

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Металлургия тугоплавких редких металлов. Производство тугоплавких редких металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

288

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

72

курсовой проект 1

самостоятельная работа

180

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр<br>(<Курс>.<Семестр на<br>курсе>) | 1 (1.1) |     | Итого |     |
|---|---------|-----|-------|-----|
|   | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Неделя                                    | 18      |     |       |     |
| Вид занятий                               | УП      | РП  | УП    | РП  |
| Лекции                                    | 18      | 18  | 18    | 18  |
| Лабораторные                              | 18      | 18  | 18    | 18  |
| Практические                              | 36      | 36  | 36    | 36  |
| Итого ауд.                                | 72      | 72  | 72    | 72  |
| Контактная работа                         | 72      | 72  | 72    | 72  |
| Сам. работа                               | 180     | 180 | 180   | 180 |
| Часы на контроль                          | 36      | 36  | 36    | 36  |
| Итого                                     | 288     | 288 | 288   | 288 |

Программу составил(и):

*д.т.н., профессор, Богатырева Елена Владимировна*

Рабочая программа

**Металлургия тугоплавких редких металлов. Производство тугоплавких редких металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия, 22.04.02-ММТ-22-6.plx Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 22.06.2021 г., №19

Руководитель подразделения Тарасов В.П.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Цели освоения дисциплины - формирование теоретических знаний и практических умений и навыков для подготовки специалиста к научно-исследовательской и технологической видам деятельности в области производства тугоплавких редких металлов из различных видов природного сырья, в том числе: использованию научного подхода для анализа производства металлов; проведению экспериментальных исследований для технологического опробования процессов производства тугоплавких редких металлов; выбору технологических схем получения металлов с учетом экологических требований и экономической целесообразности; выбору оборудования для основных металлургических процессов |
|-----|--|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| Блок ОП:   |  | Б1.В.ДВ.03 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>   |            |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>                  |            |
| 2.2.1      | Защита интеллектуальной собственности и патентоведение   |            |
| 2.2.2      | Моделирование и оптимизация технологических процессов  |            |
| 2.2.3      | Научно-исследовательская практика  |            |
| 2.2.4      | Информационные технологии  |            |
| 2.2.5      | Металлургия благородных металлов. Комплексное использование сырья и отходов благородных металлов                                       |            |
| 2.2.6      | Научно-исследовательская работа  |            |
| 2.2.7      | Новые металлургические технологии, часть 2   |            |
| 2.2.8      | Потребительские свойства металлургической продукции  |            |
| 2.2.9      | Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения   |            |
| 2.2.10     | Современные проблемы металлургии, машиностроения и материаловедения  |            |
| 2.2.11     | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы   |            |
| 2.2.12     | Преддипломная практика   |            |
| 2.2.13     | Металлургия вторичных легких металлов. Производство легких сплавов   |            |
| 2.2.14     | Металлургия меди и никеля. Комплексное использование сырья и отходов меди и никеля   |            |
| 2.2.15     | Металлургия рассеянных редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов рассеянных редких металлов                           |            |
| 2.2.16     | Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Комплексное использование сырья и отходов редкоземельных и радиоактивных металлов |            |
| 2.2.17     | Металлургия свинца и цинка. Комплексное использование сырья и отходов свинца и цинка   |            |
| 2.2.18     | Металлургия тугоплавких редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов тугоплавких редких металлов                         |            |
| 2.2.19     | Производство глинозема. Комплексное использование сырья и отходов производства глинозема   |            |
| 2.2.20     | Современные экономические проблемы цветной металлургии   |            |
| 2.2.21     | Управление проектами   |            |
| 2.2.22     | Электрометаллургия алюминия и магния. Комплексное использование сырья и отходов алюминия и магния                                      |            |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|  |  |
|--|--|
| <b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>   |  |
| <b>Знать:</b>  |  |
| ПК-1-32  | Научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок                                |
| ПК-1-31  | Методы проведения исследований и разработок  |
| <b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизировать и обобщать достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b> |  |
| <b>Знать:</b>  |  |
| ОПК-5-31   | Фундаментальные проблемы цветной металлургии   |
| <b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве цветных, редких благородных металлов</b>                                    |  |
| <b>Знать:</b>  |  |
| ПК-4-31  | Теоретические и технологические основы процессов и технологий производства цветных металлов и их |

