходимая степень очистки (допустимые содержания). Методы очистки - осаждение, кристаллизация. Способы аффинажной очистки урана. Пероксидная, карбидная очистки, экстракционный аффинаж. Достоинства и недостатки. Иодидное рафинирование циркония. Чистота элемента в истории урана и циркония. Получение редких металлов в свободном состоянии. Металлотермия и электролиз. Обработка редких металлов. Йодидное рафинирование, порошковая металлургия и плавка.

## **Раздел 4. Технология особо чистых веществ**

### 4.1. Введение в технологию особо чистых веществ.

Способы выражения степени чистоты веществ. Понятия «микропримесь» и «особо

чистое вещество» (ОСЧ). Современный достигнутый уровень чистоты вещества. Влияние внешних загрязнений на процессы глубокой очистки вещества. Понятие коэффициента интенсивности очистки. Диффузионная модель загрязнения из внешнего источника. Модель поступления примеси из внешнего источника по механизму растворения. Классификация методов глубокой очистки веществ. Общая характеристика методов глубокой очистки веществ.

#### 4.2. Химические методы получения особо чистых веществ

Основные варианты химических методов и оценка их предельных возможностей. Сущность химических транспортных реакций. Перенос вещества потоком газа-носителя. Перенос вещества молекулярной диффузией. Перенос вещества посредством конвекции. Преимущества и недостатки химических методов получения особо чистых веществ.

#### 4.3. Физико-химические методы получения особо чистых веществ

Дистилляционные методы. Ректификация как метод глубокой очистки веществ – теоретические основы ректификации разбавленных растворов, основные характеристики, аппаратное оформление, влияние загрязняющего действия материала аппаратуры на глубину очистки веществ, молекулярная дистилляция, технологические схемы получения веществ ОСЧ. Получение газов высокой чистоты методом криогенной ректификации.

Адсорбционный метод – теоретические основы разделения смесей методом адсорбции, расчет динамики адсорбции микропримесей при глубокой очистке, адсорбенты, использование метода при глубокой очистке веществ, технологические схемы глубокой очистки газов в процессах производства легких изотопов.

Ионообменный метод. Теоретические основы разделения смесей методом ионного обмена. Общий подход к синтезу ионообменных смол. Ионообменная технология очистки воды. Принципиальные основы технологии очистки жидких радиоактивных отходов методом ионного обмена.

Кристаллизационные методы. Физико-химические основы метода. Нормальная направленная кристаллизация. Многократная направленная кристаллизация. Зонная перекристаллизация. Общий анализ технических средств и методов зонной плавки при производстве тугоплавких и химически активных металлов для современной энергетики. Основы технологии электронно-лучевой зонной плавки циркония.

### **Раздел 5. Технология изотопов**

#### 5.1. Разделение изотопов методом ректификации.

Ректификация воды как способ разделения изотопов. Общность и различие в задачах концентрирования изотопов водорода и кислорода. Особенности вакуумной ректификации воды. Низкотемпературная ректификация СО метана как способы разделения изотопов углерода; разделение изотопов азота и кислорода ректификацией NO; разделение изотопов бора ректификацией BF<sub>3</sub>. Особенности технологии, аппаратное оформление, технологические схемы, производственные установки.

#### 5.2. Разделение изотопов методом химического изотопного обмена.

Особенности метода химического изотопного обмена. Разделение изотопов в системах «жидкость-газ» на примерах технологии разделения изотопов углерода, азота, кислорода, бора и кремния. Разделение изотопов в системах «жидкость-жидкость» – амальгамный способ разделения изотопов лития, калия, кальция, магния. Разделение изотопов методом в системах «жидкость-твердая фаза» на примерах разделения изотопов азота и бора. Особенности технологии, аппаратное оформление, технологические схемы, производственные установки.

#### 5.3. Разделение изотопов водорода

Разделение изотопов водорода методом ректификации – концентрирование дейтерия методами ректификации воды, ректификации аммиака, низкотемпературной ректификации водорода. Разделение изотопов водорода методом химического обмена в системах «вода-водород», «жидкий аммиак – водород», двухтемпературным сероводородным методом. Особенности технологии, аппаратное оформление,

технологические схемы, производственные установки.

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Вид учебной работы                                  | Всего        |            | Семестр     |           |            |           |            |           |            |            |
|-----------------------------------------------------|--------------|------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|
|                                                     |              |            | 5           |           | 7          |           | 8          |           | 9          |            |
|                                                     | ЗЕ           | Акад. ч.   | ЗЕ          | Акад. ч.  | ЗЕ         | Акад. ч.  | ЗЕ         | Акад. ч.  | ЗЕ         | Акад. ч.   |
| Общая трудоемкость дисциплины                       | 22           | 792        | 2           | 72        | 6          | 216       | 6          | 216       | 8          | 288        |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>      | <b>8,39</b>  | <b>302</b> | <b>0,89</b> | <b>32</b> | <b>2,5</b> | <b>90</b> | <b>2,5</b> | <b>90</b> | <b>2,5</b> | <b>90</b>  |
| Лекции                                              | 4,445        | 160        | 0,445       | 16        | 1,33       | 48        | 1,33       | 48        | 1,33       | 48         |
| Практические занятия (ПЗ)                           | 3,945        | 142        | 0,445       | 16        | 1,17       | 42        | 1,17       | 42        | 1,17       | 42         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                       | <b>10,61</b> | <b>382</b> | <b>1,11</b> | <b>40</b> | <b>2,5</b> | <b>90</b> | <b>2,5</b> | <b>90</b> | <b>4,5</b> | <b>162</b> |
| Контактная самостоятельная работа                   | 10,61        | 0,2        | 1,11        | 0,2       | 2,5        | -         | 2,5        | -         | 4,5        | -          |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины        |              | 381,8      |             | 39,8      |            | 90        |            | 90        |            | 162        |
| <b>Виды контроля:</b>                               |              |            |             |           |            |           |            |           |            |            |
| Зачет                                               |              |            | +           | +         |            |           |            |           |            |            |
| Экзамен                                             |              |            |             |           | 1          | 36        | 1          | 36        | 1          | 36         |
| <b>Контактная работа – промежуточная аттестация</b> | 3            | 1,2        |             |           | 1          | 0,4       | 1          | 0,4       | 1          | 0,4        |
| <b>Подготовка к экзамену.</b>                       |              | 106,8      |             |           |            | 35,6      |            | 35,6      |            | 35,6       |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                      |              |            | Зачет       |           | Экзамен    |           | Экзамен    |           | Экзамен    |            |

| Вид учебной работы                             | Всего        |              | Семестр     |           |            |             |            |             |            |              |
|------------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|
|                                                |              |              | 5           |           | 7          |             | 8          |             | 9          |              |
|                                                | ЗЕ           | Астр. ч.     | ЗЕ          | Астр. ч.  | ЗЕ         | Астр. ч.    | ЗЕ         | Астр. ч.    | ЗЕ         | Астр. ч.     |
| Общая трудоемкость дисциплины                  | 22           | 594          | 2           | 54        | 6          | 162         | 6          | 162         | 8          | 216          |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>8,39</b>  | <b>226,5</b> | <b>0,89</b> | <b>24</b> | <b>2,5</b> | <b>67,5</b> | <b>2,5</b> | <b>67,5</b> | <b>2,5</b> | <b>67,5</b>  |
| Лекции                                         | 4,445        | 120          | 0,445       | 12        | 1,33       | 36          | 1,33       | 36          | 1,33       | 36           |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 3,945        | 106,5        | 0,445       | 12        | 1,17       | 31,5        | 1,17       | 31,5        | 1,17       | 31,5         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>10,61</b> | <b>286,5</b> | <b>1,11</b> | <b>30</b> | <b>2,5</b> | <b>67,5</b> | <b>2,5</b> | <b>67,5</b> | <b>4,5</b> | <b>121,5</b> |
| Контактная самостоятельная работа              | 10,61        | 0,15         | 1,11        | 0,15      | 2,5        | -           | 2,5        | -           | 4,5        | -            |

|                                                     |   |        |       |       |         |      |         |      |         |       |
|-----------------------------------------------------|---|--------|-------|-------|---------|------|---------|------|---------|-------|
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины        |   | 286,35 |       | 29,85 |         | 67,5 |         | 67,5 |         | 121,5 |
| <b>Виды контроля:</b>                               |   |        |       |       |         |      |         |      |         |       |
| Зачет                                               |   |        | +     | +     |         |      |         |      |         |       |
| Экзамен                                             |   |        |       |       | 1       | 27   | 1       | 27   | 1       | 27    |
| <b>Контактная работа – промежуточная аттестация</b> | 3 | 0,9    |       |       | 1       | 0,3  | 1       | 0,3  | 1       | 0,3   |
| <b>Подготовка к экзамену.</b>                       |   | 80,1   |       |       |         | 26,7 |         | 26,7 |         | 26,7  |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                      |   |        | Зачет |       | Экзамен |      | Экзамен |      | Экзамен |       |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Методы аналитического контроля в производстве материалов современной  
энергетики» (Б1.Б.24)**

**1. Цель дисциплины:** сформировать у будущего инженера достаточно полное представление о методах аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики с выявлением его специфики для ряда технологических процессов, таких как радиохимическое производство, получение изотопно обогащенной продукции, особо чистых веществ, технология редких элементов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями

**Общепрофессиональные компетенции:**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2).

**Профессиональные компетенции:**

**производственно-технологическая деятельность:**

- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);

**организационно-управленческая деятельность:**

- способность управлять действующими технологическими процессами, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка (ПК-15).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- специфику проведения анализа материалов современной энергетики с учетом предварительной подготовки пробы и мешающих факторов;
- теоретические основы, области применения, возможности, ограничения использования каждого метода для анализа материалов современной энергетики;

*уметь:*

- осуществлять выбор оптимального метода для решения конкретной задачи определения состава вещества при анализе материалов современной энергетики;
- проводить расчет состава анализируемого вещества при использовании различных методов с учетом специфики анализа материалов современной энергетики;

*владеть:*

- навыками статистической обработки результатов анализа с учетом специфики предварительной подготовки пробы, случайной и систематической приборной погрешности, области определяемых концентраций;
- навыками определения и учета факторов, вносящих основной вклад в погрешность анализа;
- методами проведения эксперимента с применением современной научной аппаратуры, анализа и обработки результатов эксперимента.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Физико-химические методы анализа изотопов и особо чистых веществ.**

1.1. Статистическая обработка результатов и метрологические характеристики на примере методов анализа изотопов и особо чистых (ОСЧ) веществ.

В данном разделе рассматриваются методы статистической обработки анализа на примерах анализа изотопного состава веществ и использование логарифмического распределения при обработке результатов анализа особо чистых веществ. Применительно к анализу изотопов и веществ ОСЧ рассматриваются метрологические характеристики методов выполнения измерений, составляющие погрешностей и способы их оценки, в том числе чувствительность и предел обнаружения как важнейшие характеристики метода при анализе изотопного состава и особо чистых веществ.

#### 1.2. Методы анализа особо чистых веществ.

Раздел посвящен изучению специфики анализа веществ ОСЧ. Методы предварительного концентрирования микропримесей как предварительная стадия анализа особо чистых веществ. Способы применения неизбирательных, ядерных, каталитических, спектральных и хроматографических методов для анализа микропримесей в веществах ОСЧ, а также.

#### 1.3. Методы анализа стабильных изотопов.

Особенностей использования масс-спектрометрии, денсиметрии, интерферометрии и спектральных методов для анализа изотопного состава веществ. Полный изотопный анализ воды с использованием метода двух констант и комбинации денсиметрического и спектрального методов.

#### **Раздел 2. Физико-химические методы анализа редких и рассеянных элементов**

##### 2.1. Основные понятия аналитического контроля в производстве редких элементов.

Основные понятия аналитического контроля в производстве редких элементов, объекты анализа, особенности составления схем анализа, выбора методов анализа, предварительной подготовки проб, содержащих редкие металлы. Аттестованные методики анализа объектов переработки сырья редких металлов. Важность контроля содержания примесей, влияющих на потребительские свойства материалов.

##### 2.2. Основы минералогических исследований.

Основные принципы и методы гранулометрического анализа. Оптические свойства материалов и методы их исследования (световая и рентгеновская микроскопия; оптическая и люминесцентная спектроскопия). Исследование структуры минералов, руд и продуктов их переработки (основы рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, инфракрасной спектроскопии).

##### 2.3. Особенности аналитического определения редких металлов.

Физико-химические методы определения лития. Химические и физико-химические методы определения редкоземельных элементов (РЗЭ). Методы определения циркония, гафния, ниобия, тантала и урана.

#### **Раздел 3. Хроматография и хромато-масс-спектрометрия в анализе материалов современной энергетики**

##### 3.1 Хроматографические методы в анализе материалов современной энергетики.

Общность и специфика процессов хроматографического анализа материалов современной энергетики. Теоретические основы хроматографии. Предподготовка и системы ввода образцов при хроматографическом анализе. Качественный газо-

### 3.2. Масс-спектрометрия и хромато-масс-спектрометрия как методы анализа материалов современной энергетики.

#### 4. Объем учебной дисциплины

[illegible]

|                                                 |   |      |       |   |       |   |         |      |
|-------------------------------------------------|---|------|-------|---|-------|---|---------|------|
| Зачет                                           | - | -    | +     | + | +     | + | -       | -    |
| Экзамен                                         | - | -    | -     | - | -     | - | 1       | 27   |
| Контактная работа –<br>промежуточная аттестация | 1 | 0,3  | -     | - | -     | - | 1       | 0,3  |
| Подготовка к экзамену.                          |   | 26,7 | -     | - | -     | - |         | 26,7 |
| Вид итогового контроля:                         |   |      | Зачет |   | Зачет |   | Экзамен |      |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Оборудование производств редких элементов» (Б1.Б.25)**

**1. Цель дисциплины:**

сформировать у обучающегося достаточно полное представление об аппаратном оформлении производств редких элементов с выявлением его специфики для ряда технологических процессов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями:

**Общекультурные компетенции (ОК):**

- способность представить современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1)

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2)

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);

- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);

- способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);

- готовность использовать методы оценки риска и разрабатывать меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий обращения с объектами профессиональной деятельности (ПК-11).

**Профессионально-специализированные компетенции (ПСК):**

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1)

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- оборудование, используемое для проведения гидро-, пиро- и электрометаллургических производств материалов современной энергетики;
- принципы выбора аппаратуры для конкретного технологического процесса.

*Уметь:*

- осуществить выбор оборудования для конкретного технологического процесса в технологии редких элементов, в том числе с учетом требований безопасности работы;
- осуществить выбор вспомогательного оборудования, используемого для работы типового оборудования в технологии редких элементов.

*Владеть:*

- навыками использования инженерных методов расчета типовых аппаратов, используемых в технологии редких элементов;
- принципами выбора характеристик оборудования, необходимых для составления исходных данных для его проектирования.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **3.1. Введение**

Задачи курса. Краткая история организации производства промышленного оборудования, используемого в технологии материалов современной энергетики, в России. Роль отечественных ученых в развитии аппаратного оформления производств редких и радиоактивных металлов. Оборудование – материальная основа химико-технологического процесса. Специфика оборудования, используемого в технологии материалов современной энергетики.

3.2. Классификация процессов выщелачивания. Аппаратура для выщелачивания: агитаторы, пачуки, автоклавы, колонны. Расчет каскада для выщелачивания. Перколяционное выщелачивание. Кучное выщелачивание. Подземное выщелачивание, его разновидности и способы организации. Явление коагуляции. Бактериальное выщелачивание. Физические методы интенсификации выщелачивания (механоактивация, ультразвуковое, радиационное и др.).

3.3. Классификация ионообменного оборудования. Сорбционные аппараты периодического действия (сорбционные фильтры). Аппараты непрерывного действия (со сплошным движущимся слоем, со взвешенным слоем). Отдельные типы аппаратов: колонна с периодической разгрузкой смолы КНСР и колонна КДС, пульсационная колонна ПСК и ее разновидности, пачук. Сорбционные аппараты полунепрерывного действия: контактор Хиггинса, колонна Асахи, установка Пермутит, колонны КНПДС, СНК, ИПК, ПИК, КНСПД. Паудекс-фильтры. Барабанные аппараты БША. Сорбционный Раздел нового поколения ИНПМ. Аппараты для десорбции. Вспомогательные устройства и узлы аппаратов непрерывного и полунепрерывного действия. Классификация инженерных методов расчета сорбционного оборудования. Примеры расчета сорбционного фильтра.

3.4. Краткая характеристика мембранных процессов в технологии редких и радиоактивных элементов. Аппаратурное оформление для процессов обратного осмоса, ультрафильтрации, микрофильтрации, электродиализа. Специфика оборудования для организации очистки жидких радиоактивных отходов мембранными методами. Электродиализ в технологии урана и рения. Инженерные методы расчета основных характеристик мембранного оборудования.

3.5. Расчет экстракционного и экстракционно-промывного каскада. Методы определения теоретических ступеней контактирования. Классификация экстракторов, применяемых в гидрометаллургии. Смесительно-отстойные экстракторы. Трубчатый смесительно-отстойный экстрактор ЗАО "Российские редкие металлы". Экстракционные колонны. Гравитационные колонны. Роторные и роторно-дисковые колонны (экстракторы Шайбеля, Грессера, роторно-дисковый и асимметричный роторно-дисковый экстрактор, аппараты Микско, Кюни). Пульсационные экстракционные колонны. Системы пульсаций. Фасонные насадки. Технические характеристики пульсационных колонн с насадкой КРИМЗ. Вибрационные экстракционные колонны. Сравнение различных типов промышленных колонных экстракторов. Центробежные экстракторы. Серия ЭЦ. Аппараты Лувеста, Робатель, Шарплес, экстрактор Подбильняка, Квадроник, ЭГН, ЭЦД, Центрэк. Сравнение основных типов экстракционного оборудования. Инженерные методы расчета габаритов экстракционного оборудования: смесителей-отстойников, вибрационных колонн, пульсационных колонн, центробежных экстракторов.

3.6. Специфика сушки и прокалики осадков в технологии редких и радиоактивных металлов. Трубчатые вращающиеся печи (время пребывания материала в печи, пылеунос из печи, теплообмен в печах, конструктивные особенности). Расчет печи и

выбор по производительности. Особенности сушки пастообразных материалов. Ленточные, вальцеленточные и вальцовые сушилки. Распылительные сушилки: методы распыления, типы и конструкции сушилок. Шнековые реакторы: конструкции мешалок, расчет по производительности. Процессы в кипящем слое. Однородное и неоднородное псевдоожижение. Особенности гидродинамики неоднородного псевдоожижения. Характеристики газовых пузырей. Фонтанирующий слой. Перемешивание и массообмен в кипящем слое. Теплообмен в слое. Пылеунос из кипящего слоя. Конструктивные особенности аппаратов. Общий порядок расчета аппаратов кипящего слоя. Вибрирующий слой. Конструкции реакторов с фильтрующим слоем. Процессы получения и переработки оксидов и галогенидов в солевых расплавах. Конструктивные особенности реакторов. Пламенные процессы. Общая характеристика, гидродинамика холодного и горящего факела, теплопередача в пламенных реакторах, конструктивные особенности реакторов. Процессы в плазме. Дуговые и высокочастотные плазмотроны. Комбинированные слои.

3.7. Общие особенности и разновидности процессов получения и рафинирования металлов. Конструкции печей для металлотермии, силикотермии и карботермии. Гарнисажные печи («холодный тигель»). Электролитическое восстановление и конструкции электролизеров для получения металлов. Методы рафинирования металлов (пирометаллургические, электрохимические и химические). Оборудование для рафинирования металлов. Разновидности аппаратов для проведения химических транспортных реакций и химического осаждения металлов из газовой фазы.

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Вид учебной работы                             | ЗЕ             | Акад. ч.  |
|------------------------------------------------|----------------|-----------|
| Общая трудоемкость дисциплины                  | 5              | 180       |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>1,78</b>    | <b>64</b> |
| Лекции                                         | 0,89           | 32        |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,89           | 32        |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | -              | -         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>2,22</b>    | <b>80</b> |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 2,22           | 80        |
| <b>Виды контроля:</b>                          |                |           |
| <b>экзамен</b>                                 | <b>1</b>       | <b>36</b> |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 1              | 0,4       |
| Подготовка к экзамену                          |                | 35,6      |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>Экзамен</b> |           |

| Вид учебной работы                             | ЗЕ          | Астр. ч.  |
|------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Общая трудоемкость дисциплины                  | 5           | 135       |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>1,78</b> | <b>48</b> |
| Лекции                                         | 0,89        | 24        |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,89        | 24        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>2,22</b> | <b>60</b> |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   | 2,22        | 60        |
| <b>Виды контроля:</b>                          |             |           |
| <b>экзамен</b>                                 | <b>1</b>    | <b>27</b> |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   |             | 0,3       |

|                                |                |      |
|--------------------------------|----------------|------|
| Подготовка к экзамену          | 1              | 26,7 |
| <b>Вид итогового контроля:</b> | <b>экзамен</b> |      |

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Технология керамического топлива» (Б1.Б.26)

#### 1. Цель дисциплины:

формирование у обучающихся компетенций в области основ современной технологии и применения высокотемпературного керамического ядерного топлива (КЯТ) для ядерной энергетики, а также новых разрабатываемых процессов фабрикация различных видов высокотемпературного ядерного топлива на основе соединений делящихся элементов (урана, плутония, тория) для различных типов ядерных реакторов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями

#### **Общекультурные:**

- способность представить современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1);

#### **Профессиональные:**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);

#### **Профессионально-специализированные:**

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- виды и свойства ядерных топливных материалов и керамического ядерного топлива, предъявляемые к ним требования.
- теоретические и технологические основы фабрикация различных видов керамического ядерного топлива, условия их работы в реакторе и поведение при облучении
- критерии оценки качества керамического ядерного топлива и методы его контроля в производстве;
- направления исследований, тенденции и проекты в области развития технологии высокотемпературного керамического ядерного топлива.

*Уметь:*

- рассчитывать необходимые физико-химические свойства материалов, использующихся в технологии высокотемпературного керамического ядерного топлива;
- проводить технологические расчеты по основным операциям фабрикация разных видов керамического ядерного топлива и осуществлять выбор рациональных технологических схем их производства;

- проводить анализ технологических решений производства основных видов керамического ядерного топлива для совершенствования процессов технологии его производства

*Владеть:*

- навыками поиска и нахождения научно-технической информации по основным разработкам в области химии, физической химии, технологии, инженерного обеспечения фабрикации высокотемпературного керамического ядерного топлива;
- навыками анализа основных технических и технологических решений при описании известных и разработке новых методов фабрикации высокотемпературного керамического ядерного топлива.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **3.1. Основные понятия.**

Свойства керамического ядерного топлива и предъявляемые к нему требования. Делящиеся материалы. Ядерные топливные материалы. Керамическое и дисперсное ядерное топливо.

#### **3.2. Оксиды урана**

Физико-химические свойства оксидов урана. Синтетические оксиды урана. Природные оксиды урана. Диаграмма состояния системы уран – кислород. Общие методы получения диоксида урана. Получение  $UO_2$  из растворов нитрата уранила. Получение  $UO_2$  из гексафторида урана. Критерии оценки качества порошка керамического диоксида урана. Физико-химические, морфологические и технологические свойства порошка керамического  $UO_2$ . Промышленные методы получения диоксида урана керамического качества.

#### **3.3. Керамическое топливо на основе диоксида урана**

Теоретические основы фабрикации керамического ядерного топлива. Подготовка шихты пресспорошка. Прессование. Сушка. Спекание. Теории спекания. Шлифование. Требования, предъявляемые к таблеткам из  $UO_2$ . Взаимодействие топлива с оболочкой (ВТО). Геометрия таблеток из  $UO_2$ . Основные процессы фабрикации таблеток из  $UO_2$ : подготовка пресспорошка для таблеток, прессование, спекание, шлифование таблеток. Контроль производства и качества таблеток из  $UO_2$ . Поведение компактного  $UO_2$  под облучением. Изменение структуры  $UO_2$ , связанные с температурным и радиационным воздействием.

3.4. Основные характеристики, приемы изготовления, условия работы в реакторе и поведение при облучении керамического ядерного топлива

Тепловыделяющие элементы гетерогенных реакторов. Повреждения ТВЭЛ при эксплуатации. Тепловыделяющие сборки (ТВС). Методы производства твэлов на основе  $UO_2$ : холодное прессование, шликерное литье, уплотнение порошка  $UO_2$  в оболочке, ротационная ковка, виброуплотнение. Влияние облучения на свойства керамического ядерного топлива. Изменение структуры и свойств керамического ядерного топлива под облучением и температурным воздействием.

#### **3.5. Смешанное керамическое топливо на основе диоксидов урана и плутония (МОКС-топливо)**

Система плутоний – кислород. Кристаллические структуры оксидов плутония. Получение порошков диоксида плутония и смешанных диоксидов урана и плутония. Требования, предъявляемые к таблеткам МОКС-топлива. Подготовка пресспорошка, прессование, спекание и шлифование таблеток МОКС-топлива. Промышленное производство таблеток МОКС-топлива. Контроль за производством и качеством таблеток МОКС-топлива. Поведение МОКС-топлива под облучением.

#### **3.6. Карбидное топливо**

Сравнительная оценка перспективных видов топлива для реакторов на быстрых нейтронах. Карбиды урана. Получение карбидов урана карботермическим методом и газовой карбидизацией. Изготовление сердечников из монокарбида урана. Карбиды

плутония. Получение монокарбида плутония. Изготовление сердечников ТВЭЛ из монокарбида плутония. Смешанные карбиды урана и плутония. Получение порошков (U,Pu)C и сердечников ТВЭЛ из (U,Pu)C. Поведение карбидного топлива под облучением.

#### 3.7. Нитридное топливо

Применение нитридного топлива в реакторах на быстрых нейтронах. Нитриды урана. Получение нитридов урана. Изготовление сердечников ТВЭЛ из нитрида урана. Нитрид плутония. Получение моонитрида плутония. Изготовление сердечников из моонитрида плутония. Смешанные нитриды урана и плутония и методы получения уран-плутониевого нитридного топлива. Поведение смешанного уран-плутониевого нитридного топлива под облучением.

#### 3.8. Гранулированное топливо

Требования, предъявляемые к гранулированному топливу. Получение гранулированного топлива в «золь-гель» процессе. Внешнее гелеобразование. Внутреннее гелеобразование. Термообработка микросфер. Изготовление топлива на основе микросфер. Промышленные схемы изготовления гранулированного топлива на основе микросфер, полученных в «золь-гель» процессе.

#### 3.9. Дисперсионное топливо

Количественная оценка радиационной стойкости дисперсионного топлива. Методы изготовления дисперсионного высокотемпературного топлива. Методы получения микросфер  $UO_2$ . Методы покрытия топливных частиц дисперсионных ТВЭЛ. Нанесение многослойных покрытий. Шаровые ТВЭЛ. Изготовление сердечников ТВЭЛ.

#### 3.10. Шаровые ТВЭЛ

Шаровые ТВЭЛ высокотемпературных газовых реакторов. Методы изготовления микротвэлов из топливных частиц. Изготовление сердечников ТВЭЛ. Реакторные испытания микротвэлов и шаровых ТВЭЛ.

#### 3.11. Ядерное топливо с инертной матрицей

Подбор материалов для инертной матрицы. Получение исходных порошков для топлива с инертной матрицей: осаждение порошков, «золь-гель» процесс, смешивание порошков. Изготовление таблеток топлива с инертной матрицей. Особенности спекания различных видов порошков матриц и делящихся материалов. Поведение матрицы и топливных таблеток с инертной матрицей под облучением.

#### 3.12. Уран-гадолиниевое оксидное топливо

Топлива с интегральным выгорающим поглотителем. Диаграмма состояния системы  $UO_2 - Gd_2O_3$ . Получение исходной шихты порошков  $UO_2 - Gd_2O_3$ . Спекание таблеток  $(U,Gd)O_2$ . Контроль состава порошка и таблеток уран-гадолиниевого топлива. Поведение уран-гадолиниевого топлива под облучением.

#### 3.13. Силицидное топливо

Фазовая диаграмма системы U-Si. Кристаллические структуры силицидов урана. Силицид урана  $U_3Si$  как ядерное топливо. Получение силицидов урана. Физические и механические свойства силицидов урана. Изготовление ядерного топлива на основе силицидов урана. Поведение  $U_3Si$  топлива под облучением.

#### 3.14. Проекты усовершенствования керамического ядерного топлива реакторов

Направления исследований по усовершенствованию керамического ядерного топлива. Развитие топлива для легководных реакторов. Ториевое топливо. Концепции усовершенствованного MOX-топлива (MIX, CORAIL, APA). Разработка топлива для высокотемпературных реакторов (HTR). Разработка проектов топлива для быстрых реакторов. Топливные мишени для выжигания минорных актинидов.

### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы | В зачетных | В академ. часах |
|---------------------|------------|-----------------|
|---------------------|------------|-----------------|

|                                                | единицах       |            |
|------------------------------------------------|----------------|------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>5</b>       | <b>180</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>1,8</b>     | <b>64</b>  |
| Лекции                                         | 0,9            | 32         |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,9            | 32         |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>            | <b>2,2</b>     | <b>80</b>  |
| Реферат                                        |                | 20         |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |                | 60         |
| <b>Вид контроля</b>                            |                |            |
| <b>Экзамен</b>                                 | <b>1</b>       | <b>36</b>  |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   |                | 0,4        |
| Подготовка к экзамену                          | 1              | 35,6       |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>экзамен</b> |            |

| Виды учебной работы                            | В зачетных единицах | В астр. часах |
|------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>5</b>            | <b>135</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>1,8</b>          | <b>48</b>     |
| Лекции                                         | 0,9                 | 24            |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,9                 | 24            |
| Лабораторные занятия                           | -                   | -             |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>            | <b>2,2</b>          | <b>60</b>     |
| Реферат                                        |                     | 15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |                     | 45            |
| <b>Вид контроля</b>                            |                     |               |
| <b>Экзамен</b>                                 | <b>1</b>            | <b>27</b>     |
| Контактная работа – промежуточная аттестация   | 1                   | 0,3           |
| Подготовка к экзамену                          |                     | 26,7          |

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Радиохимическая переработка ОЯТ» (Б1.Б.27)

#### 1. Цель дисциплины:

формирование компетенций в области основ технологии переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и обращения образующимися при переработке с радиоактивными отходами (РАО) и ознакомление с современными вариантами закрытого и открытого ядерных топливных циклов (ЯТЦ).

#### 2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:

*обладать* следующими компетенциями:

##### **Общекультурные компетенции (ОК):**

- способность представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1)

##### **Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);

- способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);
- способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);
- способность управлять действующими технологическими процессами, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка (ПК-15).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- роль ОЯТ в обеспечении потребностей атомной энергетики в уране и плутонии;
- современные варианты закрытого и открытого ЯТЦ;
- международные и национальные долгосрочные программы, определяющие развитие технологий по переработке ОЯТ;
- основные способы «мокрого» и «сухого» хранения и транспортировки ОЯТ различными видами транспорта;
- водно-химические процессы переработки ОЯТ, включая PUREX-процесс, нитратный, карбонатный и экстракционные методы;
- неводные методы переработки ОЯТ, включая фторидно-газовую технологию, пирохимические, пироэлектрохимические и пирометаллургические методы;
- основные методы обращения с радиоактивными отходами всех видов и классов, образующихся при переработке ОЯТ;

*Уметь:*

- проводить химико-технологические расчеты по основным стадиям переработки ОЯТ и обращения с РАО и обращения с РАО, рассчитывать физико-химические свойства используемых материалов;
- осуществлять поиск научно-технической информации в области переработки ОЯТ, обращения с РАО и обеспечения безопасности при проведении работ с делящимися материалами и радиотоксичными нуклидами продуктов деления;

*Владеть:*

- навыками анализа основных технических и технологических решений при описании известных и разработке новых методов переработки ОЯТ и обращения с РАО.
- методами проведения научных исследований в области химии, физической химии и технологии переработки ОЯТ и обращения с радиоактивными отходами.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **3.1. Введение**

Задачи курса. Виды ОЯТ, подлежащего радиохимической переработке. Радиохимическая характеристика ОЯТ. Особенности и основные процессы переработки ОЯТ АЭС. Современное состояние радиохимической технологии выделения и очистки урана и плутония.

#### **3.2. Транспортирование ОЯТ**

Правила перевозки ОЯТ. Конструкции контейнеров для транспортировки ОЯТ. Автомобильные, железнодорожные и морские перевозки ОЯТ. Перевозки ОЯТ в РФ.

#### **3.3. Хранение ОЯТ**

Общие вопросы хранения ОЯТ. Водное хранения ОЯТ. Конструкции водных хранилищ ОЯТ. Сухое хранение ОЯТ. Сухое хранение ОЯТ в камерах, контейнерах и канистрах.

### 3.4. Вскрытие отработавших твэлов

Вскрытие с разделением материала оболочки и сердечника твэлов. Химические, пирохимические и механические методы снятия оболочек. Вскрытие твэлов без отделения материала оболочки от материала сердечников. Метод рубка – выщелачивание.

### 3.5. Растворение ОЯТ

Дополнительные операции подготовки твэлов к растворению. Волокисадация. Общие вопросы перевода ОЯТ в раствор. Растворение топливных материалов без оболочек. Растворение металлического урана, диоксида урана, смешанного уран-плутониевого оксидного топлива, карбидного и нитридного ОЯТ. Требования, предъявляемые к оборудованию для растворения ОЯТ. Обеспечение ядерной безопасности в процессе растворения ОЯТ. Удаление газообразных продуктов деления при растворении ОЯТ.

### 3.6. Экстракционные методы выделения и очистки урана, плутония и нептуния.

#### PUREX- процесс

Общее описание PUREX- процесса. Восстановление и окисление плутония и нептуния. Экстракционный аффинаж урана. Экстракционный аффинаж плутония. Извлечение нептуния. Радиохимический завод РТ-1. Описание технологической схемы PUREX-процесса на РТ-1. Переработка радиоактивных отходов на РТ-1. Схемы обращения с жидкими, газообразными и твердыми РАО на ПО «Маяк».

### 3.7. Современные водно-химические процессы переработки ОЯТ

«Упрощенный PUREX», COEX<sup>TM</sup>, THOREX, NUEX, NEXT, REPA, DIAMEX-SANEX, семейство UREX+, GANEX, PARC, ARTIST, TALSPEAK, TODGA, «4-group Partitioning Process», «водно-экстракционный процесс с использованием двух экстрагентов: ТБФ и TRPO», переработка ОЯТ в слабокислых нитратных растворах. Водно-химические процессы переработки ОЯТ в карбонатных средах: TIT, COL, LANL, «КАРБЭКС», «КАРБОФТОРЭКС».

### 3.8. Неводные методы переработки ОЯТ

Общие вопросы переработки ОЯТ неводными методами. Фторидно-газовая технология. Переработка уранового и уран-плутониевого ОЯТ. Пирохимическая переработка ОЯТ. Пирозлектрохимическая переработка ОЯТ. Пирометаллургическая переработка ОЯТ. Технологические схемы пирозлектрохимической переработки ОЯТ в РФ и зарубежных странах. Замкнутый топливный цикл РБН с пирозлектрохимической переработкой ОЯТ. Концепция АТЭК.

### 3.9. 8. Обращение с радиоактивными отходами

Общая характеристика радиоактивных отходов. Классификация жидких, газообразных и твердых РАО. Основные методы обращения с РАО. Обращение с жидкими высокоактивными отходами (ВАО). Остекловывание жидких радиоактивных отходов. Обращение с жидкими среднеактивными (САО) и низкоактивными (НАО) отходами. Битумирование и цементирование жидких САО и НАО. Обращение с газообразными отходами. Удаление радиоактивных благородных газов, трития, СО<sub>2</sub>, йода. Система газоочистки на радиохимических заводах. Обращение с твердыми радиоактивными отходами. Современные технологические схемы обращения с РАО на примере завода РТ-1 и ПО «МАЯК». Трансмутация минорных актиноидов.

## 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В академ. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>3</b>            | <b>108</b>      |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>1,33</b>         | <b>48</b>       |
| Лекции                                                 | 0,44                | 16              |

|                                              |              |           |
|----------------------------------------------|--------------|-----------|
| Практические занятия (ПЗ)                    | 0,89         | 32        |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,67</b>  | <b>60</b> |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,67         | 0,2       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 58,8      |
| <b>Вид итогового контроля:</b>               | <b>зачет</b> |           |

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В академ. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>3</b>            | <b>81</b>       |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>1,33</b>         | <b>36</b>       |
| Лекции                                                 | 0,44                | 12              |
| Практические занятия (ПЗ)                              | 0,89                | 24              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>1,67</b>         | <b>45</b>       |
| Контактная самостоятельная работа                      | 1,67                | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           |                     | 44,85           |

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Экономика ядерной отрасли» (Б1.Б.28)

**1. Цель дисциплины:** сформировать у обучающихся основные представления об особенностях экономических аспектов основных предприятий и технологических переделов ядерного топливного цикла.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями:

**Общекультурные компетенции:**

- способность к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК-7);
- способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность (ОК-8).

**Профессиональные компетенции:**

- способность к организации работы подчиненных (ПК-13);
- способность к оценке последствий принимаемых организационно-управленческих решений и их оптимизации (ПК-14)
- способность к составлению и анализу бизнес-планов разработки и внедрения новых технологических процессов, обращения с объектами профессиональной деятельности, выпуска и реализации конкурентно способной продукции (ПК-17)

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- тенденции в себестоимости электроэнергии, полученной на электростанциях разных типов;
- основы производства заготовок и изделий из конструкционных материалов
- вклад различных факторов в себестоимость электроэнергии на АЭС.

*уметь:*

- проводить анализ экономической эффективности действующих и строящихся АЭС;
- проводить технико-экономический анализ организации производства основных материалов и аппаратов;
- проводить расчет себестоимости электроэнергии на АЭС.