|  |
|--|
| соединений   |
| <b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>   |
| <b>Знать:</b>  |
| ПК-3-31 Способы расчета эффективности использования материалов   |
| <b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологий переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов цветных, редких и благородных металлов</b>   |
| <b>Знать:</b>  |
| ПК-2-31 Теоретические и технологические основы прогрессивных технологий и новейших способов интенсификации металлургических процессов производства цветных металлов  |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b> |
| <b>Знать:</b>  |
| ОПК-4-31 Базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для решения профессиональных задач  |
| <b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>   |
| <b>Знать:</b>  |
| ОПК-1-31 Теоретические и технологические основы типовых процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений   |
| <b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>    |
| <b>Знать:</b>  |
| ОПК-2-31 Принципы написания научно-технических отчетов, обзоров, публикаций и рецензий   |
| <b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-1-У1 Применять методы анализа результатов исследований и разработок   |
| <b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологий переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов цветных, редких и благородных металлов</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-2-У1 Определять цели выполняемой работы и последовательность действий при решении поставленных задач  |
| <b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-1-У1 Решать типовые профессиональные задачи в области металлургии цветных металлов используя фундаментальные знания  |
| <b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-3-У1 Проводить расчет эффективности использования материалов  |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b> |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-4-У1 Применять базы данных, пакеты прикладных программ и средства компьютерной графики для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности  |
| <b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве цветных, редких и благородных металлов</b>  |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-4-У2 Выбирать оборудование для основных металлургических процессов в области производства цветных металлов и их соединений  |

|  |
|--|
| <b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>   |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-5-У1 Оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований по совокупности признаков, обосновывать выбор оптимального решения, систематизируя и обобщая достижения в металлургической и смежных отраслях  |
| <b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>    |
| <b>Уметь:</b>  |
| ОПК-2-У1 Оформлять научно-техническую, проектную и служебную документацию обзоры, публикации, рецензии, в соответствии требованиями нормоконтроля при оформлении научно-технических отчетов  |
| <b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве цветных, редких благородных металлов</b>  |
| <b>Уметь:</b>  |
| ПК-4-У1 Анализ процессов и/или технологических схем получения цветных металлов и их соединений для выбора направления их совершенствования   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-4-В1 Навык обоснованного выбора процесса и/или технологической схемы производства цветных металлов и их соединений с учетом экологических требований и экономической целесообразности   |
| <b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-3-В1 Анализ эффективности использования материалов  |
| <b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-5-В1 Навыками анализа материалов, процессов и технологий для обоснованной оценки результатов научно-технических разработок и исследований  |
| <b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>    |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-2-В1 Приемами и методами приведения в соответствие требованиям и норм стандартов разработанную документацию, формированием и оформлением отчетов, с соблюдением требованиям ГОСТ   |
| <b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b> |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-4-В1 Основными навыками работы с пакетами специализированных программ  |
| <b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологий переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов цветных, редких и благородных металлов</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-2-В1 Формирование и аргументация собственных суждений и научной позиции в области разработки и исследований процессов производства цветных металлов и их соединений   |
| <b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ОПК-1-В1 Навыком типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства цветных металлов и их соединений   |
| <b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>   |
| <b>Владеть:</b>  |
| ПК-1-В1 Проведение анализа результатов анализа и наблюдений  |

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций  | Литература и эл. ресурсы   | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|---|--|------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Введение</b>  |                |       |   |  |            |    |                    |
| 1.1         | Фундаментальные проблемы металлургии редких металлов. Анализ физико-механических и химических свойств тугоплавких редких металлов.<br>Базовые принципы проектирования и разработки продукции /Лек/   | 1              | 2     | ОПК-2-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.5<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.7<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4 Л2.8<br>Л2.9 Л2.13<br>Л2.14 Л2.16<br>Л2.18 Л2.19<br>Л2.20 Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12                  |            |    |                    |
| 1.2         | Курсовой проект "Переработка сырья тугоплавких редких металлов" /Ср/   | 1              | 85    | ОПК-1-В1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-4-У1<br>ОПК-4-В1<br>ОПК-5-В1 ПК-1-В1 ПК-2-В1<br>ПК-3-В1 ПК-4-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.1<br>Л1.4 Л1.1<br>Л1.1 Л1.5<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.6 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.7<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4 Л2.8<br>Л2.9 Л2.13<br>Л2.14 Л2.16<br>Л2.18 Л2.19<br>Л2.20Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12 |            |    |                    |
|             | <b>Раздел 2. Производство вольфрама, молибдена, рения</b>  |                |       |   |  |            |    |                    |
| 2.1         | 1.1 Производство триоксида вольфрама<br>Динамика производства и потребления вольфрама.<br>Минерально-сырьевая база вольфрама, требования к концентратам и готовой продукции.<br>Обзор промышленных схем переработки вольфрамовых концентратов.<br>Физико-химические основы способов вскрытия вольфрамовых концентратов. Направления совершенствования и интенсификации процессов вскрытия вольфрамовых концентратов.<br>Способы переработки продуктов вскрытия /Лек/ | 1              | 3     | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32 ПК-2-31<br>ПК-3-31 ПК-4-31                         | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.3 Л2.4<br>Л1.1 Л2.8<br>Л2.9 Л1.1<br>Л2.13 Л2.14<br>Л2.16 Л2.18<br>Л2.19 Л1.1<br>Л2.1<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12   |            |    |                    |