*владеть:*

- оценкой последствий принимаемых организационно-управленческих решений и их оптимизации;
- проведением экономических расчетов.

### 3. Краткое содержание дисциплины.

#### Раздел 1. Энергетика и АЭС

Энергетический сектор экономики. Роль атомных станций в энергетике России и мира. Обзор ядерно-топливного цикла РФ. Ядерные мощности на действующих и строящихся ядерных энергоблоках.

#### Раздел 2. Структура экономики АЭС

Существующие модели реакторов. Топливо и её виды. Специфика технологии и определяемой ею экономики основных стадий ЯТЦ. Основные показатели ядерной экономики. Себестоимость ядерной энергии, постоянные и переменные затраты. Пути снижения затрат ЯТЦ. Сравнение затрат различных реакторов.

#### Раздел 3. Стоимость ядерной энергии

Эксплуатационные затраты реакторов. Вывод АЭС из эксплуатации. Стоимость ядерной энергии. Государственные субсидии. Страхование и ответственность. Расчет себестоимости ядерной энергии на ВВР. Расчет затрат на создание АЭС. Расчет прибыли от эксплуатации АЭС. Расчет затрат на вывод из эксплуатации АЭС. Затраты на утилизацию отходов. Сроки окупаемости ядерной энергии.

### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                                    | Зачетных единиц | Акад. час. |
|--------------------------------------------------------|-----------------|------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>3</b>        | <b>108</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>0,9</b>      | <b>32</b>  |
| Лекции                                                 | 0,45            | 16         |
| Практические занятия (ПЗ)                              | 0,45            | 16         |
| Лабораторные занятия (ЛЗ)                              | -               | -          |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>1,1</b>      | <b>40</b>  |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           | 1,1             | 40         |
| <b>Виды контроля:</b>                                  |                 |            |
| <b>Экзамен</b>                                         | <b>1</b>        | <b>36</b>  |
| Контактная работа – промежуточная аттестация           | 1               | 0,4        |
| Подготовка к экзамену                                  |                 | 35,6       |
| <b>Вид итогового контроля</b>                          | <b>Экзамен</b>  |            |

| Виды учебной работы                                    | Зачетных единиц | Астр. час. |
|--------------------------------------------------------|-----------------|------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>3</b>        | <b>81</b>  |
| <b>Контактная работа (КР):</b>                         | <b>0,9</b>      | <b>24</b>  |
| Лекции                                                 | 0,45            | 12         |
| Практические занятия (ПЗ)                              | 0,45            | 12         |
| Лабораторные занятия (ЛЗ)                              | -               | -          |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>1,1</b>      | <b>30</b>  |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           | 1,1             | 30         |
| <b>Виды контроля:</b>                                  |                 |            |
| <b>Экзамен</b>                                         | <b>1</b>        | <b>27</b>  |
| Контактная работа – промежуточная аттестация           | 1               | 0,3        |

|                        |         |      |
|------------------------|---------|------|
| Подготовка к экзамену  |         | 26,7 |
| Вид итогового контроля | Экзамен |      |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Экология в технологии материалов современной энергетики» (Б1.В.03)**

**1. Цель дисциплины** «Экология в технологии материалов современной энергетики» – сформировать у студентов представление о современных экологических проблемах, о физико-химических процессах, протекающих в различных компонентах окружающей среды и о степени антропогенного воздействия на эти процессы; выработать у студентов навыки системного подхода к изучению и решению экологических проблем, возникших в результате промышленно-хозяйственной деятельности человека, развить мышление, позволяющее правильно оценивать локальные и отдаленные последствия принимаемых решений для окружающей среды и человека.

**2. В результате изучения дисциплины** обучающийся по программе специалитета *18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики* должен:

*Обладать* следующими компетенциями:

- способностью принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);

*знать:*

- основные законы общей экологии;
- закономерности строения и функционирования биосферы;
- современные экологические проблемы;
- основы рационального природопользования;
- основные принципы защиты природной среды от антропогенных воздействий;
- строение основных геосфер Земли и основные физико-химические процессы, протекающие в них;
- основные понятия и принципы концепции устойчивого развития;
- основные сведения о глобальной проблематике, природных ресурсах, планетарных границах, антропогенном воздействии на окружающую среду, управлении качеством окружающей среды;
- принципы зеленой химии;

*уметь:*

- рассматривать конкретные пути решения проблем охраны природы в различных географических и экономических условиях;
- применять полученные знания для оценки состояния окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
  - использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных для решения конкретных экологических проблем;
  - применять полученные знания в процессе дальнейшей учебы, при изучении профессиональных и профильных дисциплин, и в будущей практической деятельности;

*владеть:*

- базовыми теоретическими знаниями в области экологии.
- базовыми знаниями в области экономного использования;
- понятийным аппаратом в области общей экологии, рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды;
  - методами идентификации локальных экологических проблем, оценки их значимости.

**3. Краткое содержание дисциплины**

### *Введение, основные понятия*

Цели, задачи дисциплины. Место дисциплины в системе общего и химического образования. Экологическое образование и образование для устойчивого развития. Общество и окружающая среда.

### *Раздел 1. Общие вопросы экологии. Биосфера. Биоэкология. Биосфера и устойчивость*

1.1 Основные законы экологии. Биоэкология. Понятие об экосистемах. Устойчивость экосистем Биосфера, ее эволюция и устойчивость. Экосистемы Земли и устойчивость. Основные сведения о планете Земля. Цикличность процессов в биосфере и устойчивость.

1.2 Народнонаселение. Человечество как часть биосферы. Демографические проблемы Динамика человеческой популяции, рождаемость, смертность, возрастная структура.

### *Раздел 2. Строение и состав геосфер Земли. Основные физико-химические процессы, протекающие в геосферах*

2.1 Атмосфера Земли. Строение атмосферы, роль фотохимических реакций в формировании состава атмосферы. Парниковый эффект. Озоновый слой. Стратосферный озон и тропосферный озон: сходство и различия. Международное сотрудничество в области ограничения производства и использования озоноразрушающих веществ. Кислотные дожди и процессы окисления примесей в тропосфере. Фотохимический смог.

2.2. Гидросфера Земли. Виды вод на Земле. Пресные воды. Гидрологический цикл. Глобальные экологические проблемы гидросферы. Окислительно-восстановительные процессы в природных водоемах. Стратификация природных водоемов. Процессы эвтрофикации водоемов. Причины и последствия.

2.3. Литосфера Земли. Земная кора. Почва. Строение почвенного слоя. Состав почв. Органические вещества в почве. Роль живых организмов в формировании почвенного слоя.

### *Раздел 3. Антропогенное воздействие на окружающую среду и рациональное природопользование*

3.1. Природные ресурсы. Понятие об отходах производства и потребления. Малоотходные и безотходные производства.

3.2 Понятие о планетарных границах. Антропогенные нарушения биогеохимических циклов азота и фосфора. Основы эконормирования. Основные принципы зеленой химии.

### *Раздел 4. Устойчивое развитие*

Устойчивое развитие. История становления понятия. Вклад отечественных ученых. Цели устойчивого развития ООН. Международное сотрудничество в области устойчивого развития. Промышленная экология и зеленая химия как инструмент обеспечения устойчивого развития.

### **4. Объем учебной дисциплины**

| Вид учебной работы                             | Всего      |           | Семестр    |           |            |           |
|------------------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|                                                |            |           |            |           |            |           |
|                                                | ЗЕ         | Акад. ч.  | ЗЕ         | Акад. ч.  | ЗЕ         | Астр. ч.  |
| Общая трудоемкость дисциплины                  | 2          | 75        | 2          | 72        | 2          | 54        |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,9</b> | <b>32</b> | <b>0,9</b> | <b>32</b> | <b>0,9</b> | <b>24</b> |
| Лекции                                         | 0,45       | 16        | 0,45       | 16        | 0,45       | 12        |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,45       | 16        | 0,45       | 16        | 0,45       | 12        |
| Лабораторные работы (ЛР)                       | -          | -         | -          | -         | -          | -         |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>1,1</b> | <b>40</b> | <b>1,1</b> | <b>40</b> | <b>1,1</b> | <b>30</b> |
| Контактная самостоятельная работа              | 1,1        | 0,2       | 1,1        | 0,2       | 1,1        | 0,15      |

|                                              |              |      |  |      |  |       |
|----------------------------------------------|--------------|------|--|------|--|-------|
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 39,8 |  | 39,8 |  | 29,85 |
| <b>Виды контроля:</b>                        | <b>зачет</b> |      |  |      |  |       |

### **Аннотация рабочей программы дисциплины**

#### **«Правоведение в технологии материалов современной энергетики» (Б1.В.04.)**

**1. Цель дисциплины** – овладение основами правовых знаний; формирование основ правовой культуры и правомерного поведения гражданина страны.

**Задачи дисциплины:**

- ознакомление с теориями и взглядами, выработанными юридической наукой в области конституционных, административных, гражданских, семейных, трудовых и иных отношений в различных сферах деятельности;
- изучение действующих нормативных правовых актов и практики их применения;
- формирование практических навыков по применению правовых норм, составлению документов и совершению юридически значимых действий в различных сферах деятельности.

**2. Изучение курса** «Правоведение в технологии материалов современной энергетики» при подготовке инженеров по программе специалитета 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики направлено на приобретение следующих компетенций:

- способностью к организации работы подчиненных (ПК-13);
- способностью к оценке последствий принимаемых организационно-управленческих решений и их оптимизации (ПК-14).

В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:

*Знать:*

- основы российской правовой системы и российского законодательства, основы организации и функционирования судебных и иных правоприменительных и правоохранительных органов;
- правовые и нравственно-этические нормы в сфере профессиональной деятельности;
- правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде;
- права и обязанности гражданина;
- основы трудового законодательства.

*Уметь:*

- использовать этические и правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде, использовать права и свободы человека и гражданина при разработке социальных проектов;
- использовать и составлять нормативные и правовые документы, относящиеся к профессиональной деятельности, предпринимать необходимые меры к восстановлению нарушенных прав;
- реализовывать права и свободы человека и гражданина в различных сферах жизнедеятельности.

*Владеть:*

- основами хозяйственного права;
- правовыми нормами в профессиональной деятельности.

#### **3 Краткое содержание дисциплины:**

**Введение.** Дисциплина «Правоведение в технологии материалов современной энергетики» относится к вариативным дисциплинам профиля. Базируется на изучении школьного курса «Обществознание» и предшествующей гуманитарной дисциплины «История».

Курс рассматривает основные юридические термины и принципы, раскрывает основные теоретические представления о таких явлениях как государство и право. В процессе изучения курса студенты знакомятся с основными положениями ведущих отраслей российского права, а также основными положениями тех отраслей российского права, которые могут быть востребованы ими по профилю подготовки, а также в решении семейных и бытовых вопросов.

Предметом изучения данного курса являются знания о государстве и праве, законодательстве, с которым каждый гражданин сталкивается в жизни. При изучении дисциплины используются нормативные акты государства и подзаконные акты государственных органов, регулирующих экономическую, финансовую, управленческую деятельность государства и хозяйствующих субъектов.

### **Раздел 1. Основы теории государства и права.**

**1.1. Основы теории государства.** Понятие и признаки государства. Формы государства. Функции государства. Взаимосвязь государства и права.

**1.2. Основы теории права.** Понятие и признаки права. Право и мораль. Правовая культура. Основные правовые системы современности. Понятие и виды источников права. Нормативный правовой акт как источник права. Определение закона и подзаконных актов. Действие нормативных правовых актов во времени. Обратная сила закона. Понятие правовых норм, их структура. Система права. Частное и публичное право. Материальное и процессуальное право. Правоотношение: объект, субъект и содержание правоотношений. Юридические факты. Пробелы законодательства.

### **Раздел 2. Отрасли публичного права.**

**2.1. Основы конституционного права.** Конституция – основной Закон Российской Федерации. Основы правового статуса человека и гражданина. Федеративное устройство Российской Федерации. Система государственных органов и принцип разделения властей в Российской Федерации. Президент Российской Федерации. Федеральное собрание Российской Федерации. Органы исполнительной власти Российской Федерации. Конституционные основы судебной системы. Правоохранительные органы. Понятие гражданства.

**2.2. Основы административного права.** Понятие и предмет административного права. Общая характеристика Кодекса РФ об административных правонарушениях. Административные правонарушения: понятие и признаки. Административная ответственность: понятие и принципы. Понятие, признаки и виды административных наказаний.

**2.3. Основы уголовного права.** Понятие и предмет уголовного права. Уголовная ответственность: понятие, основание возникновения. Понятие преступления: признаки, структура. Состав преступления. Соучастие в преступлении. Обстоятельства, исключающие преступность деяния. Понятие, цели и виды наказаний. Уголовная ответственность за совершение преступлений. Условное осуждение, освобождение от уголовной ответственности.

**2.4. Коррупция как социальное явление.** Термин и понятие «коррупция». Виды коррупции. Формы проявления коррупции. Нормативное определение коррупции. Причины распространения коррупции. Формы проявления коррупции. Формы коррупции-преступления. Формы коррупции-проступка. Формы политической коррупции. Нормативные правовые акты в сфере противодействия коррупции. Федеральный закон от 25.12.2008 № 273-ФЗ «О противодействии коррупции».

**2.5. Основы экологического права.** Экологическое право: понятие, предмет метод и источники экологического права РФ. Правовое регулирование экологических правоотношений. Понятие, виды и структура экологических правонарушений, ответственность за их совершение.

**2.6. Нормативное правовое регулирование защиты информации и права граждан на защиту персональных данных. Правовые основы защиты государственной тайны.** Понятие информации. Общая характеристика законодательства о защите информации (№149-ФЗ от 27.07.2006 г. «Об информации, информационных технологиях и защите информации»). Ответственность за нарушение законодательства о защите информации. Конфиденциальная информация: понятие, виды и защита. Защита персональных данных гражданина. Государственная тайна: понятие, защита, правовое регулирование государственной, служебной и иной информации. Правовые основы защиты государственной тайны.

### **Раздел 3. Отрасли частного права.**

**3.1. Гражданское право: основные положения общей части.** Понятие, предмет и метод гражданского права. Понятие гражданского правоотношения, его специфика. Структура гражданского правоотношения. Право-, дееспособность субъектов гражданского правоотношения. Граждане как субъекты гражданского права. Физические и юридические лица: понятие, признаки, классификация. Юридические факты, как основание возникновения гражданских правоотношений. Право собственности: понятие, структура. Правомочия собственника. Формы собственности. Обязательство: понятие, исполнение и обеспечение. Обязательства в гражданском праве и ответственность за их нарушение.

**3.2. Авторское и патентное право и правовая защита результатов интеллектуальной деятельности.** Понятие авторского права и смежных прав. Источники и система правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности. Исключительные права. Патентные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы. Ноу-хау и коммерческие секреты. Особенности защиты авторских прав и объектов промышленной собственности. Правовые аспекты передачи технологий с целью их вовлечения в гражданский (хозяйственный) оборот.

**3.3. Основы хозяйственного (предпринимательского) права.** Понятие хозяйственного (предпринимательского) права как отрасли права, науки и учебной дисциплины. Предмет хозяйственного (предпринимательского) права, признаки, методы правового регулирования. Понятие хозяйственной и предпринимательской деятельности. Отграничение хозяйственного (предпринимательского) права от других отраслей права. Система хозяйственного (предпринимательского) права. Источники хозяйственного (предпринимательского) права. Структура хозяйственного (предпринимательского) законодательства. Законы и подзаконные акты как источники хозяйственного (предпринимательского) права.

**3.4. Основы семейного права.** Правовое регулирование семейных отношений. История семейного права. Заключение и прекращение брака. Права и обязанности родителей и детей. Осуществление родительских прав. Ответственность родителей за ненадлежащее воспитание детей. Алиментные обязательства. Формы воспитания детей, оставшихся без попечения родителей.

**3.5. Основы трудового права.** Предмет и метод трудового права. Трудовой договор: понятие, стороны, содержание. Заключение трудового договора. Основания для прекращения трудового договора. Рабочее время. Время отдыха. Трудовые споры. Дисциплина труда.

### **Раздел 4. Особенности правового регулирования профессиональной деятельности в отдельных отраслях химической промышленности**

**4.1. Основы национальной безопасности, государственной политики и законодательство в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.**

Цели, задачи, основные направления и инструменты реализации государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Нормы и правила в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности в РФ. Стандарты безопасности МАГАТЭ. Нормативно-правовая база Основ национальной безопасности с опорой на положения Конституции РФ, международных договоров РФ, федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Стандарты безопасности МАГАТЭ и их имплементация. Правовая ответственность за нарушения в области обеспечения безопасности ядерных объектов.

**4.2. Особенности правового регулирования труда работников химической промышленности.** Особенности заключения и содержания трудового договора с работниками химической промышленности. Правовое регулирование рабочего времени и времени отдыха работников химической промышленности. Особенности правового регулирования охраны труда работников химической промышленности. Система гарантий и компенсаций работникам химической промышленности.

**4.3. Нормативно-правовая база регулирования химической и нефтехимической отрасли в России.** Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ. Глава 21. Статья 147. Налоговый кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 146-ФЗ. Глава 26. Налог на добычу полезных ископаемых. Статьи № 334-345, содержащие сроки уплаты, объект налога, правила начисления налога на полезные ископаемые. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.05.2006 № 303 «О разграничении полномочий федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения биологической и химической безопасности Российской Федерации». Постановление Госгортехнадзора России от 05.05.2003 № 29 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха». Постановление Правительства Российской Федерации от 14.07.06 2006 № 429 «О лицензировании эксплуатации химически опасных производственных объектов».

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Вид учебной работы                             | Всего                  |           |           |
|------------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|
|                                                | ЗЕ                     | Акад. ч.  | Астр. ч.  |
| Общая трудоемкость дисциплины                  | 2                      | 72        | 54        |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,88</b>            | <b>32</b> | <b>24</b> |
| Лекции                                         | 0,44                   | 16        | 12        |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,44                   | 16        | 12        |
| <b>Самостоятельная работа:</b>                 | <b>1,12</b>            | <b>40</b> | <b>30</b> |
| Контактная самостоятельная работа              | 1,12                   | 0,2       | 0,15      |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |                        | 39,8      | 29,85     |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>Зачет с оценкой</b> |           |           |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Основы экономики и управления производством в технологии материалов  
современной энергетики» (Б1.В.05)**

1 Цель дисциплины - получение системы знаний об экономических закономерностях функционирования промышленного производства в системе национальной экономики, формирование экономического мышления и использование полученных знаний в практической деятельности.

2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Обладать* следующими компетенциями:

способностью к составлению и анализу бизнес-планов разработки и внедрения новых технологических процессов, обращения с объектами профессиональной деятельности, выпуска и реализации конкурентно способной продукции (ПК-17).

*Знать:*

- основы экономики в различных сферах жизнедеятельности;
- методы разработки оперативных и производственных планов;
- методы и способы оплаты труда;

*Уметь:*

- составлять отчеты по выполнению технических заданий;
- готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа;
- разрабатывать оперативные планы работ первичных производственных подразделений;

*Владеть:*

- методами и инструментами проведения экономического анализа затрат и результатов деятельности производственных подразделений;
- инструментами планирования и выполнения мероприятий по производству продукции.

3. Краткое содержание дисциплины

*Раздел 1. Введение. Основы рыночной экономики*

Экономические потребности, блага и ресурсы. Общественное производство и экономические отношения. Производственные возможности общества и экономический выбор. Кривая производственных возможностей. Закон убывающей предельной полезности. Традиционная экономическая система. Собственность: формы и пути их преобразования. Рыночный механизм спроса и предложения. Совершенная и несовершенная конкуренции. Сущность и условия возникновения рынка. Виды рынков и их структура. Функции рынка. Товар и его свойства. Спрос и предложение на рынке. Понятие «эластичность». Совершенная и несовершенная конкуренции. Монополия. Олигополия. Понятие национальной экономики, основные макроэкономические показатели. Потребления и сбережения. Производство, обмен и распределение. Потребление, сбережение, инвестиции товаров и услуг. Финансовая система и финансовая политика общества. Налоги и налоговая система.

*Раздел 2. Экономические основы управления производством*

Предприятие как субъект рыночного хозяйства. Экономические законы и особенности их проявления на предприятии. Роль специалиста химической промышленности. Предприятие в системе рыночной экономики. Предприятие – как субъект и объект предпринимательской деятельности. Законодательная база предпринимательской деятельности. Нормативно-правовые акты, регламентирующие деятельность предприятия. Организационно-правовые формы предпринимательской деятельности и критерии их выбора. Формы собственности. Внешняя и внутренняя среда предприятия. Материально-техническая база производства. Сырьевая и топливно-энергетическая база химических производств. Производственная программа и производственная мощность предприятия. Качество и конкурентоспособность продукции. Экономическое обоснование выбора сырья и топлива. Ресурсосбережение.

Альтернативные источник сырья и энергии. Материально-технические ресурсы предприятия. Основные производственные фонды химических предприятий: понятие, классификация и структура. Понятие и структура, и оценка основных средств. Показатели использования основных производственных фондов. Износ и амортизация, и оценка эффективности использования основных производственных фондов. Воспроизводство основных средств. Оборотные средства предприятия: понятие, состав и структура. Источники формирования оборотных средств. Оборачиваемость оборотных средств. Материальные запасы на предприятии. Трудовые ресурсы предприятия. Персонал предприятия и его структура. Эффективность использования персонала и рабочего времени. Производительность труда и оплата труда. Организация заработной платы на предприятии. Производительность труда: понятие, показатели и методы измерения. Индивидуальная и общественная производительность труда. Резервы и факторы повышения производительности труда. Формы, системы и размер оплаты труда на предприятии.

### *Раздел 3. Техничко-экономический анализ инженерных решений*

Доходы и расходы на производство, и реализацию продукции предприятия. Издержки производства продукции (себестоимость), прибыль, рентабельность и ценообразование. Понятие затраты на производство и реализацию продукции (себестоимость). Виды и значение классификации затрат. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Техничко-экономический анализ инженерных решений. Особенности расчета затрат на производство и реализацию продукции в комплексных производствах. Основные пути снижения затрат на производство продукции. Доходы предприятия. Понятие прибыли и дохода предприятия, методы их расчета. Рентабельность, ее виды и методы расчета. Пути повышения прибыли и рентабельности на предприятиях. Ценообразование и ценовая политика. Цена на продукцию и принципы ценообразования. Виды цен. Структура цены, система цен. Взаимосвязи цен и издержек. Ценовая политика. Разработка ценовой стратегии. Финансово-кредитные отношения предприятий и система налогообложения. Понятие, состав и структура финансов предприятия. Принципы налогообложения. Налоги и платежи, установленные законодательством: виды, ставки, объекты налогообложения и сроки уплаты налога в бюджет.

Общее количество модулей 3.

#### **4. Объем учебной дисциплины**

| Виды учебной работы                                                       | В зачетных единицах | В академ. часах |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>                    | <b>3</b>            | <b>108</b>      |
| <b>Контактная работа (КР):</b>                                            | <b>1,33</b>         | <b>48</b>       |
| Лекции (Лек)                                                              | 0,89                | 32              |
| Практические занятия (ПЗ)                                                 | 0,44                | 16              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                                       | <b>1,67</b>         | <b>60</b>       |
| Виды самостоятельной работы (подготовка к контрольным работам и экзамену) | 1,67                | 60              |
| <b>Вид контроля: зачет с оценкой</b>                                      | -                   | -               |

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В астр. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>3</b>            | <b>81</b>     |
| <b>Контактная работа (КР):</b>                         | <b>1,33</b>         | <b>35,91</b>  |
| Лекции (Лек)                                           | 0,89                | 24,03         |

|                                                                           |             |              |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| Практические занятия (ПЗ)                                                 | 0,44        | 11,88        |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                                       | <b>1,67</b> | <b>45,09</b> |
| Виды самостоятельной работы (подготовка к контрольным работам и экзамену) | 1,67        | 45,09        |
| <b>Вид контроля: зачет с оценкой</b>                                      | -           | -            |

### Аннотация рабочей программы дисциплины Химия редких и рассеянных элементов (Б1.В.10)

#### 1. Цель дисциплины:

формирование знаний, необходимых для восприятия сложных, зачастую уникальных, процессов и схем, применяемых в технологии редких элементов, осмысленного подхода к их совершенствованию, а также к обоснованию выбора современных химических и физико-химических методов аналитического контроля в производстве редких металлов и их соединений.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

**обладать** следующими компетенциями:

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);

**Профессионально-специализированные компетенции (ПСК):**

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- химические основы и специфику основных процессов технологии редких и рассеянных элементов;
- требования к чистоте основных функциональных материалов ЯТЦ и методы очистки от элементов-аналогов и других примесных элементов;
- методы конверсии соединений редких элементов и свойства основных промежуточных и конечных продуктов;
- основные сырьевые источники редких элементов и принципы построения технологических схем их переработки с учетом минералогического и химического составов.

*Уметь:*

- составлять цепочки превращений и технологические схемы переработки редкоземельного сырья с учетом его природы и назначения целевых продуктов;
- обосновать выбор, оптимальные соотношения реагентов и условия проведения процессов переработки минерального, техногенного и вторичного сырья и отходов с получением высокочистых или ядерно-чистых соединений редких элементов.

*Владеть:*

- навыками практического применения знаний об особенностях химии редких и рассеянных элементов для совершенствования известных процессов технологии их выделения и очистки, создания принципиально новых экологически и экономически более совершенных вариантов производства конструкционных и топливных материалов ядерной энергетики.

#### 3. Краткое содержание дисциплины:

##### 3.1. Введение

Задачи курса. Положение редких элементов в периодической системе. Краткая историческая справка. Области применения редких металлов и их соединений. Особенности химической технологии редких элементов.

### **3.2. Щелочные редкие и рассеянные элементы (литий, рубидий, цезий).**

Общая характеристика щелочных редких элементов. Литий: краткая историческая справка; важнейшие области применения лития и его соединений, их физико-химические свойства, методы получения, конверсии и очистки. Важнейшие для технологии соединения лития. Методы отделения лития от щелочных элементов и магния. Химические аспекты построения технологических схем переработки литиевого сырья (на примере сподумена).

**3.3. Редкие элементы II группы.** Общая характеристика элементов II группы. Бериллий: краткая историческая справка; важнейшие области применения бериллия и его соединений; физико-химические свойства, методы получения и очистки. Химия водных растворов бериллия. Важнейшие для технологии соединения. Методы отделения бериллия от алюминия.

Химические аспекты построения технологических схем переработки бериллиевого сырья (на примере берилла).

**3.4. Редкие и рассеянные элементы III группы:** редкоземельные элементы (РЗЭ): скандий, иттрий, лантан, лантаниды, актиниды (торий). Общая характеристика РЗЭ: положение в периодической системе; краткая историческая справка; важнейшие области применения редкоземельных металлов (РЗМ) и их соединений. Физико-химические свойства РЗМ. Типы кристаллических решеток РЗМ. Особенности электронного строения лантанидов. Лантанидное сжатие и его следствия, вторичная периодичность свойств в ряду лантанидов, аномальная валентность. Важнейшие для технологии соединения РЗЭ. Химия водных растворов РЗЭ.

Основные методы разделения лантанидов и отделения их от Sc, Y, Th, U. Алгоритм переработки минерального редкоземельного сырья (на примере монацита).

**3.5. Торий:** положение в периодической системе; краткая историческая справка; важнейшие области применения тория и его соединений. Важнейшие для технологии соединения тория. Физико-химические свойства металлического тория. Химия водных растворов тория. Основные методы отделения Th от РЗЭ и урана (очистка ториевых химических концентратов). Химические аспекты построения технологических схем минерального сырья, содержащего торий

**3.6. Редкие и рассеянные элементы IV группы (цирконий и гафний):** положение в периодической системе; влияние f- и d-сжатия на свойства элементов; краткая историческая справка; важнейшие области применения соединений циркония и гафния; физико-химические свойства металлов.

Отличительные особенности химии циркония (гафния). Состояние циркония (гафния) в водных растворах. Важнейшие для технологии соединения циркония (гафния).

Основные методы разделения элементов. Получение циркония ядерной степени чистоты. Химические аспекты построения технологических схем переработки циркониевого сырья (на примере циркона).

**3.7. Редкие и рассеянные элементы V группы (ниобий и тантал):** положение в периодической системе; краткая историческая справка; важнейшие области применения соединений ниобия и тантала; физико-химические свойства металлов.

Отличительные особенности химии ниобия (тантала). Состояние ниобия (тантала) в водных растворах. Важнейшие для технологии соединения ниобия (тантала). Основные методы разделения элементов.

Химические аспекты построения технологических схем и алгоритм переработки ниобий(тантал)содержащего сырья (на примере танталитов-колумбитов).

3.8. Общая характеристика актинидов. Положение в периодической системе. Уран: краткая историческая справка. Химические аспекты кристаллохимии, минералогии и технологии урана.

Физико-химические свойства металлического урана. Состояние урана в водных растворах. Поведение урана в различных степенях окисления. Методы получения и свойства важнейших для технологии соединений урана.

Комплексные соединения урана и их применение в технологии. Химические аспекты построения технологических схем переработки урановых руд (на примере оксидных минералов) с получением обогащенного по U-235 диоксида урана.

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В академ. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>6</b>            | <b>216</b>      |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>2,2</b>          | <b>80</b>       |
| Лекции                                                 | 1,3                 | 48              |
| Практические занятия (ПЗ)                              | 0,9                 | 32              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>2,8</b>          | <b>100</b>      |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           | 2,8                 | 100             |
| <b>Виды контроля:</b>                                  |                     |                 |
| <b>Экзамен</b>                                         | <b>1</b>            | <b>36</b>       |
| Контактная работа – промежуточная аттестация           | 1                   | 0,4             |
| Подготовка к экзамену                                  |                     | 35,6            |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                         | <b>экзамен</b>      |                 |

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В астр. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>6</b>            | <b>162</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>2,2</b>          | <b>59,4</b>   |
| Лекции                                                 | 1,3                 | 35,1          |
| Практические занятия (ПЗ)                              | 0,9                 | 24,3          |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>2,8</b>          | <b>75,6</b>   |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           | 2,8                 | 75,6          |
| <b>Виды контроля:</b>                                  |                     |               |
| <b>Экзамен</b>                                         | <b>1</b>            | <b>27</b>     |
| Контактная работа – промежуточная аттестация           | 1                   | 0,3           |
| Подготовка к экзамену                                  |                     | 26,7          |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                         | <b>экзамен</b>      |               |

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Химия твердого тела в технологии редких элементов» (Б1.В.11)

##### 1. Цель дисциплины:

формирование у обучающихся углубленных знаний по химии твердого тела и кристаллохимии применительно к решению задач в области технологии материалов современной энергетики.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

обладать следующими

**Общепрофессиональными компетенциями (ОПК):**

способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1)

**Профессиональные компетенции (ПК):**

способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- основные понятия химии твердого тела, синтез и описание твердых тел и симметрии кристаллических структур;

– экспериментальные методы изучения кристаллических структур;

- связь между физическими свойствами и структурой твердых тел;

*Уметь:*

- составлять описание структуры и свойств веществ на основе данных современных методов исследования твердых тел;

- проводить литературный поиск, анализировать химическую информацию, выделяя основные проблемы из области химии твердого тела, предлагать пути их решения;

*Владеть:*

- навыками решения практических задач химии твердого тела из разделов: описание симметрии кристаллических структур, рентгенография, дефекты в твердых телах, реакционная способность твердых веществ и т.п.

**3. Краткое содержание дисциплины:**

3.1. Введение в химию твердого тела. Понятие о материалах. Твердые тела.

Материалы, их классификация. Кристаллические и аморфные тела. Химическая связь в твердых телах. Неорганические структуры.

3.2. Структура кристалла и пространственная решетка. Огранка кристалла. Основные законы

3.3. Кристаллические структуры твердых тел. Классы симметрии. Решетки Браве.

Симметрия. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Кристаллографические категории, сингонии. Формула симметрии. Описание классов симметрии. Форма кристаллов. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии. Основные типы структур. Политипия.

3.4. Дефекты структуры твердых тел. Изоморфизм.

Виды дефектов. Изоморфизм. Нестехиометрия. Соединения включения.

3.5. Поликристаллы. Методы исследования твердых тел.

Свойства порошков. Текстура. Керамика. Композиты. Методы исследования твердых тел. Рентгенофазовый анализ.

3.6. Аморфные тела, стекла, ситаллы

Характеристика аморфных тел. Методы получения. Критерии аморфизации. Модели структуры стекла.

3.7. Функциональные неорганические наноматериалы

Дисперсные системы. Наноматериалы. Покрытия и пленки. Нитевидные материалы. Пористые материалы.

**4. Объем учебной дисциплины**

| Виды учебной работы                                    | зачетных единиц | академ. часов |
|--------------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>2</b>        | <b>72</b>     |

|                                                |                     |           |
|------------------------------------------------|---------------------|-----------|
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,8</b>          | <b>32</b> |
| Лекции                                         | 0,4                 | 16        |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,4                 | 16        |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>            | <b>1,1</b>          | <b>40</b> |
| Контактная самостоятельная работа              | 1,1                 | 0,2       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |                     | 39,8      |
| <b>Вид итогового контроля</b>                  | <b><u>зачет</u></b> |           |

| Виды учебной работы                                    | зачетных единиц     | астроном. часов |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>2</b>            | <b>54</b>       |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>0,8</b>          | <b>24</b>       |
| Лекции                                                 | 0,4                 | 12              |
| Практические занятия (ПЗ)                              | 0,4                 | 12              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>1,1</b>          | <b>30</b>       |
| Контактная самостоятельная работа                      | 1,1                 | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           |                     | 28,5            |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                         | <b><u>зачет</u></b> |                 |

**Аннотация рабочей программы дисциплины**  
**«Методы физико-химического анализа в технологии редких металлов» (Б1.В.12)**

**1. Цель дисциплины:**

формирование практических навыков использования современных химических, физико-химических и физических методов аналитического контроля технологических процессов в производстве редких металлов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими компетенциями

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);

- способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10);

- способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способностью формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12).

**Профессионально-специализированные компетенции (ПСК):**

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- особенности химии и аналитического определения редких и рассеянных элементов;

- основные принципы физико-химических и физических методов аналитического контроля в производстве веществ редких элементов.

- особенности предварительной подготовки проб для надежного обеспечения аналитического контроля;
- принципы организации аналитического контроля в производстве веществ редких элементов.

*Уметь:*

- определять содержание различных редких элементов в разных образцах;
- грамотно организовать аналитический контроль технологических процессов в производстве редких элементов.

*Владеть:*

- методами проведения эксперимента с применением современной научной аппаратуры, анализа и обработки результатов эксперимента.

### 3. Краткое содержание дисциплины:

3.1. Введение. Основные понятия аналитического контроля. Объекты анализа, особенности переработки и аналитического контроля производств в технологии редких и рассеянных элементов. Стадии аналитического контроля, отбор пробы, подготовка пробы, измерение, обработка результатов. Особенности отбора проб твердых, жидких и газообразных образцов.

3.2. Спектрофотометрическое определение празеодима и неодима в смеси.

3.3. Спектрофотометрическое определение индивидуальных РЗЭ в смеси по спектрам собственного поглощения.

3.4. Комплексонометрическое определение суммы циркония и гафния.

Изучение влияния состава раствора на погрешности определения. Спектрофотометрическое титрование.

3.5. Определение примесей натрия и калия в оксидах РЗЭ пламенной фотометрией.

3.6. Анализ тетрафторида урана

Радиометрическое определение урана. Титриметрическое определение валентных форм урана.

3.7. Определение примеси железа в оксидах РЗЭ.

3.8. Кондуктометрическое определение содержания лантана в растворах.

3.9. Изучение влияния процессов комплексообразования на потенциометрическое определение ионов фтора с ионоселективным электродом.

3.10. Зачетная работа

### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В академ. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>5</b>            | <b>180</b>      |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>2,2</b>          | <b>80</b>       |
| Лекции                                                 | -                   | -               |
| Практические занятия (ПЗ)                              | -                   | -               |
| Лабораторные занятия                                   | 2,2                 | 80              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>2,8</b>          | <b>100</b>      |
| Контактная самостоятельная работа                      | 2,8                 | 0,2             |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           |                     | 98,8            |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                         | <b>зачет</b>        |                 |

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В астроном. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>5</b>            | <b>135</b>        |

|                                                |              |             |
|------------------------------------------------|--------------|-------------|
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>2,2</b>   | <b>59,4</b> |
| Лекции                                         | -            | -           |
| Практические занятия (ПЗ)                      | -            | -           |
| Лабораторные занятия                           | 2,2          | 59,4        |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>            | <b>2,8</b>   | <b>75,6</b> |
| Контактная самостоятельная работа              | 2,8          | 0,15        |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |              | 75,45       |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                 | <b>зачет</b> |             |

### Аннотация рабочей программы дисциплины Химия и технология редких металлов и урана (Б1.В.13)

#### 1. Цель дисциплины:

формирование практических навыков в области выделения, очистки и разделения редких элементов и урана.

#### 2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:

обладать следующими

##### Профессиональные компетенции:

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);
- способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);
- способностью проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные (ПК-6);
- способность обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения (ПК-7);
- готовность использовать действующие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности (ПК-8);
- способность представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способностью формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12).

##### Профессионально-специализированные компетенции (ПСК):

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1);
- способность осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО (ПСК-1.2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- правила техники безопасности при работе с редкими и радиоактивными элементами;
- основные методы количественного анализа циркония, РЗЭ и урана;
- методы вскрытия минералов и соединений редких элементов и урана;

- способы и факторы интенсификации процессов выщелачивания редких элементов из руд и продуктов их обогащения;
- основные методы выделения, концентрирования и разделения редких элементов;
- основные методы получения индивидуальных соединений редких элементов и урана.

*Уметь:*

- проводить вскрытие минералов и соединений редких элементов и урана,
- проводить выделение, концентрирование и разделение редких металлов;
- проводить критический анализ получаемых результатов, проводить их обработку и составлять отчет о проделанной работе.