|     |   |   |   |   |  |  |  |    |
|-----|---|---|---|---|--|--|--|----|
| 2.2 | Практические занятия по разделу 1.1. "Производство триоксида вольфрама"<br>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия вольфрамового сырья<br>Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия вольфрамового сырья<br>Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/ | 1 | 8 | ОПК-1-У1<br>ОПК-5-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-У2 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.3 Л2.4<br>Л2.8 Л1.1<br>Л2.13 Л2.14<br>Л2.16 |  |  |    |
| 2.3 | Характеристика сырья, полупродуктов и продуктов технологий производства тугоплавких редких металлов и их соединений.<br>Обоснование выбора процесса вскрытия /Лаб/  | 1 | 4 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-5-В1 ПК-3-У1 ПК-4-У1                | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.1<br>Л2.18 Л1.1<br>Л1.1Л2.1<br>Л2.16 Л2.20<br>Л2.1  | Лабораторная работа №1.<br>Занятие проводится в специализированной аудитории в соответствии с разделом МТО |  | P1 |
| 2.4 | Исследование влияния режимов предварительной механоактивации концентратов редких металлов на изменение энергии активации процесса выщелачивания активированного материала /Лаб/   | 1 | 4 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-5-У1<br>ОПК-5-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1    | Л2.3 Л2.4<br>Л1.1 Л1.1<br>Л2.18Л2.16<br>Л2.20  | Лабораторная работа №2.<br>Занятие проводится в специализированной аудитории в соответствии с разделом МТО |  | P2 |

|     |  |   |   |  |  |  |  |    |
|-----|--|---|---|--|--|--|--|----|
| 2.5 | 1.2 Производство триоксида молибдена и попутное извлечение рения<br>Динамика производства и потребления молибдена и рения. Минерально-сырьевая база молибдена и рения, требования к концентратам и готовой продукции.<br>Обзор промышленных схем переработки молибденовых концентратов.<br>Физико-химические основы окислительного обжига молибденитовых концентратов. Практика обжига и переработка огарков. Направления совершенствования и интенсификации процессов.<br>Гидрометаллургические способы окислительного выщелачивания молибденитовых концентратов и промпродуктов .<br>Попутное извлечение рения при переработке молибденового сырья.<br>/Лек/ | 1 | 3 | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-31 ПК-1-32<br>ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-4-31            | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.4<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1Л2.2<br>Л1.1 Л2.3<br>Л2.4 Л2.8<br>Л2.9 Л2.13<br>Л2.14 Л2.16<br>Л2.18<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12 |  |  |    |
| 2.6 | Практические занятия по разделу 1.2 " Производство триоксида молибдена и попутное извлечение рения"<br>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов.<br>Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов.<br>Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/  | 1 | 8 | ОПК-1-У1<br>ОПК-5-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-У2                        | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1Л2.2<br>Л1.1 Л2.8<br>Л2.9 Л2.13<br>Л2.14 Л2.16<br>Л2.18 Л2.19<br>Л1.1                                      |  |  |    |
| 2.7 | Исследование процесса окислительного обжига сульфидного молибденосодержащего сырья в присутствии соединений кальция /Лаб/  | 1 | 4 | ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-5-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1<br>ПК-2-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1<br>ПК-4-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.2<br>Л1.1  | Лабораторная работа №3.<br>Занятие проводится в специализированной аудитории в соответствии с разделом МТО |  | РЗ |

|      |   |   |    |   |  |  |  |     |
|------|---|---|----|---|--|--|--|-----|
| 2.8  | 1.3 Производство вольфрама, молибдена и рения<br>Термодинамика и кинетика восстановления триоксида вольфрама, триоксида молибдена и перрената аммония водородом.<br>Практика процессов.<br>Основы производства производства компактных вольфрама, молибдена, рения методом порошковой металлургии. Направления совершенствования и интенсификации процессов.<br>Электродуговая и электроннолучевая плавки вольфрама и молибдена.<br>/Лек/ | 1 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32 ПК-2-31<br>ПК-3-31 ПК-4-31                             | Л2.1 Л1.1<br>Л1.2 Л1.3<br>Л1.1Л2.2<br>Л1.1 Л2.13<br>Л2.14<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12   |  |  |     |
| 2.9  | Практические занятия по разделу 1.3 "Производство вольфрама, молибдена и рения"<br>Аппаратура и технология процессов производства вольфрама, молибдена и рения /Пр/   | 1 | 4  | ОПК-5-У1<br>ОПК-5-В1 ПК-4-У1 ПК-4-У2  | Л2.1 Л1.1<br>Л1.2 Л1.3<br>Л2.2 Л1.1<br>Л1.1<br>Л1.1Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л2.13 Л2.14                            |  |  | Р8  |
| 2.10 | Домашнее задание №1.<br>Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта вольфрама и молибдена в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта /Ср/  | 1 | 30 | ОПК-1-У1<br>ОПК-1-В1<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-5-У1<br>ОПК-5-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1<br>ПК-4-У1 | Л2.1 Л1.1<br>Л1.2 Л1.3<br>Л2.2 Л1.1<br>Л1.1 Л2.9<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1Л1.1<br>Л2.13 Л2.14<br>Л2.16 |  |  | Р13 |
| 2.11 | Домашнее задание №2.<br>Расчет основного и вспомогательного оборудования в производстве вольфрама, молибдена, рения /Ср/  | 1 | 15 | ПК-4-У2   | Л1.1 Л1.1<br>Л1.1<br>Л1.1Л1.1<br>Л1.1  |  |  | Р14 |
|      | <b>Раздел 3. Производство тантала и ниобия</b>  |   |    |   |  |  |  |     |

|     |   |   |   |   |   |  |  |     |
|-----|---|---|---|---|---|--|--|-----|
| 3.1 | 2.1 Производство соединений тантала и ниобия из рудного сырья<br>Динамика производства и потребления тантала и ниобия. Минерально-сырьевая база тантала и ниобия, требования к концентратам и готовой продукции.<br>Обзор промышленных схем переработки тантал-ниобийсодержащего сырья. Физико-химические основы разложения танталит-колумбитовых концентратов. Направления совершенствования и интенсификации процессов. Способы комплексной переработки сложных титано-ниобий-редкоземельных концентратов. Направления совершенствования и интенсификации процессов. Основы процессов разделения тантала и ниобия и очистки соединений<br>/Лек/ | 1 | 2 | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32 ПК-2-31<br>ПК-3-31 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.4Л1.1<br>Л2.14 Л2.16<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12 |  |  |     |
| 3.2 | Практические занятия по разделу 2.1 "Производство соединений тантала и ниобия из рудного сырья"<br>Сопоставление технологических показателей способов разложения танталит-колумбитовых концентратов.<br>Выбор варианта разделения в зависимости от способа переработки сырья и производства металла.<br>Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/  | 1 | 6 | ОПК-1-31<br>ОПК-5-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У2             | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.1<br>Л1.1Л1.1<br>Л2.14 Л1.1<br>Л2.16 Л1.1                                  |  |  | Р9  |
| 3.3 | 2.2 Производство тантала и ниобия<br>Металлотермические и электролитические способы получения тантала и ниобия. Основы получения тантала и ниобия восстановлением их пентахлоридов водородом /Лек/  | 1 | 2 | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32 ПК-2-31<br>ПК-3-31 ПК-4-31 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12                            |  |  |     |
| 3.4 | Практические занятия по разделу 2.2. "Производство тантала и ниобия"<br>Сопоставление технологических показателей способов получения тантала и ниобия /Пр/  | 1 | 2 | ОПК-1-У1<br>ОПК-5-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У1             | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3   |  |  | Р10 |