*Владеть:*

- методологией проведения процессов выщелачивания, жидкостной экстракции, сорбции, рекстракции и десорбции редких элементов;
- навыками приготовления водных растворов сложного солевого состава содержащих редкие металлы и уран;
- навыками приготовления и подготовки органических растворов экстрагентов для экстракции редких элементов и урана;
- навыками подготовки сорбентов различных классов для сорбции редких элементов и урана;
- навыками спектрофотометрического, титриметрического и гравиметрического определения редких металлов и урана в жидких фазах после выщелачивания, экстракции и сорбции;
- навыками расчета основных параметров процессов выщелачивания, жидкостной экстракции и сорбции.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

3.1. Введение. Порядок выполнения лабораторных работ и требования к составлению отчета.

3.2. Техника безопасности. Общие правила работы. Основные правила безопасности при работе в химической лаборатории. Первая помощь.

3.3. Аналитические характеристики. правильность, воспроизводимость, чувствительность, предел обнаружения и стандартное отклонение аналитических измерений.

3.4. Химические методы количественного анализа редких элементов. Гравиметрический (весовой) анализ. Весовое определение лантана. Весовое определение циркония. Титриметрический (объемный) анализ. Определение концентрации редкоземельных металлов методом комплексонометрического титрования. Определение концентрации урана методом феррофосфатно-ванадатного титрования. Спектрофотометрический анализ. Определение циркония с пирокатехиновым фиолетовым. Определение концентрации редких металлов с Арсеназо III. Определение железа(III) в виде дисалицилата.

3.5. Процессы выщелачивания. Вскрытие эвдиалита серной кислотой. Влияние времени выщелачивания на степень извлечения урана из руд. Вскрытие цирконового спекса серной кислотой.

3.6. Жидкостная экстракция. Изучение кинетики экстракции с помощью диффузионной ячейки с перемешиванием. Получение изотермы экстракции циркония в трибутилфосфат. Изучение условий образования третьей фазы при экстракции аминами. Анодное окисление нитрата церия(III) в нитрат церия(IV). Расчёт противоточного экстракционного каскада.

3.7. Сорбционные процессы. Ионообменное разделение редкоземельных элементов (РЗЭ). Сравнение сорбции урана при использовании катионита и анионита. Использование сорбента ТВЭКС-ТБФ для извлечения урана. Сравнение сорбентов

ТВЭКС-ТБФ и АВ-17 для извлечения циркония. Разделение циркония и гафния методом обратнофазной хроматографии на бумаге.

3.8. Получение тетрафторида урана из сернокислых растворов.

3.9. Электролитическое получение металлического лития.

3.10. Металлотермическое восстановление ванадия.

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В акад. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>5</b>            | <b>180</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>2,2</b>          | <b>80</b>     |
| Лекции                                                 | -                   | -             |
| Практические занятия (ПЗ)                              | -                   | -             |
| Лабораторные занятия                                   | 2,2                 | 80            |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>2,8</b>          | <b>100</b>    |
| Контактная самостоятельная работа                      | 2,8                 | 0,2           |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           |                     | 98,8          |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                         | <b>зачет</b>        |               |

| Виды учебной работы                                    | В зачетных единицах | В астр. часах |
|--------------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b> | <b>5</b>            | <b>135</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>         | <b>2,2</b>          | <b>59,4</b>   |
| Лекции                                                 | -                   | -             |
| Практические занятия (ПЗ)                              | -                   | -             |
| Лабораторные занятия                                   | 2,2                 | 59,4          |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                    | <b>2,8</b>          | <b>75,6</b>   |
| Контактная самостоятельная работа                      | 2,8                 | 0,15          |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины           |                     | 75,45         |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                         | <b>зачет</b>        |               |

### Аннотация рабочей программы дисциплины Проектирование производств редких металлов (Б1.В.14)

#### 1. Цель дисциплины:

формирование у обучающихся компетенций в области проектирования производств редких металлов с учетом специфики отрасли и нормативно-правовой базы.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать следующими*

#### **Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность управлять действующими технологическими процессами, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка (ПК-15);
- способность к проведению анализа технических заданий на проектирование и проектов с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства (ПК-18);

- способность к проведению патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений (ПК-19);
- способность к разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ (ПК-20);
- способностью использовать средства автоматизации при подготовке проектной документации (ПК-21).

#### **Профессионально-специализированные компетенции (ПСК):**

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*Знать:*

алгоритм и специфику проектирования производств редких металлов;  
основные нормативные документы при проектировании производств редких металлов в Российской Федерации;  
современные требования к технологическим схемам, алгоритм выбора оптимального варианта схемы и оборудования;  
элементы строительного проектирования (принципы расположения оборудования и установок, способы их монтажа и демонтажа и т.д.); способы внутрицеховой транспортировки сырья, вспомогательных материалов, отходов и готовых продуктов;  
организацию контроля качества исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов;  
систему контроля сбросов, выбросов, состояния окружающей природной среды на предприятии, в санитарно-защитной зоне и на селитебной территории, мероприятия по технике безопасности и промсанитарии.

*Уметь:*

- проводить сопоставительный анализ различных вариантов технологических схем и выбирать оптимальный;
- критически оценивать принятые технологические (технические) решения на основе самостоятельной работы с технической и справочной литературой и выполнения аналитических, расчетных и графических работ;
- составлять материальный и энергетический балансы; производить расчеты основных аппаратов.

*Владеть:*

- навыками аналитического осмысления и критической оценки принятых технологических (технических) решений;
- навыками выполнения аналитических, расчетных и графических работ при проектировании производства редких элементов;
- навыками выбора основного и вспомогательного технологического оборудования.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **3.1. Введение**

Задачи курса. Организационная структура отрасли. Основные понятия, термины. Генеральный проектировщик. Структура проектного института. Функции технолога-проектировщика.

3.2. Этапы и стадии проектирования. Алгоритм современного проектирования в РФ. Специфика предпроектной стадии проектирования производств редких металлов. Основные документы.

3.3. Алгоритм разработки, согласования и утверждения Обоснований инвестиций (ОБИН). Договор, Задание на разработку ОБИН.

3.4. Исходные данные на проектирование. Нормативные и регламентирующие документы.

3.5. Задание на проектирование объектов производственного назначения. Состав и содержание Проекта.

3.6. Главный инженер проекта: функции, задачи, обязанности, права. Состав, содержание Рабочей документации и части «Технологические решения».

3.7. Специальные разделы проектирования промышленных предприятий (отопление, вентиляция, водоснабжение, канализация).

3.8. Загрязнение окружающей среды (литосферы, атмосферы, гидросферы) промышленными предприятиями и защита от загрязнений.

3.9. Типы промышленных зданий; инженерные сооружения. Условия противопожарной безопасности и взрывоопасности зданий.

3.10. Курсовое проектирование. Требования к содержанию и оформлению курсовому проекту. Раздел: Технологическая часть.

3.11. Выбор и характеристика основного и вспомогательного оборудования. Методы и алгоритм расчета (конструирования) основного аппарата.

3.12. КИП, автоматизация, механизация технологических процессов. Организация контроля качества продукции. Классификация производства. Техника безопасности и охрана труда.

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                            | Всего       |             |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                | ЗЕ          | Акад. часов |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>2,0</b>  | <b>72</b>   |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,89</b> | <b>32</b>   |
| Лекции                                         | 0,445       | 16          |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,445       | 16          |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>1,11</b> | <b>40</b>   |
| Контактная самостоятельная работа              | 1,11        | 0,4         |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |             | 15,6        |
| Выполнение курсового проекта                   |             | 24          |
| <b>Виды контроля:</b>                          |             |             |
| зачет                                          | +           | +           |
| <b>Курсовой проект – зачет с оценкой</b>       | +           | +           |

| Виды учебной работы                            | Всего       |             |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                | ЗЕ          | Астр. часов |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>2,0</b>  | <b>54</b>   |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>0,89</b> | <b>24</b>   |
| Лекции                                         | 0,445       | 12          |
| Практические занятия (ПЗ)                      | 0,445       | 12          |
| <b>Самостоятельная работа</b>                  | <b>1,11</b> | <b>30</b>   |
| Контактная самостоятельная работа              | 1,11        | 0,3         |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины   |             | 11,7        |
| Выполнение курсового проекта                   |             | 18          |
| <b>Виды контроля:</b>                          |             |             |

|                                   |   |   |
|-----------------------------------|---|---|
| зачет                             | + | + |
| Курсовой проект – зачет с оценкой | + | + |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Экстракция в технологии редких металлов» (Б1.В.ДВ.05.01)**

**1. Цель дисциплины:** углубленное изучение основ экстракционного способа извлечения элементов из водного раствора в органический, содержащий экстрагент, с целью концентрирования целевого компонента или разделения близких по свойствам элементов, широко применяемых в современной гидрометаллургии редких металлов и в технологии радиохимической переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

**обладать следующими компетенциями:**

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3)

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные положения термодинамики экстракции и параметры, описывающие экстракционное равновесие;
- основные положения кинетики экстракции металлов и пути интенсификации скорости экстракционного массопереноса;
- состав и строение экстрагентов кислотного, нейтрального и основного типа, механизмы извлечения металлов в органическую фазу, влияние состава и строения на экстракционную способность и возможность реэкстракции;
- состав смесей экстрагентов для получения синергетного эффекта;
- возможности супрамолекулярных экстрагентов для извлечения и разделения редких металлов;
- основные требования к экстрагентам и разбавителям в технологии редких металлов;
- варианты выполнения экстракционного процесса;

**уметь:**

- подобрать подходящий экстрагент для извлечения и концентрирования целевого редкого металла (или разделения смеси редких металлов) из водного раствора конкретного состава;
- проводить сравнение известных и вновь синтезированных экстрагентов и давать компетентную оценку их преимуществам и недостаткам;
- установить механизм экстракции редкого металла при использовании ранее не изученных экстракционных систем и предложить условия реэкстракции;
- находить оптимальные варианты и условия проведения экстракционных процессов с целью исключения появления межфазных образований;

**владеть:**

- методами расчета термодинамических и кинетических параметров экстракционного процесса;
- методами установления состава синергетных комплексов при экстракции смесью экстрагентов;
- навыками практического применения знаний об извлечении редких металлов экстракционными методами.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Термодинамика экстракции.**

Жидкостная экстракция. Отличие извлечения неорганических соединений в органическую фазу от органических. Термодинамика экстракции. Правило фаз. Установление равновесия при выравнивании химических потенциалов. Отличие экстракции электролитов от экстракции неэлектролитов. Различные виды изотермы экстракции. Графическое и математическое изображение изотермы. Объяснение S-образности начального участка изотермы при графическом изображении.

Коэффициенты распределения и разделения элементов. Степень извлечения. Закон действующих масс при экстракции с химической реакцией взаимодействия с экстрагентом. Константы равновесия: термодинамическая, эффективная и концентрационная.

Высаливание при экстракции и его причины. Метод разбавления как способ определения химизма экстракционного процесса. Определение величины pH полуэкстракции.

#### **Раздел 2. Кинетика экстракции.**

Кинетика экстракции. Двухпленочная теория Нернста-Льюиса—Уитмена.  $\beta$  коэффициент массопередачи. Аддитивность фазовых сопротивлений. Условия правомерности двухпленочной теории. Влияние размера капель экстракционной эмульсии на массопередачу. Определение коэффициента массопередачи экспериментальным путем. Процессы, происходящие на границе раздела фаз.

Состояние неорганических веществ на границе раздела фаз. Структурно-механический барьер на границе раздела фаз и его влияние на ход кинетической кривой. Роль поверхностно-активных веществ (ПАВ) в экстракционных процессах. Расчет параметра упаковки. Мицеллярная экстракция.

#### **Раздел 3. Экстрагенты различной природы.**

Классификация экстрагентов. Экстрагенты кислотного типа. Карбоновые, фосфорорганические и фосфонитрильные кислоты. Их структуры и ионообменные группы. Механизм экстракции кислыми экстрагентами. Влияние состава на экстракционную способность. Закон действующих масс применительно к экстрагентам кислотного типа. Возможность димеризации кислых экстрагентов. Тетрадный эффект при экстракции РЗЭ. Резэкстракция металлов из органической фазы. Хелатирующие реагенты.  $\beta$ -дикетоны. Кето-енольная перегруппировка. Оксиоксиды. Причины повышенной устойчивости хелатных соединений.

Нейтральные экстрагенты. Их структуры и функциональные группы. Карбонильные и фосфорильные экстрагенты. Сульфоксиды. N-окиси. Нейтральные фосфорорганические соединения (НФОС). Экстракция неорганических кислот и металлов. Сольватный механизм экстракции. Сольватное число. Установление величины сольватного числа. Влияние состава НФОС на экстракционную способность. Эффект аномального арильного упрочнения. Закон действующих масс применительно к НФОС. Резэкстракция металлов из НФОС.

Экстрагенты-основания. Первичные, вторичные и третичные амины. Механизм экстракции кислот и металлов. Ассоциация солей аминов в органической фазе. Условия появления «третьей фазы». Четвертичные аммониевые основания и их соли. Механизм

экстракции металлов. Реакции присоединения и замещения. Особенности состояния органических солей металлов при экстракции четвертичными аммониевыми солями. Реэкстракция.

#### **Раздел 4. Экстракция смесями экстрагентов. Супрамолекулярные экстрагенты.**

Экстракция смесями экстрагентов. Бинарные экстрагенты. Реакции их получения. Механизм экстракции и реэкстракции бинарными экстрагентами. Возможность извлечения из кислых, солевых и щелочных растворов. Реакции экстракции и реэкстракции металлов. Синергетный и антагонистический эффект при экстракции металлов смесями экстрагентов. Причины синергетного и антагонистического эффекта. Смеси экстрагентов, дающие максимальный синергетный эффект. Синергетный эффект при добавке нейтральных экстрагентов к солям четвертичных аммониевых оснований. Методы определения состава синергетных соединений. Бифункциональные экстрагенты. Карбамоилфосфиноксиды.

Супрамолекулярные экстрагенты. Краун-эфиры и криптанды. Механизм извлечения металлов в краун-эфиры. Реакция «гость – хозяин». Влияние величины полости краун-эфира на селективность. Примеры краун-эфиров для извлечения определенных металлов. Разделение изотопов с применением краун-эфиров. Достоинства и недостатки краун-эфиров. Роль краун-эфиров в экстракции анионов. Поданды. Сравнение подандов и краун-эфиров. Каликсарены.

#### **Раздел 5. Требования к экстрагентам. Экстракция из многокомпонентных растворов.**

Требования, предъявляемые к экстрагенту в технологии: экстракционная способность, селективность, физические свойства (плотность), стоимость, минимальная токсичность, отсюда – величина растворимости в водной фазе, химическая и гидролитическая устойчивость. Примеры экстрагентов, широко применяемых в технологии.

Разбавители экстрагентов. Требования к их свойствам. Коллоидно-химические аспекты экстракционных процессов. Возможность появления «третьей фазы». Отличие «третьей фазы» от появляющихся на границе раздела фаз межфазных образований. Модификаторы.

Экстракция из многокомпонентных растворов. Влияние природы фоновой минеральной кислоты на селективность экстрагентов. Влияние концентрации фоновой кислоты на извлечение металлов. Экстракция из растворов, многокомпонентных по металлу. Условия и причины увеличения экстрагируемости одного из компонентов или ее подавления в результате наличия другого металла.

#### **Раздел 6. Различные варианты выполнения экстракционного извлечения.**

Экстракция металлов в условиях отличия от наиболее распространенной двухфазной системы «водный раствор солей металла – органический раствор экстрагента». ТВЭКсы и импрегнаты. Экстракция в множественные эмульсии. Пертрактор. Концентрирование целевого элемента в результате транспортной реакции при переносе через твердую мембрану, содержащую растворенный экстрагент, в фазу, содержащую реэкстрагирующий реагент. Сверхкритическая флюидная экстракция.

#### **4. Объем учебной дисциплины**

| Виды учебной работы                  | 10 семестр  |                 |
|--------------------------------------|-------------|-----------------|
|                                      | В зач.ед.   | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b> | <b>2</b>    | <b>72</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>       | <b>1,88</b> | <b>32</b>       |

|                                              |                     |           |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------|
| Лекции                                       | 0,44                | 16        |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ)      | 0,44                | 16        |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>         | <b>40</b> |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12                | 0,2       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |                     | 39,8      |
| <b>Вид контроля: зачет</b>                   |                     | +         |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b><u>зачет</u></b> |           |

| Виды учебной работы                          | 10 семестр   |                 |
|----------------------------------------------|--------------|-----------------|
|                                              | В зач.ед.    | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>         | <b>2</b>     | <b>54</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>               | <b>1,88</b>  | <b>24</b>       |
| Лекции                                       | 0,44         | 12              |
| Практические занятия (ПЗ)                    | 0,44         | 12              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>  | <b>30</b>       |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12         | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 29,85           |
| <b>Вид контроля : зачет</b>                  |              | +               |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b>зачет</b> |                 |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Нетрадиционная переработка редкометалльного сырья» (Б1.В.ДВ.05.02)**

**1. Цель дисциплины:**

формирование у обучающихся теоретической базы знаний в области возможностей механической активации (МА) как метода совершенствования существующих и создания принципиально иных схем переработки минерального редкометалльного сырья.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать* следующими

**Общепрофессиональными компетенциями (ОПК):**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3).

В результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- алгоритм и специфику организации схем механической активации и механохимической переработки редкометалльного сырья;
- факторы, влияющие на эффективность механического воздействия на кристаллическую структуру веществ;

- методы изучения структуры активированного твердого тела ;
  - современное измельчительное оборудование и реализуемый в нем вид механического воздействия;
  - взаимосвязь между типом механического воздействия и изменениями в кристаллической структуре в зависимости от типа кристаллической решетки минерала ;
- уметь:*

- проводить поиск научно-технической и патентной литературы по интенсификации процессов разложения редкометалльного сырья с помощью механической активации;
- обосновать выбор и режимы работы измельчительного оборудования для механической (механохимической) активации минерала с учетом его кристаллической структуры;
- интерпретировать результаты РФА, ДТА и др. методов, используемых для анализа изменений в кристаллической структуре под действием механической активации.

*владеть:*

- навыками интерпретации результатов анализа кристаллической структуры редкометалльного сырья;
- навыками практического применения знаний о применении механической активации для интенсификации методов разложения, выщелачивания редкометалльного сырья, а также о возможностях механохимического синтеза соединений редких металлов.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **Раздел 1. Основные понятия и общие положения механической и механохимической активации твердых тел. Методы исследования активированных минералов**

1.1. Теория механохимических процессов. Структурные изменения кристаллических тел под действием механической активации.

Общие вопросы механической активации (МА) твердых тел. Термины «грубое», «среднее», «тонкое» и «сверхтонкое» измельчение. Повышение реакционной способности веществ в зависимости от характера (режима) воздействия рабочих тел – истирающий, вихревой, ударный и т.д. (типа аппарата-измельчителя). Понятия механическая активация и механохимическая активация. Химическая связь в твердых телах. Средний размер частиц, удельная поверхность. Размеры кристаллитов (области когерентного рассеяния, блоки мозаики), микродеформации кристаллической решетки. Эффект Хэдвалла. Теория механохимических процессов. Модели активации (статистическая, динамическая и др.), модели распределения (оценки) энергии, накопленной твердым телом при механической активации.

Структурные изменения кристаллических тел под действием МА. «Сухое» и «мокрое» измельчение. Влияние отношения массы рабочих тел к массе обрабатываемого материала; материал, геометрия рабочих тел и др. факторы.

1.2. Эффективность различного типа аппаратов и режимов измельчения.

Конструктивные особенности наиболее распространенных аппаратов-измельчителей (мельницы: барабанные, трубные, вибрационные трубные, планетарные, кольцевые стирающие, дезинтегратор, атриттор, линейный индукционный вращатель и др.). Энергетический принцип классификации аппаратов. Влияние способа разрушения на физико-химическое состояние кристаллических веществ с близкими величинами удельной поверхности при измельчении в аппаратах различных типов (на примере кварцевого песка). Факторы, влияющие на эффективность механического воздействия в различных мельницах (работы Ходакова и Хеегна).

1.3. Прямые и косвенные методы исследования активированных минералов.

Прямые методы исследования активированных твердых веществ: прямые (калориметрические измерения, РФА, ДТА, ЭПР, ИК-, мессбауэровская спектроскопия и

др.). Косвенные методы исследования активированных твердых веществ (кинетика взаимодействия исходных и активированных при различных режимах механической обработки твердых тел с реагентами).

## **Раздел 2. Применение механической активации в процессах разложения минералов и выщелачивания твердой фазы.**

2.1 Применение механической активации в процессах разложения цирконового концентрата.

Влияние режимов «сухого» и «мокрого» измельчения (активации) в центробежной планетарной мельнице (ЦПМ) шихты цирконового концентрата с карбонатом кальция на степень разложения циркона при спекании.

Влияние предварительной механической активации цирконового концентрата на разложение его спеканием с гексафторосиликатом калия.

2.2 Применение механической активации в процессах сульфатизации редкометалльного сырья.

Влияние типа активатора (ЭИ-2, АГО-2) на структурные изменения бадделеита и его реакционную способность при сульфатизации. Интенсификация процесса.

Влияние условий МА в активаторе ЭИ-2 на повышение реакционной способности тантало-ниобатов (пироклор, танталит, колумбит, воджинит) в процессе их сульфатизации.

Влияние МА на реакционную способность слоистых силикатов (на примере лепидолита) при сульфатизации.

2.3. Применение механической активации в процессах выщелачивания редкометалльного сырья.

Влияние МА на реакционную способность по отношению к минеральным кислотам цирконосиликатов с разным типом кристаллической структуры (на примере островного силиката циркона и слоистого цирконосиликата эвдиалита).

Влияние типа аппарата и условий МА на кристаллическую структуру берилла его и реакционную способность по отношению к серной кислоте и вольфрамит-шеелитовых концентратов при автоклавно-содовом выщелачивании.

Сольвометаллургические варианты переработки механоактивированного редкометалльного минерального и техногенного сырья (эвдиалит, колумбит, отработанные катализаторы).

## **Раздел 3. Механохимические реакции в неорганических системах.**

Механохимические (МХ) методы переработки редкометалльного сырья (извлечение РЗЭ из бастнезита; вольфрама из механохимически модифицированного вольфрамита; извлечение компонентов иттрий-алюминиевого граната из отходов производства). Механохимический синтез соединений редких металлов.

## **4. Объем учебной дисциплины**

| Виды учебной работы                     | 10 семестр  |                 |
|-----------------------------------------|-------------|-----------------|
|                                         | В зач.ед.   | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>    | <b>2</b>    | <b>72</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>          | <b>1,88</b> | <b>32</b>       |
| Лекции                                  | 0,44        | 16              |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ) | 0,44        | 16              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>     | <b>1,12</b> | <b>40</b>       |

|                                              |              |      |
|----------------------------------------------|--------------|------|
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12         | 0,2  |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 39,8 |
| <b>Вид контроля: зачет</b>                   |              | +    |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b>зачет</b> |      |

| Виды учебной работы                          | 10 семестр   |                 |
|----------------------------------------------|--------------|-----------------|
|                                              | В зач.ед.    | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>         | <b>2</b>     | <b>54</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>               | <b>1,88</b>  | <b>24</b>       |
| Лекции                                       | 0,44         | 12              |
| Практические занятия (ПЗ)                    | 0,44         | 12              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>  | <b>30</b>       |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12         | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 29,85           |
| <b>Вид контроля : зачет</b>                  |              | +               |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b>зачет</b> |                 |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Математическое моделирование экстракционных равновесий»  
(Б1.В.ДВ.05.4)**

**1. Цель дисциплины:** приобретение обучающимися знаний по основам математического моделирования экстракционных процессов с использованием современных представлений о термодинамике химической системы, а также о физико-химии экстракционных процессов, базирующейся на современных теориях растворов и последних достижениях физической химии по определению и расчету термодинамической активности компонентов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

**обладать следующими компетенциями:**

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3)

**В результате изучения дисциплины выпускник должен:**

*Знать:*

- термодинамику водных растворов электролитов и неводных растворов экстракционных систем;
- методы определения термодинамических параметров экстракционных систем;
- методы определения состава экстрагируемых соединений;
- основные механизмы экстракционных процессов и описывающие их 3ДМ уравнения;

- методы расчета свойств экстракционной системы на основе параметров математического моделирования экстракционных равновесий;
- программное обеспечение для расчета термодинамических характеристик растворов электролитов и математического моделирования экстракционных равновесий в системах с редкими металлами.;
- процедуру использования полученных расчетным путем параметров экстракционной системы для технологических расчетов в производственных экстракционных процессах.

*Уметь:*

- осуществлять поиск информации по методам моделирования экстракционных равновесий;
- применять полученные знания для моделирования экстракционных равновесий в изучаемых экстракционных системах, проводить анализ и обработку полученных экспериментальных данных с приборов, оборудования и экспериментальных установок;
- проводить необходимые физико-химические расчеты с использованием математического аппарата, заложенного в программное обеспечение
- применять данные математического моделирования экстракционных равновесий с редкими, рассеянными и радиоактивными элементами для совершенствования их экстракционной технологии.

*Владеть:*

- навыками поиска и нахождения научно-технической информации в области химии, физической химии, технологии и инженерного обеспечения экстракции редких металлов;
- навыками работы с программным обеспечением для математического моделирования экстракционных равновесий в системах с редкими металлами;
- навыками анализа результатов моделирования, на основании которого проводится определение состава наиболее вероятных экстрагируемых соединений;
- навыками анализа основных технических и технологических решений при описании известных и разработке новых экстракционных равновесий в системах с редкими металлами.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **Раздел 1. Термодинамика экстракции.**

##### **1.1. Фазовые и химические равновесия.**

Правило фаз. Константа распределения. Константа экстракции. Термодинамическая активность. Коэффициент активности. Уравнение Дебая-Хюккеля и его приближения. Термодинамическая и концентрационная константа экстракции.

##### **1.2. Термодинамика водных и неводных растворов электролитов.**

Термодинамическая активность электролитов в водных растворах. Бинарные растворы. Осмотический коэффициент. Многокомпонентные растворы. Уравнение Гиббса-Дюгема. Правило Микулина. Теория изопиестических растворов Фролова.

Отклонения от идеальности в неводных растворах. Регулярные растворы. Решеточные растворы. Эмпирические параметры полярности растворителей.. Ассоциация в органической фазе. Гидратация компонентов в органической фазе. Концентрационные коэффициенты активности. Влияние гидратации на коэффициенты активности.

##### **1.3. Определение состава соединений в органической фазе.**

Сольватные числа. Метод насыщения. Криоскопический метод. Метод сдвига равновесия. Метод изомолярных серий. Степень гидратации. Расчет линейных и нелинейных изотерм гидратации и соответствующих им степеней гидратации.

## **Раздел 2. Математическое моделирование изотерм экстракции.**

### **2.1. Физическое распределение.**

Уравнение ЗДМ для термодинамической константы распределения. Вывод уравнения ЗДМ с учетом гидратации компонентов органической фазы. Расчет термодинамической и концентрационной констант распределения для экстракции по механизму физического распределения.

2.2. Экстракция по механизмам присоединения, анионного и катионного обмена. Экстракция нескольких соединений по различным механизмам.

Экстракция по механизмам присоединения. Сольватный и гидратно-сольватный механизмы экстракции. Уравнения ЗДМ для термодинамической константы экстракции по механизмам присоединения. Вывод уравнений ЗДМ с учетом гидратации компонентов органической фазы для экстракции по механизмам присоединения.

Экстракция по механизмам анионного и катионного обмена.. Анионообменный механизм экстракции. Уравнение ЗДМ для термодинамической константы анионообменной экстракции. Вывод уравнения ЗДМ с учетом гидратации компонентов органической фазы для экстракции по механизму анионного обмена. Катионообменный механизм экстракции. Уравнение ЗДМ для термодинамической константы катионообменной экстракции. Вывод уравнения ЗДМ с учетом гидратации компонентов органической фазы для экстракции по механизму катионного обмена.

Экстракция нескольких соединений по различным механизмам. Физико-химический анализ экстракционных систем при экстракции нескольких соединений распределяемого компонента. Уравнения ЗДМ для экстракции нескольких соединений по различным механизмам.

2.3. Синергетная экстракция редких, рассеянных и радиоактивных металлов смесями двух экстрагентов.

Механизмы синергетной экстракции. Уравнения ЗДМ для термодинамической константы синергетной экстракции одного компонента смесью двух экстрагентов. Вывод системы уравнений для расчета термодинамических констант синергетной экстракции соединений различного состава одного распределяемого компонента в смеси двух экстрагентов с учетом гидратации компонентов органической фазы.

## **Раздел 3. Программное обеспечение для математического моделирования экстракционных равновесий**

Программное обеспечение для расчета коэффициентов активности компонентов бинарных растворов и активности воды «APREL»

Программное обеспечение для расчета плотности многокомпонентных водных растворов электролитов по данным об их бинарных растворах «ПЛОТНОСТЬ».

Программное обеспечение для расчета коэффициентов активности электролитов в многокомпонентных смешанных водных растворах и активности воды на основе закона Здановского, программа «ZDAN».

Программное обеспечение для моделирования изотермы экстракции одного распределяемого компонента в органический раствор одного экстрагента «EXTREQ».

Программное обеспечение для моделирования изотермы экстракции одного распределяемого компонента в органический раствор смеси двух экстрагентов «EXTREQ-2».

## **4. Объем учебной дисциплины**

| Виды учебной работы | 10 семестр |           |
|---------------------|------------|-----------|
|                     | В зач.ед.  | В академ. |

|                                              |                     |           |
|----------------------------------------------|---------------------|-----------|
|                                              |                     | часах     |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>         | <b>2</b>            | <b>72</b> |
| <b>Контактная работа (КР):</b>               | <b>1,88</b>         | <b>32</b> |
| Лекции                                       | 0,44                | 16        |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ)      | 0,44                | 16        |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>         | <b>40</b> |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12                | 0,2       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |                     | 39,8      |
| <b>Вид контроля: зачет</b>                   |                     | +         |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b><u>зачет</u></b> |           |

| Виды учебной работы                          | 10 семестр   |                 |
|----------------------------------------------|--------------|-----------------|
|                                              | В зач.ед.    | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>         | <b>2</b>     | <b>54</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>               | <b>1,88</b>  | <b>24</b>       |
| Лекции                                       | 0,44         | 12              |
| Практические занятия (ПЗ)                    | 0,44         | 12              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>  | <b>30</b>       |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12         | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 29,85           |
| <b>Вид контроля : зачет</b>                  |              | +               |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b>зачет</b> |                 |

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Сорбционные процессы в технологии редких элементов»  
(Б1.В.ДВ.05.05)**

**1. Цель дисциплины:** сформировать у будущего специалиста достаточно полное представление о сорбционных процессах производств редких элементов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать следующими компетенциями:*

**Общепрофессиональные компетенции:**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1).

**Профессиональные компетенции:**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);

- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3).

**В результате изучения дисциплины выпускник должен:**

*Знать:*

- сорбционные процессы, используемые для проведения гидрометаллургических производств материалов современной энергетики;
- принципы выбора сорбента для конкретного технологического процесса;

*Уметь:*

- осуществить выбор селективного сорбента для конкретного технологического процесса в технологии редких элементов;
- определить равновесные, кинетические и динамические характеристики сорбента, используемого для извлечения, концентрирования и разделения редких элементов;

*Владеть:*

- навыками использования инженерных методов расчета типовых сорбционных процессов, используемых в технологии редких элементов;
- навыками выбора сорбента и его характеристик, необходимых для составления исходных данных при проектировании сорбционных процессов.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

Раздел 1. Сорбционные процессы в гидрометаллургии редких элементов, переработке ОЯТ и очистке радиоактивных отходов

Место сорбционных процессов в гидрометаллургии редких элементов. Сорбция из урановых растворов и пульп. Сорбция благородных металлов на активированных углях и синтетических ионообменниках. Разделение редкоземельных металлов. Сорбция в технологии переработки отработавшего топлива. Сорбционная очистка радиоактивных отходов. Раздел 2. Получение и свойства сорбентов

2.1. Основные типы сорбентов. Классификация сорбентов. Активированные угли.

Получение активированных углей. Типы и свойства активированных углей. Применение углей в технологии редких элементов. Регенерация активированных углей.

2.2. Волокнистые иониты.

Основные типы волокнистых ионитов. Получение волокон. Свойства ионообменных волокон. Углеродные волокна. Модифицирование углеродных волокон. Основные области применения в технологии редких элементов.

2.3. Иониты. Минеральные иониты. Синтетические неорганические иониты. Смолы. Катиониты, аниониты. Амфотерные иониты. Специфические сорбенты. Иониты 1 и 2 рода. Типы фиксированных групп в ионитах. Обменная емкость ионитов. Методы определения. Значения  $pK$  активных групп в ионитах. Пористость, влагоемкость, набухаемость ионитов. Методы синтеза ионитов. Полимеризация и поликонденсация мономеров, содержащих ионогенные группы. Основные типы отечественных и зарубежных ионитов, их строение. Методы исследования структуры ионитов.

Раздел 3. Теоретические основы ионообменных процессов

3.1. Ионообменное равновесие.

Ионный обмен как мембранное равновесие. Ионный обмен как гетерогенная химическая реакция. Эквивалентность ионного обмена. Изотерма сорбции. Коэффициенты распределения. Коэффициенты разделения. Константы равновесия. Термодинамическая константа ионного обмена. Уравнение Никольского. Концентрационная и кажущаяся константы ионного обмена. Доннановский потенциал. Селективность и специфичность ионитов. Ряды селективности. Расчет ионообменных равновесий.

3.2. Кинетика ионообменных процессов.

Ионный обмен с точки зрения кинетики гетерогенных процессов. Диффузионный поток и движущие силы диффузии. Стадии, определяющие скорость ионного обмена. Внешнедиффузионная кинетика. Кинетика диффузии внутри зерна ионита (гелевая кинетика). Химическая кинетика при ионном обмене. Методы распознавания лимитирующей стадии кинетики. Уравнения, описывающие гелевую, внешнедиффузионную и смешанную кинетику. Экспериментальные исследования кинетики. Расчет коэффициентов диффузии ионов в ионитах. Модели псевдопервого и псевдовторого порядка.

3.3. Динамика сорбции.

Емкость до проскока. Динамическая обменная емкость. Методы определения степени использования ионита. Выходные кривые при ионном обмене в колонках. Ионообменная хроматография. Фронтальный, вытеснительный и элюентный метод в хроматографии. Уравнение Шилова. Время защитного действия.

#### 3.4. Регенерация ионитов.

Десорбция и регенерация ионитов. Типы десорбционных процессов. Отравление ионитов. Методы регенерации ионитов.

#### 3.5. Технологические аспекты сорбции редких элементов.

Анализ сорбционных характеристик и выбор сорбента для конкретного процесса извлечения редкого элемента. Ознакомление с испытательными стендами по сорбции редких элементов.

### 4. Объем учебной дисциплины

| Виды учебной работы                          | 10 семестр   |                 |
|----------------------------------------------|--------------|-----------------|
|                                              | В зач.ед.    | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>         | <b>2</b>     | <b>72</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>               | <b>1,88</b>  | <b>32</b>       |
| Лекции                                       | 0,44         | 16              |
| Практические (семинарские) занятия (ПЗ)      | 0,44         | 16              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>  | <b>40</b>       |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12         | 0,2             |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 39,8            |
| <b>Вид контроля: зачет</b>                   |              | +               |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b>зачет</b> |                 |

| Виды учебной работы                          | 10 семестр   |                 |
|----------------------------------------------|--------------|-----------------|
|                                              | В зач.ед.    | В академ. часах |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>         | <b>2</b>     | <b>54</b>       |
| <b>Контактная работа (КР):</b>               | <b>1,88</b>  | <b>24</b>       |
| Лекции                                       | 0,44         | 12              |
| Практические занятия (ПЗ)                    | 0,44         | 12              |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>          | <b>1,12</b>  | <b>30</b>       |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,12         | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |              | 29,85           |
| <b>Вид контроля : зачет</b>                  |              | +               |
| <b>Вид итогового контроля</b>                | <b>зачет</b> |                 |

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов в технологии материалов современной энергетики» (Б1.В.ДВ.06.01)

**1. Цель дисциплины** – приобретение базовых знаний по основным разделам курса, а также умений и практических навыков в области моделирования химико-технологических процессов, используемых при решении научных и практических задач студентами всех специальностей (кроме специальностей экономического и естественнонаучного профиля).

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе специалитета должен:**

*Обладать* следующими компетенциями:

- способностью использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели (ОПК-3);
- способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);
- способностью анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);
- способностью принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);
- способностью к анализу систем автоматизации производства и разработке мероприятий по их совершенствованию (ПК-5);
- способностью к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач (ПК-9);
- способностью самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10);
- готовностью использовать методы оценки риска и разрабатывать меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий обращения с объектами профессиональной деятельности (ПК-11);
- способностью представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способностью формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12);
- способностью к проведению анализа технических заданий на проектирование и проектов с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства (ПК-18);
- способностью к проведению патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений (ПК-19);
- способностью к разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ (ПК-20);
- способностью использовать средства автоматизации при подготовке проектной документации (ПК-21)

*Знать:*

- методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов;
- методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных;
- методы оптимизации химико-технологических процессов с применением эмпирических и/или физико-химических моделей;

*Уметь:*

- применять известные методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, моделирования, идентификации и оптимизации при исследовании, проектировании и управлении процессами химической технологии
- использовать в своей практической деятельности для достижения этих целей известные пакеты прикладных программ.