|                                      |  |   |    |  |   |  |  |     |
|--------------------------------------|--|---|----|--|---|--|--|-----|
| 3.5                                  | Домашнее задание №3.<br>Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта тантала и ниобия в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта /Ср/  | 1 | 30 | ОПК-1-У1<br>ОПК-1-В1<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-5-У1<br>ОПК-5-В1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3   |  |  | P15 |
| 3.6                                  | Домашнее задание №4.<br>Расчет основного и вспомогательного оборудования в производстве тантала и ниобия /Ср/  | 1 | 10 | ОПК-1-У1 ПК-4-У2   | Л1.1 Л1.4<br>Л1.1   |  |  | P16 |
| <b>Раздел 4. Производство титана</b> |  |   |    |  |   |  |  |     |
| 4.1                                  | 3.1 Производство тетраоксида титана<br>Динамика производства и потребления титана.<br>Минерально-сырьевая база титана, требования к концентратам и готовой продукции.<br>Обзор промышленных схем переработки титановых концентратов.<br>Физико-химические основы процесса получения титановых шлаков из ильменитовых концентратов.<br>Перспективные схемы получения искусственного рутила.<br>Физико-химические основы хлорирования титановых шлаков/рутила.<br>Варианты систем пылеулавливания и конденсации тетраоксида титана. Основы процессов очистки тетраоксида титана<br>/Лек/ | 1 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32 ПК-2-31<br>ПК-3-31 ПК-4-31  | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.5<br>Л1.7<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12 |  |  |     |
| 4.2                                  | Практические занятия по разделу 3.1. "Производство тетраоксида титана"<br>Сопоставление технологических показателей способов производства титановых шлаков и искусственного рутила<br>Сопоставление технологических показателей систем пылеулавливания и конденсации тетраоксида титана.<br>Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/   | 1 | 6  | ОПК-1-У1<br>ОПК-5-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-У2      | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3<br>Л1.7Л1.1   |  |  | P11 |

|     |  |   |    |   |   |  |     |     |
|-----|--|---|----|---|---|--|-----|-----|
| 4.3 | 3.2 Производство титана<br>Обзор способов получения титана. Теоретические основы магнитермического способа получения титана из его тетрахлорида. Экономическое обоснование титано-магниевого комбинатов. Практика магнитермического производства титана и направления его совершенствования. Управление качеством в производстве титана. Теоретические основы и практика восстановления тетрахлорида титана натрием. Способы рафинирования титана. Порошковая металлургия титана. Электродуговая и электроннолучевая плавка титана /Лек/ | 1 | 2  | ОПК-1-31<br>ОПК-4-31<br>ОПК-5-31 ПК-1-32 ПК-2-31<br>ПК-3-31 ПК-4-31                                     | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.5<br>Л1.7<br>Э1 Э2 Э3 Э4<br>Э5 Э6 Э7 Э8<br>Э9 Э10 Э11<br>Э12 |  |     |     |
| 4.4 | Практические занятия по разделу 3.2 "Производство титана"<br>Сопоставление магнитермического и натриетермического процессов восстановления тетрахлорида титана. Новые направления в производстве титана. /Пр/  | 1 | 2  | ОПК-1-У1<br>ОПК-5-У1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У1   | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.5<br>Л1.1 Л1.1<br>Л1.1 Л1.7                                  |  |     | Р12 |
| 4.5 | Домашнее задание №5.<br>Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта титана в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта /Ср/  | 1 | 10 | ОПК-1-У1<br>ОПК-1-В1<br>ОПК-2-У1<br>ОПК-2-В1<br>ОПК-5-У1<br>ОПК-5-В1 ПК-1-У1 ПК-2-У1<br>ПК-3-У1 ПК-4-У1 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3 Л1.1<br>Л1.5 Л1.1<br>Л1.1 Л1.7<br>Л1.1                          |  |     | Р17 |
| 4.6 | Исследование сернокислотного разложения титанового сырья /Лаб/   | 1 | 6  | ОПК-2-В1 ПК-1-В1 ПК-3-В1  | Л1.5 Л1.7   | Лабораторная работа №4.<br>Занятие проводится в специализированной аудитории в соответствии с разделом МТО | КМ1 |     |

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

| <b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b> |                          |  |  |
|---|--------------------------|--|--|
| Код КМ  | Контрольное мероприятие  | Проверяемые индикаторы компетенций   | Вопросы для подготовки   |
| КМ1   | Защита курсового проекта | ОПК-1-В1;ПК-2-В1;ПК-3-В1;ПК-4-В1;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-2-У1;ОПК-1-31;ПК-1-32;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-4-31 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислить основные фундаментальные проблемы металлургии тугоплавких редких металлов</li> <li>2. Перечислить основные аспекты, учитываемые при совершенствовании технологии вскрытия сырья тугоплавких редких металлов.</li> <li>3. Каковы современные тенденции в производстве тугоплавких редких металлов?</li> <li>4. Сопоставить термодинамические характеристики процессов</li> <li>5. Обосновать аппаратное оформление процесса</li> <li>6. Перечислить преимущества и недостатки процесса</li> <li>7. Провести оценку эффективности режимов вскрытия концентрата.</li> <li>8. Как оптимизировать режимы вскрытия концентрата?</li> <li>9. Каковы требования к исходному сырью?</li> <li>10. Каковы требования к товарной продукции?</li> </ol>   |
| КМ2   | Экзамен                  | ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чем объясняется промежуточное образование диоксида молибдена при обжиге молибденита в многоподовой печи?</li> <li>2. Почему реакция окисления молибденита кислородом можно считать практически необратимой?</li> <li>3. Предложите метод и разработайте схему установки для изучения кинетики реакции взаимодействия дисульфида молибдена с триоксидом молибдена</li> <li>4. Какими методами можно установить фазовый состав молибденитовых огарков?</li> <li>5. Предложите способы конверсии молибдата натрия в молибдат аммония</li> <li>6. Какие фазы установлены в системе вольфрам-кислород и молибден-кислород?</li> <li>7. В чем состоят отличия в режимах восстановления триоксида вольфрама и триоксида молибдена?</li> <li>8. Рассчитайте энергию Гиббса реакции восстановления диоксида молибдена водородом для температуры 800 оС и предельную концентрацию паров воды, выше которой восстановление невозможно.</li> <li>9. В чем состоит способ получения компактного рения методом порошковой металлургии?</li> <li>10. Как влияют примеси калия и меди на плотность спеченных штабиков?</li> <li>11. Предложите классификацию промышленных способов разложения богатых концентратов типа танталит-колумбит</li> <li>12. Какие танталаты и ниобаты образуются при сплавлении танталит-колумбита с гидроксидом натрия и калия?</li> <li>13. В составе каких соединений могут присутствовать тантал и ниобий в плавиковокислых растворах в зависимости от избыточной концентрации кислоты?</li> <li>14. Каков химический и фазовый состав конденсата твердых хлоридов, образующихся при хлорировании лопарита?</li> <li>15. Из каких стадий состоит схема экстракционного разделения тантала и ниобия?</li> <li>16. Каковы технические требования на товарный губчатый титан?</li> <li>17. Сопоставить по технико-экономическим показателям натриетермический и магниетермический способы производства титана из его тетрахлорида.</li> <li>18. В чем преимущества восстановления диоксида титана гидридом кальция по сравнению с кальцием?</li> <li>19. На чем основан иодидный способ рафинирования титана?</li> <li>20. Какими способами получают титановые порошки?</li> </ol> |

| <b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b> |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Код работы  | Название работы  | Проверяемые индикаторы компетенций                                 | Содержание работы   |
| P1  | Лабораторная работа №1.<br>Характеристика сырья, полупродуктов и продуктов технологий производства тугоплавких редких металлов и их соединений. Обоснование выбора процесса вскрытия                 | ОПК-5-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-4-У1                         | 1. Теоретическая оценка реакционной способности компонентов редкометалльного сырья;<br>2. Термодинамический анализ вариантов вскрытия;<br>3. Обоснование выбора варианта вскрытия сырья   |
| P2  | Лабораторная работа №2.<br>Исследование влияния режимов предварительной механоактивации концентратов редких металлов на изменение энергии активации процесса выщелачивания активированного материала | ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-3-У1                        | 1. Приобретение навыков механической активации концентратов редких металлов;<br>2. Кинетические исследования;<br>3. Оценка значений основных кинетических параметров процесса выщелачивания активированного материала   |
| P3  | Лабораторная работа №3.<br>Исследование процесса окислительного обжига сульфидного молибденсодержащего сырья в присутствии соединений кальция  | ОПК-5-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-3-В1 | 1. Приобретение навыков обжига молибденитового концентрата;<br>2. Обработка результатов исследований с применением метода полного факторного эксперимента<br>3. Оптимизация режимов обжига  |
| P4  | Лабораторная работа №4.<br>Исследование сернокислотного разложения титанового сырья  | ПК-1-В1;ПК-3-В1;ОПК-2-В1   | 1. Характеристика сырья<br>2. Обоснование выбора варианта вскрытия<br>3. Технологические исследования<br>4. Описание технологической схемы<br>5. Составление материального баланса<br>6. Расчет расходных коэффициентов<br>7. Составление аппаратурно-технологической схемы |