*Владеть:*

- методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов
- методами вычислительной математики для разработки и реализации на компьютерах алгоритмов моделирования, идентификации и оптимизации химико-технологических процессов;

### *3. Краткое содержание разделов дисциплины*

#### Тема 1. Основные понятия.

Основные принципы компьютерного моделирования химико-технологических процессов (ХТП). Математические эмпирические и математические физико-химические модели и компьютерное моделирование. Детерминированные и вероятностные математические модели. Применение методологии системного анализа для решения задач моделирования. Применение принципа «черного ящика» при математическом моделировании. Автоматизированные системы прикладной информатики. Иерархическая структура химических производств и их математических моделей. Применение компьютерных моделей химических процессов для анализа, оптимизации и синтеза химико-технологических систем. Основные приемы математического моделирования: эмпирический, структурный (физико-химический) и комбинированный (теоретический). Построение статических и динамических моделей. Решение прямых задач. Проектный и поверочный (оценочный) расчет процессов. Решение обратных задач. Параметрическая и структурная идентификация математических моделей. Установление адекватности математических моделей. Стратегия проведения расчетных исследований и компьютерного моделирования реальных процессов.

#### Раздел 1. Построение эмпирических моделей химико-технологических процессов.

Тема 1.1. Формулировка задачи аппроксимации данных для описания экспериментальных зависимостей и получения эмпирических моделей процессов. Виды критериев аппроксимации. Критерий метода наименьших квадратов. Решение задачи аппроксимации для нелинейной и линейной по параметрам моделей. Матричная формулировка задачи аппроксимации. Аналитический и алгоритмический подходы для решения задачи аппроксимации для линейных и линеаризованных моделей методом наименьших квадратов.

Тема 1.2. Нормальный закон распределения для векторных случайных величины и определение их числовых характеристик. Математическое ожидание и дисперсия для векторных случайных величин. Дисперсионный и корреляционный анализ. Понятия дисперсии воспроизводимости и адекватности, а также - остаточной дисперсии. Определение выборочных коэффициентов корреляции и коэффициента множественной корреляции. Статистический подход к определению ошибок и погрешностей в экспериментальных точках измерений.

Тема 1.3. Регрессионный и корреляционный анализ для построения эмпирических моделей на основе данных пассивного эксперимента. Понятия функции отклика и факторов. Основные допущения регрессионного и корреляционного анализа. Критерии проверки однородности дисперсий. Выбор вида уравнений регрессии, а также определение коэффициентов регрессии и их значимости с использованием критерия Стьюдента. Процедура исключения незначимых коэффициентов регрессии. Определение адекватности регрессионных моделей с помощью критерия Фишера.

Тема 1.4. Основные положения теории планирования экспериментов (I): полный факторный эксперимент (ПФЭ) и обработка его результатов. Оптимальные свойства матрицы планирования и свойство ортогональности. Определение коэффициентов моделей, их значимости и проверка адекватности уравнения регрессии. Свойство ротатабельности полного факторного эксперимента.

Тема 1.5. Основные положения теории планирования экспериментов (II): ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) экспериментов и обработка его результатов. Обеспечение ортогональности матрицы планирования и определение величины звездного

плеча. Определение коэффициентов модели, их значимости и оценка адекватности уравнения регрессии. Расчетное вычисление координат точки оптимума (экстремума).  
Тема 1.6. Оптимизация экспериментальных исследований с применением метода Бокса-Вильсона. Основные подходы к оптимизации экспериментальных исследований. Экспериментально-статистический метод. Стратегия движения к оптимуму целевой функции (функции отклика) градиентным методом. Критерии достижения «почти стационарной области» и методы уточнения положения оптимальной точки в факторном пространстве.

Раздел 2. Построение физико-химических химико-технологических процессов.

Тема 2.1 Этапы математического моделирования. Формулировка гипотез, построение математического описания, разработка моделирующего алгоритма, проверка адекватности модели и идентификация их параметров, расчетные исследования (вычислительный эксперимент).

Тема 2.2 Составление систем уравнений математического описания процессов и разработка (выбор) алгоритмов их решения. Блочный принцип построения структурных математических моделей. Обобщенное описание движения потоков фаз в аппаратах с помощью гидродинамических моделей, учитывающих сосредоточенные и распределенные источники вещества и энергии (теплоты). Локальные интенсивности источников вещества и теплоты в потоках, соответствующие различным физико-химическим процессам. Основные типы уравнений математического описания химико-технологических процессов – конечные, обыкновенные дифференциальные и дифференциальные уравнения в частных производных.

Тема 2.3 Математическое моделирование стационарных и динамических режимов гидравлических процессов в трубопроводных системах, глобальные и декомпозиционные методы решения систем нелинейных уравнений, а также явные и неявные методы численного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Составление уравнений математического описания процесса. Построение информационных матриц математических моделей для выбора общего алгоритма решения – моделирующего алгоритма. Реализация алгоритмов решения нелинейных и обыкновенных дифференциальных уравнений. Описание стационарных режимов ХТП с применением систем линейных и нелинейных уравнений. Итерационные алгоритмы решения. Применение методов простых итераций и Ньютона-Рафсона для получения решения. Проблема сходимости процесса решения. Декомпозиционный метод решения сложных систем конечных уравнений. Построение информационной матрицы для выбора оптимального алгоритма решения задачи. Понятие жесткости систем дифференциальных уравнений и критерии жесткости. Явные (быстрые) и неявные (медленные) методы решения. Методы первого (метод Эйлера), второго (модифицированные методы Эйлера) и четвертого порядка (метод Рунге-Кутты). Оценка точности методов – ошибок усечения. Переходные ошибки и ошибки округления при численном интегрировании дифференциальных уравнений. Способы обеспечения сходимости решения задачи. Применение неявных методов для решения жестких систем дифференциальных уравнений. Определения шага интегрирования итерационным методом. Методов Крэнка-Никольсона (метод трапеций).

Тема 2.4 Математическое моделирование стационарных режимов процессов теплопередачи в пластинчатых и змеевиковых теплообменниках. Математическое описание процессов с применением моделей идеального смешения и вытеснения. Выбор и графическое представление алгоритмов решения. Применение стандартных методов вычислительной математики для решения задач.

Тема 2.5 Математическое моделирование стационарных режимов процессов теплопередачи в прямоточных и противоточных трубчатых теплообменниках, решение задачи Коши и краевой задачи при интегрировании систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Математическое описание процессов с применением

моделей идеального вытеснения. Решение задачи Коши и краевой задачи. Представление алгоритмов вычислений в виде информационной матрицы системы уравнений математического описания и блок-схем расчетов. Математическое описание ХТП с применением систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Описание объектов с распределенными в пространстве параметрами. Формулировка начальных и краевых условий задач решения. Численный алгоритм 1-го порядка для решения задачи Коши. Метод «пристрелки» для решения краевой задачи.

Тема 2.6 Математическое моделирование стационарных режимов процессов в реакторах с мешалкой. Описание микрокинетических закономерностей протекания произвольных сложных химических реакций в жидкой фазе для многокомпонентных систем. Определение ключевых компонентов сложных химических реакций с применением методов линейной алгебры - рангов матриц стехиометрических коэффициентов реакции. Математическое описание реакторного процесса с рубашкой для произвольной схемы протекания химической реакции. Выбор алгоритмов решения задачи с применением информационной матрицы системы уравнений математического описания и представления алгоритма решения с помощью блок-схемы расчета процесса.

Тема 2.7 Математическое моделирование нестационарных режимов процессов в реакторах с мешалкой. Математическая постановка задачи для реакции с произвольной стехиометрической схемой. Формулировка задачи Коши – задачи с начальными условиями. Разностное представление системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Построение информационной матрицы для выбора алгоритма решения. Графическое представление алгоритма решения в виде блок-схемы расчета.

Тема 2.8 Математическое моделирование стационарных режимов в трубчатых реакторах с прямоточным и противоточным движением теплоносителей. Математическая постановка задачи для реакции с конкретной стехиометрической схемой. Формулировка задачи Коши – задачи с начальными условиями и краевой задачи – задачи с крайними условиями. Разностное представление систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Построение информационных матриц для выбора алгоритмов решения. Графическое представление алгоритмов решения в виде блок-схемы расчета.

Тема 2.9 Математическое моделирование нестационарных режимов процессов в трубчатых реакторах и численные алгоритмы дискретизации для решения систем дифференциальных уравнений с частными производными. Математическая постановка задачи для реакции с конкретной стехиометрической схемой. Формулировка начальных и граничных условий. Дифференциальные уравнения в частных производных - эллиптического, параболического и гиперболического типов. Алгоритмы решения уравнений параболического типа. Математическая модель химического превращения в изотермических условиях для нестационарного процесса в трубчатых аппаратах с учетом продольного перемешивания и с применением однопараметрической диффузионной модели для описания гидродинамической обстановки в реакционном потоке. Алгоритмы решения в виде систем нелинейных уравнений, а также обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядков.

Тема 2.10 Математическое моделирование стационарных режимов процессов непрерывной многокомпонентной ректификации и абсорбции. Математическое описание процесса многокомпонентной ректификации в тарельчатой колонне. Моделирование фазового равновесия и процесса массопередачи на тарелках в многокомпонентных системах. Учет тепловых балансов на тарелках при моделировании процесса в ректификационной колонне. Декомпозиционный алгоритм расчета процесса ректификации в колонном аппарате. Математическое описание процесса многокомпонентной абсорбции в насадочной колонне. Моделирование процесса многокомпонентной массопередачи в секциях насадочной колонны. Алгоритм решения краевой задачи для моделирования процесса абсорбции в насадочной колонне.

Раздел 3. Основы оптимизации химико-технологических процессов.

Тема 3.1 Решение задач оптимизации с термодинамическими, технологическими, экономическими, технико-экономическими и экологическими критериями оптимальности. Оптимальные ресурсосберегающие ХТП. Выбор критериев оптимальности (целевых функций). Формулировка многокритериальной задачи оптимизации. Особенности решения оптимизационных задач ХТП при наличии нескольких критериев оптимальности, овражном характере целевой функции и наличии ограничений 1-го и 2-го рода.

Тема 3.2 Алгоритмы одномерной и многомерной оптимизации. Методы сканирования, локализации экстремума, золотого сечения и чисел Фибоначи в случае одномерной оптимизации. Методы многомерной оптимизации нулевого, первого и второго порядков. Симплексные, случайные и градиентные методы многомерной оптимизации. Метод штрафных функций.

Заключение.

А. Применение компьютерных моделей ХТП при проектировании химических производств – в САПР. Задачи систем автоматизированного проектирования (САПР) и структура систем компьютерного проектирования. Информационное и математическое обеспечение САПР. Автоматизированное проектирование с применением компьютерных моделей ХТП.

Б. Применение компьютерных моделей ХТП при управлении технологическими процессами – в АСУТП. Компьютерное моделирование ХТП в режиме реального времени. Системы прямого цифрового (компьютерного) управления технологическими процессами. Особенности реализации компьютерных моделей ХТП в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП).

#### 4. Объем учебной дисциплины

| Вид учебной работы                           | Всего |             | Семестр<br>5 семестр |             |
|----------------------------------------------|-------|-------------|----------------------|-------------|
|                                              | ЗЕ    | Акад.<br>ч. | ЗЕ                   | Акад.<br>ч. |
| Общая трудоемкость дисциплины                | 3     | 108         | 3                    | 108         |
| Контактная работа – аудиторные занятия:      | 1,33  | 48          | 1,33                 | 48          |
| Лекции                                       | 0,89  | 32          | 0,89                 | 32          |
| Практические занятия (ПЗ)                    | -     | -           | -                    | -           |
| Лабораторные работы (ЛР)                     | 0,44  | 16          | 0,44                 | 16          |
| Самостоятельная работа                       | 1,67  | 60          | 1,67                 | 60          |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,67  | 0,4         | 1,67                 | 0,4         |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |       | 59,6        |                      | 59,6        |
| Виды контроля:                               |       |             |                      |             |
| Вид контроля из УП (зачет с оценкой)         |       |             |                      |             |
| Вид итогового контроля:                      |       |             | Зачет с оценкой      |             |

| Вид учебной работы                             | Всего       |             | Семестр<br>5 семестр |             |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|
|                                                | ЗЕ          | Астр.<br>ч. | ЗЕ                   | Астр.<br>ч. |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>           | <b>3</b>    | <b>81</b>   | <b>3</b>             | <b>81</b>   |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b> | <b>1,33</b> | <b>36</b>   | <b>1,33</b>          | <b>36</b>   |

|                                              |             |           |                |           |
|----------------------------------------------|-------------|-----------|----------------|-----------|
| Лекции                                       | 0,89        | 24        | 0,89           | 24        |
| Практические занятия (ПЗ)                    | -           | -         | -              | -         |
| Лабораторные работы (ЛР)                     | 0,44        | 12        | 0,44           | 12        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                | <b>1,67</b> | <b>45</b> | <b>1,67</b>    | <b>45</b> |
| Контактная самостоятельная работа            | 1,67        | 0,3       | 1,67           | 0,3       |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины |             | 44,7      |                | 44,7      |
| <b>Виды контроля:</b>                        |             |           |                |           |
| <i>Вид контроля из УП (зач с оц.)</i>        |             |           |                |           |
| <b>Вид итогового контроля:</b>               |             |           | <b>Зачет</b>   | <b>с</b>  |
|                                              |             |           | <b>оценкой</b> |           |

**«Учебная практика: Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков» (Б2.Б.01(П))**

**1 Цель учебной практики** – ознакомление обучающихся с методологическими основами организации образовательного процесса по профилю изучаемой программы специалитета на кафедре технологии редких элементов и наноматериалов на их основе РХТУ им. Д.И. Менделеева, с основными направлениями научно-исследовательской работы кафедры в области технологии редкометаллического сырья, основными процессами выделения, очистки и концентрирования редких и рассеянных элементов, получение первичных профессиональных умений и навыков путём самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики.

**2. В результате прохождения учебной практики** «Учебная практика: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков» обучающийся по программе специалитета должен:

*обладать* следующими компетенциями:

**Общекультурные компетенции (ОК)**

- готовность свободно пользоваться литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, способностью в письменной и устной речи правильно (логично) оформить результаты мышления (ОК-5)
- способность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, способностью самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений в области техники и технологии, математики, естественных, гуманитарных, социальных и экономических наук, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций (ОК-10).

**Общепрофессиональные компетенции (ОПК):**

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способность к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2).

**Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10).

*знать:*

- порядок проведения и обеспечения образовательной деятельности по профилю изучаемой программы специалитета

- порядок проведения и обеспечения научно-исследовательских работ с использованием современных физико-химических методов анализа;
- правила техники безопасности и производственной санитарии;

*уметь:*

- использовать современные приборы и методики по профилю программы, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты;

*владеть:*

- способностью и готовностью к исследовательской деятельности по профилю изучаемой программы;
- способностью на практике использовать умения и навыки в проведении химических и физико-химических анализов с использованием современной аппаратуры;
- навыками написания отчёта по практике по получению первичных профессиональных умений и навыков.

### **3 Краткое содержание учебной практики «Учебная практика: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков»**

**Раздел 1.** Введение. История и современная деятельность кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе. Цели и задачи практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, ознакомление с историей кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, профессорско-преподавательским составом, направлениями и организацией научных исследований на кафедре, специальной терминологией (гlossарием) в технологии редких элементов, техникой и оборудованием для проведения лабораторных работ, проверка ключевых понятий химии, химической номенклатуры.

**Раздел 2.** Ознакомительные экскурсии на предприятия и в организации, деятельность которых связана с профилем изучаемой программы специалитета (2 экскурсии), такие как: Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» – Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ (ИРЭФ) (НИЦ «Курчатовский институт – ИРЭФ»), г. Москва; «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ФГУП «ВИМС»)), г. Москва; ООО «ЛИТ» ГК «СКАЙГРАД», «Лаборатория инновационных технологий», г. Королев, Московская обл. и др.). Перечень предприятий может уточняться.

**Раздел 3.** Знакомство с организацией научно-исследовательской деятельности и оборудованием в лабораториях кафедры. Ознакомление с основными процессами в технологии редких элементов. Практика в лабораториях кафедры (процессы измельчения, механоактивации, выщелачивания, жидкостной экстракции, ионного обмена).

**Раздел 4.** Знакомство с организацией научно-исследовательской деятельности ЦКП, ИБЦ, Музеем истории РХТУ им. Д.И. Менделеева. Принципы, формы и методы организации аналитических работ в Центре коллективного пользования (ЦКП) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

**Раздел 5.** Оформление отчета о прохождении практики. Выполнение индивидуального задания (в виде реферата в случае ДОТ). Обработка и систематизация собранного при прохождении практики практического и информационного материала. Оформление отчета (в случае ДОТ включает реферат).

**4 Объем учебной практики «Учебная практика: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков»**

| Виды учебной работы                                  | Всего         |               |
|------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                      | зачет. единиц | академ. часов |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b> | <b>3,0</b>    | <b>108</b>    |
| <b>Практическая работа (ПР)</b>                      | <b>2,0</b>    | <b>64</b>     |
| <b>Самостоятельная работа</b>                        | <b>1,0</b>    | <b>44</b>     |
| Контактная самостоятельная работа                    | 0,5           | 0,2           |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины         |               | 17,8          |
| Написание отчёта                                     | 0,5           | 18            |
| <b>Вид контроля: зачет с оценкой:</b>                |               |               |

| Виды учебной работы                                  | Всего         |                 |
|------------------------------------------------------|---------------|-----------------|
|                                                      | Зачет. единиц | астроном. часов |
| <b>Общая трудоёмкость практики по учебному плану</b> | <b>3,0</b>    | <b>81</b>       |
| <b>Практическая работа (ПР)</b>                      | <b>2,0</b>    | <b>48</b>       |
| <b>Самостоятельная работа</b>                        | <b>1,0</b>    | <b>33</b>       |
| Контактная самостоятельная работа                    | 0,5           | 0,15            |
| Самостоятельное изучение разделов дисциплины         |               | 13,35           |
| Написание отчёта                                     | 0,5           | 13.5            |
| <b>Вид контроля: зачет с оценкой</b>                 |               |                 |

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Производственная практика: научно-исследовательская работа» (Б2.Б.02(П))

**1 Цель практики «Производственная практика: научно-исследовательская работа»** – формирование необходимых компетенций для осуществления научно-исследовательской деятельности по специальности 18.05.02 - Химическая технология материалов современной энергетики, направленной на создание закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных в процессе обучения по программе специалитета; приобретение навыков, необходимых в дальнейшей профессиональной деятельности; приобретение опыта постановки и выполнения научно-исследовательских задач; овладение методологией и методами обработки результатов исследования; участие в работе научно-исследовательской группы, временного трудового коллектива.

**2. В результате выполнения практики «Производственная практика: научно-исследовательская работа» обучающийся по программе специалитета должен:**

*обладать следующими компетенциями:*

**Общекультурные компетенции:**

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-4);

- способность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, способностью самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений в области техники и технологии, математики, естественных, гуманитарных, социальных и экономических наук, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой профессиональной деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций (ОК-10);

- готовность критически оценивать свои достоинства и недостатки, наметить пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков (ОК-11)
- понимание роли охраны окружающей среды и рационального природопользования и для развития и сохранения цивилизации (ОК-13);

***Общепрофессиональные компетенции:***

- способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов (ОПК-2);
- способность использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели (ОПК-3)

***Профессиональные компетенции:***

- способность проводить радиометрические и дозиметрические измерения и корректно обрабатывать экспериментальные данные (ПК-6);
- способность обеспечить безопасное проведение работы с использованием радиоактивных веществ в открытом виде и оценивать получаемую дозу за счет внешнего и внутреннего облучения (ПК-7);
- готовность использовать действующие российские «Нормы радиационной безопасности» и другие нормативные документы в области радиационной и ядерной безопасности (ПК-8);
- способность к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач (ПК-9);
- способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10);
- готовность использовать методы оценки риска и разрабатывать меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий обращения с объектами профессиональной деятельности (ПК-11);
- способность представлять результаты исследования в формах отчётов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способностью формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12).

***Профессионально-специализированные компетенции:***

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1);
- способность осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО (ПСК 1.2).

***знать:***

- подходы к организации самостоятельной и коллективной научно-исследовательской работы;
- принципы организации проведения экспериментов и испытаний;
- принципы и способы защиты объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности.

***уметь:***

- выполнять поиск, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации, осуществлять выбор методик и средств решения задач, поставленных программой НИР;
- выполнять обработку и анализ результатов экспериментов и испытаний;

– анализировать возникающие в научно-исследовательской деятельности затруднения и способствовать их разрешению.

*владеть:*

- приёмами разработки планов и программ проведения научных исследований, технических разработок, заданий для исполнителей.
- методологией и методикой проведения научных исследований; навыками самостоятельной научной и исследовательской работы;
- способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ;
- навыками критического анализа научно-технической литературы, разработки и формулирования собственных методологических подходов к решению научных проблем.

### **3 Краткое содержание практики «Производственная практика: научно-исследовательская работа»**

#### **Раздел 1. Подготовка аналитического обзора и обоснование методик эксперимента.**

Составление плана научно-исследовательской работы: литературный обзор по теме НИР, теоретическая часть исследования, практическая часть исследования. Постановка цели и задач исследования. Объект и предмет исследования. Цели и задачи исследования. Проведение анализ информации по теме НИР и составление аналитического отчета. Методики проведения экспериментальных исследований. Методики обработки результатов экспериментов и их анализа.

#### **Раздел 2. Выполнение научных исследований и обработка экспериментальных данных.**

Составление плана экспериментов. Выполнение научных исследований для получения практических результатов. Обработка экспериментальных данных, интерпретация и обобщение результатов исследования.

#### **Раздел 3. Написание отчета и подготовка научного доклада и презентации.**

Подготовка и написание отчета. Подготовка текстовых, графических и мультимедийных материалов для научного доклада. Подготовка презентации доклада по теме научно-исследовательской работы.

### **4 Объем практики «Производственная практика: научно-исследовательская работа»**

| Виды учебной работы                                  | Всего      |            | 8 семестр  |            | 9 семестр  |            | 10 семестр |            |
|------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                                      | Зачет. ед. | Акад. час. | Зачет. ед. | Акад. час. | Зачет. ед. | Акад. час. | Зачет. ед. | Акад. час. |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b> | <b>18</b>  | <b>648</b> | <b>3</b>   | <b>108</b> | <b>6</b>   | <b>216</b> | <b>9</b>   | <b>324</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия</b>        | <b>9,3</b> | <b>334</b> | <b>1,8</b> | <b>64</b>  | <b>3</b>   | <b>108</b> | <b>4,5</b> | <b>162</b> |
| Лабораторные работы (ЛР)                             | 9,3        | 334        | 1,8        | 64         | 3          | 108        | 4,5        | 162        |
| <b>Самостоятельная работа (СР)</b>                   | <b>8,7</b> | <b>314</b> | <b>1,2</b> | <b>44</b>  | <b>3</b>   | <b>108</b> | <b>4,5</b> | <b>162</b> |
| Контактная самостоятельная работа                    | 8.7        | 0.6        | 1,2        | 0,2        | 3          | 0,2        | 4,5        | 0,2        |
| Самостоятельное                                      |            | 313,4      |            | 43,8       |            | 107,8      |            | 161,8      |

|                                                    |                        |  |                        |  |                        |  |                        |  |
|----------------------------------------------------|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|
| освоение знаний, умений и навыков по программе НИР |                        |  |                        |  |                        |  |                        |  |
| <b>Вид контроля:</b>                               | <b>зачет с оценкой</b> |  | <b>зачет с оценкой</b> |  | <b>зачет с оценкой</b> |  | <b>зачет с оценкой</b> |  |

| Виды учебной работы                                                | Всего                  |              | 8 семестр  |                        | 9 семестр              |            | 10 семестр             |              |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------|--------------|
|                                                                    | Зачет. ед.             | Астр. час.   | Зачет. ед. | Астр. час.             | Зачет. ед.             | Астр. час. | Зачет. ед.             | Астр. час.   |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b>               | <b>18</b>              | <b>468</b>   | <b>3</b>   | <b>81</b>              | <b>6</b>               | <b>162</b> | <b>9</b>               | <b>243</b>   |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия</b>                      | <b>9,3</b>             | <b>250,5</b> | <b>1,8</b> | <b>48</b>              | <b>3</b>               | <b>81</b>  | <b>4,5</b>             | <b>121,5</b> |
| Лабораторные работы (ЛР)                                           | 9,3                    | 250,5        | 1,8        | 48                     | 3                      | 81         | 4,5                    | 121,5        |
| <b>Самостоятельная работа (СР)</b>                                 | <b>8,7</b>             | <b>235,5</b> | <b>1,2</b> | <b>33</b>              | <b>3</b>               | <b>81</b>  | <b>4,5</b>             | <b>121,5</b> |
| Контактная самостоятельная работа                                  | 8,7                    | 0,45         | 1,2        | 0,15                   | 3                      | 0,15       | 4,5                    | 0,15         |
| Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе НИР |                        | 235,05       |            | 32,85                  |                        | 80,85      |                        | 121,35       |
| <b>Вид контроля:</b>                                               | <b>зачет с оценкой</b> |              |            | <b>зачет с оценкой</b> | <b>зачет с оценкой</b> |            | <b>зачет с оценкой</b> |              |

#### Аннотация рабочей программы дисциплины

#### «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» (Б2.Б.03(П))

**1 Цель практики** «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» – практическое ознакомление и изучение установок и оборудования для осуществления гидро- и пирометаллургических процессов получения редких элементов и наноматериалов на их основе, устройства основного технологического оборудования, структуры организации работы подразделения в составе предприятия.

**2. В результате выполнения практики** «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» обучающийся по программе специалитета должен:

*обладать* следующими компетенциями:

#### **Общекультурные компетенции:**

- готовность свободно пользоваться литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, способностью в письменной и устной речи правильно (логично) оформить результаты мышления (ОК-5).

#### **Профессиональные компетенции (ПК):**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);
- способность к анализу систем автоматизации производства и разработке мероприятий по их совершенствованию (ПК-5);
- способность к организации работы подчиненных (ПК-13);
- способность к оценке последствий принимаемых организационно-управленческих решений и их оптимизации (ПК-14);
- способность управлять действующими технологическими процессами, обеспечивающими выпуск продукции, отвечающей требованиям стандартов и рынка (ПК-15);
- способность к использованию современных систем управления качеством применительно к конкретным условиям производства на основе международных стандартов (ПК-16)
- способность к составлению и анализу бизнес-планов разработки и внедрения новых технологических процессов, обращения с объектами профессиональной деятельности, выпуска и реализации конкурентно способной продукции (ПК-17);
- способность к проведению анализа технических заданий на проектирование и проектов с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства (ПК-18);
- способность использовать средства автоматизации при подготовке проектной документации (ПК-21).

#### **Профессионально-специализированные компетенции:**

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1);
- способность осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО (ПСК 1.2).

*знать:*

- технологические процессы, принципиальную технологическую схему производства и основное технологическое оборудование, используемые для извлечения редких элементов гидро- и пирометаллургическими методами;
- организационную структуру предприятий по производству редких элементов и продукции на их основе;
- основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса, исходного сырья и качества продукции;
- основные нормативные документы по стандартизации и сертификации редкометалльной продукции;
- правила техники безопасности, экологии и производственной санитарии;

*уметь:*

- принимать конкретные технические решения при осуществлении технологического процесса, выбирать технические средства для контроля и регулировки технологических параметров;

- использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности;

*владеть:*

- способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса;
- способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.

### **3 Краткое содержание практики «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности»**

#### **Раздел 1. Ознакомление и изучение экспериментальной установки получения концентрата редких элементов.**

Изучение установки получения концентрата редких элементов. Задачи установки. Схема установки. Принцип работы установки. Состав установки. Параметры установки. Методы анализа редких элементов в концентрате. Выполнение индивидуального задания.

#### **Раздел 2. Изучение основных технологических процессов, параметров и методов их регулирования на опытно-промышленной установке для гидрометаллургического процесса.**

Технологическая схема и описание установки. Режим работы установки. Параметры установки. Вспомогательное оборудование. Оборудование контроля. Персонал установки.

Выполнение индивидуального задания.

#### **Раздел 3. Изучение основных узлов, схем и технологических параметров работы экспериментального стенда по получению полупродукта редких элементов.**

Принципиальная схема стенда. Назначение основных узлов. Анализ редких элементов в полупродукте. Параметры работы установки. Выполнение индивидуального задания.

#### **Раздел 4. Систематизация материала, подготовка отчета.**

Обобщение и систематизация данных по структуре, технологии производства, применяемому оборудованию, выпускаемой предприятием продукции, методам и формам контроля продукции. Поиск и сбор недостающих данных. Подготовка и написание отчета по практике. Подготовка и написание отчета по выполнению индивидуального задания.

### **4 Объем практики «Производственная практика: практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» дисциплины**

| Виды учебной работы                                  | Всего         |                        |
|------------------------------------------------------|---------------|------------------------|
|                                                      | Зачет. единиц | Академ. часов          |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b> | <b>3,0</b>    | <b>108</b>             |
| <b>Контактная работа (КР):</b>                       | <b>0</b>      | <b>0</b>               |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                  | <b>3,0</b>    | <b>108</b>             |
| Контактная самостоятельная работа                    | <b>3,0</b>    | 0,2                    |
| Самостоятельное выполнение разделов дисциплины       |               | 107,8                  |
| <b>Вид итогового контроля: зачет/экзамен</b>         |               | <b>Зачет с оценкой</b> |

| Виды учебной работы                                  | Всего         |                        |
|------------------------------------------------------|---------------|------------------------|
|                                                      | Зачет. единиц | Астрон. часов          |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b> | <b>3,0</b>    | <b>81</b>              |
| <b>Контактная работа (КР):</b>                       | <b>0</b>      | <b>0</b>               |
| <b>Самостоятельная работа (СР):</b>                  | <b>3,0</b>    | <b>81</b>              |
| Контактная самостоятельная работа                    | 3,0           | <b>0,15</b>            |
| Самостоятельное выполнение разделов дисциплины       |               | <b>80,85</b>           |
| <b>Вид итогового контроля: зачет/экзамен</b>         |               | <b>Зачет с оценкой</b> |

**Аннотация рабочей программы  
«Преддипломная практика» Б2.Б.04(Пд)**

**1 Цели учебной практики:**

выполнение выпускной квалификационной работы (ВКР).

**2 В результате прохождения учебной практики «Преддипломная практика» обучающийся по программе специалитета должен:**

*Обладать* следующими компетенциями:

- **Профессиональные**, соответствующие виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа специалитета:

**производственно-технологическая деятельность:**

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса (ПК-2);
- способность анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию (ПК-3);
- способность принимать конкретное техническое решение с учетом охраны труда, радиационной безопасности и охраны окружающей среды (ПК-4);
- способность к анализу систем автоматизации производства и разработке мероприятий по их совершенствованию (ПК-5);

**научно-исследовательская деятельность:**

- способность к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач (ПК-9);
- способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей (ПК-10);
- готовность использовать методы оценки риска и разрабатывать меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий обращения с объектами профессиональной деятельности (ПК-11);
- способность представлять результаты исследования в формах отчётов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, способностью формулировать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований (ПК-12);
- способность к проведению патентных исследований с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений (ПК-19);

- способность к разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ (ПК-20);

***Профессионально-специализированные компетенции:***

- способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке технологических процессов производства основных функциональных материалов ЯТЦ, в том числе с использованием радиоактивных материалов (ПСК-1.1);
- способность осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО (ПКС-1.2).

***знать:***

- основы организации и методологию научных исследований;
- современные научные концепции в области химической технологии материалов ядерного топливного цикла;
- структуру и методы управления современным производством материалов ЯТЦ.
- принципы и методы выполнения экспериментов и испытаний по теме выпускной квалификационной работы;

***уметь:***

- работать с научными текстами, пользоваться научно-справочным аппаратом;
- обрабатывать, анализировать полученные экспериментальные данные;
- оформлять результаты научных исследований;
- использовать полученные теоретические знания для проектирования технологических линий производств материалов ЯТЦ.

***владеть:***

- приёмами разработки планов и программ проведения научных исследований.
- навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, работы с источниками научной информации, реферирования публикаций;
- методами проектирования основных и вспомогательных цехов производства материалов ЯТЦ, способами расчета технологического оборудования.

Краткое содержание преддипломной практики

**Раздел 1. Введение: цели и задачи преддипломной практики**

- Определение целей и задач преддипломной практики.
- Составление и согласование плана выполнения выпускной квалификационной работы, контрольных точек, вида и объема представляемого к каждой контрольной точке материала.
- Организационно-методические мероприятия. Проведение инструктажей по технике безопасности работы в химической лаборатории, на рабочем месте, по электробезопасности и противопожарной безопасности.

**Раздел 2. Выполнение выпускной квалификационной работы**

- Сбор научно-технической информации по теме выпускной квалификационной работы.
- Подбор и согласование работы основного и вспомогательного технологического оборудования.
- Отработка методик и выполнение экспериментальных исследований.
- Сбор, обработка и систематизация материала.
- Выполнение основных технологических расчётов.
- Оформления отчёта о преддипломной практике по теме ВКР.

**Объем практики «Преддипломная практика»**

| Виды учебной работы | Всего         |               |
|---------------------|---------------|---------------|
|                     | Зачет. единиц | Академ. часов |

|                                                                                        |                        |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b>                                   | <b>24,0</b>            | <b>864</b> |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>                                         | <b>12,0</b>            | <b>432</b> |
| Лабораторные работы                                                                    | 12,0                   | 432        |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                                          | <b>12,0</b>            | <b>432</b> |
| Контактная самостоятельная работа                                                      | 12,0                   | 0,2        |
| Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе преддипломной практики. |                        | 431,8      |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                                                         | <b>зачет с оценкой</b> |            |

| Виды учебной работы                                                                    | Всего                  |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
|                                                                                        | Зачет. единиц          | Астрон. часов |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b>                                   | <b>24,0</b>            | <b>648</b>    |
| <b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>                                         | <b>12,0</b>            | <b>324</b>    |
| Лабораторные работы                                                                    | 12,0                   | 324           |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                                          | <b>12,0</b>            | <b>324</b>    |
| Контактная самостоятельная работа                                                      | 12,0                   | 0,15          |
| Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе преддипломной практики. |                        | 323,85        |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                                                         | <b>зачет с оценкой</b> |               |

#### 4.4.5. Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты (БЗ.Б.01)

1. Цель государственной итоговой аттестации – выявление уровня теоретической и практической подготовленности выпускника вуза к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям ФГОС ВО по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, специализация №1 «Химическая технология ядерного топливного цикла».

2. В результате государственной итоговой аттестации обучающийся по программе специалитета должен обладать следующими компетенциями: общекультурными, общепрофессиональными, профессиональными и специальными профессиональными компетенциями, перечисленными в разделе 3 настоящей общеобразовательной программы;

*знать:*

- порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в области химической технологии материалов современной энергетики;
- методы синтеза и исследования физико-химических, физико-механических свойств материалов современной энергетики;
- современные научные тенденции развития в области химической технологии материалов современной энергетики;

– основные технологические процессы эффективного и безопасного получения материалов современной энергетики;

*уметь:*

– самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость проблемы, проводить экспериментальные исследования с использованием современных приборов, анализировать и интерпретировать полученные результаты, подготавливать отчеты и публикации о результатах исследований;

– осуществлять поиск и анализ научно-технической информации в области химической технологии материалов современной энергетики с целью научно-практической и патентной поддержки проводимых исследований;

– применять знания по химии и технологии материалов современной энергетики и их отдельных компонентов для управления технологическим процессом, прогнозирования и регулирования основных эксплуатационных свойств, постановки задач по исследованию и проектированию технологии новых материалов современной энергетики;

*владеть:*

– методологией и методикой проведения научных исследований; навыками самостоятельной научной и исследовательской работы;

– навыками работы в коллективе, планирования и организации коллективных научных исследований; современными методами исследования и анализа материалов современной энергетики;

– навыками проведения исследований материалов современной энергетики, их испытаний и контроля параметров технологических процессов их получения;

– навыками выполнения инженерных расчетов, обеспечивающих проведение существующего технологического процесса или внесения в него необходимых дополнений и изменений.

### 3. Краткое содержание государственной итоговой аттестации

Государственная итоговая аттестация обучающихся по программе специалитета проводится в форме защиты выпускной квалификационной работы (ВКР) – дипломной работы или дипломного проекта. Государственная итоговая аттестация в форме защиты ВКР проходит в 11 семестре на базе знаний, полученных студентами при изучении дисциплин специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, специализация №1 «Химическая технология ядерного топливного цикла» Государственная итоговая аттестация обучающихся по программе специалитета – защита выпускной квалификационной работы проводится государственной экзаменационной комиссией. Контроль знаний обучающихся, полученных при освоении ООП, осуществляется путем проведения защиты ВКР и присвоения квалификации «инженер».

### 4. Объем ГИА

Программа относится к базовой части учебного плана, к блоку 3 «Государственная итоговая аттестация» (Б.3.Б.01) и рассчитана на сосредоточенное прохождение в V семестре (6 курс) обучения в объеме 216 ч (6 ЗЕТ). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области химической технологии материалов современной энергетики.

| Виды учебной работы                                  | Всего         |               |
|------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                      | Зачет. единиц | Академ. часов |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b> | <b>6</b>      | <b>216</b>    |

|                                                                |            |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|------------|
| <b>Самостоятельная работа</b>                                  | <b>6</b>   | <b>216</b> |
| Контактная самостоятельная работа                              | 6          | 0,67       |
| Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе |            | 215,33     |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                                 | <b>ГИА</b> |            |

| Виды учебной работы                                            | Всего         |               |
|----------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                                | Зачет. единиц | Академ. часов |
| <b>Общая трудоемкость практики по учебному плану</b>           | <b>6</b>      | <b>126</b>    |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                  | <b>6</b>      | <b>126</b>    |
| Контактная самостоятельная работа                              | 6             | 0,50          |
| Самостоятельное освоение знаний, умений и навыков по программе |               | 161,5         |
| <b>Вид итогового контроля:</b>                                 | <b>ГИА</b>    |               |