|     |  |   |   |
|-----|--|---|---|
| P5  | Курсовой проект "Переработка сырья тугоплавких редких металлов"                                    | ОПК-5-В1;ОПК-4-В1;ОПК-2-В1;ОПК-1-В1;ПК-2-В1;ПК-3-В1;ПК-4-В1 | <p>Рекомендуется наличие следующих разделов:<br/> Введение;<br/> 1. Техническое описание и критический анализ объекта проектирования;<br/> 2. Технология производства/Описание и анализ технологических решений/Технологические расчеты;<br/> Выводы;<br/> Список литературы.<br/> Название и количество разделов может быть изменено с учетом разрабатываемых в проекте вопросов.</p> <p>Темы курсовых проектов<br/> 1. Проект отделения разложения шеелитового концентрата<br/> 2. Проект отделения разложения вольфрамитового концентрата<br/> 3. Проект отделения окислительного обжига молибденитового концентрата<br/> 4. Проект отделения производства паравольфрамата аммония<br/> 5. Проект отделения производства парамолибдата аммония<br/> 6. Проект отделения восстановления вольфрамового ангидрида водородом<br/> 7. Проект отделения восстановления молибденового ангидрида водородом<br/> 8. Проект получения спеченных молибденовых вольфрамовых штабиков<br/> 9. Проект получения спеченных молибденовых штабиков<br/> 10. Проект отделения хлорирования лопаритового концентрата<br/> 11. Проект отделения хлорирования титановых шлаков<br/> 12. Проект отделения очистки технического тетрахлорида титана<br/> 13. Проект отделения магнетермического восстановления тетрахлорида титана<br/> 14. Проект отделения переработки плава хлоридов процесса хлорирования лопаритового концентрата<br/> или иные темы по согласованию с научным руководителем</p> |
| P6  | Практические занятия по разделу 1.1. "Производство триоксида вольфрама"                            | ОПК-5-У1;ОПК-4-У1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У1           | <p>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия вольфрамового сырья<br/> Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия вольфрамового сырья<br/> Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>  |
| P7  | Практические занятия по разделу 1.2 "Производство триоксида молибдена и попутное извлечение рения" | ОПК-5-У1;ОПК-4-У1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У1;ПК-4-У2   | <p>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов.<br/> Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов.<br/> Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>  |
| P8  | Практические занятия по разделу 1.3 "Производство вольфрама, молибдена и рения"                    | ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-4-У1;ПК-4-У2                           | <p>Аппаратура и технология процессов производства вольфрама, молибдена и рения</p>  |
| P9  | Практические занятия по разделу 2.1 "Производство соединений тантала и ниобия из рудного сырья"    | ОПК-1-31;ОПК-5-У1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У2           | <p>Сопоставление технологических показателей способов разложения танталит-колумбитовых концентратов.<br/> Выбор варианта разделения в зависимости от способа переработки сырья и производства металла.<br/> Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>   |
| P10 | Практические занятия по разделу 2.2. "Производство тантала и ниобия"                               | ОПК-1-У1;ОПК-5-У1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У1           | <p>Сопоставление технологических показателей способов получения тантала и ниобия</p>  |
| P11 | Практические занятия по разделу 3.1. "Производство тетрахлорида титана"                            | ОПК-1-У1;ОПК-5-У1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У1;ПК-4-У2   | <p>Сопоставление технологических показателей способов производства титановых шлаков и искусственного рутила<br/> Сопоставление технологических показателей систем пылеулавливания и конденсации тетрахлорида титана.<br/> Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>   |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| P12  | Практические занятия по разделу 3.2 "Производство титана" | ОПК-1-У1;ОПК-5-У1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У1                                     | Сопоставление магнетермического и натриетермического процессов восстановления тетрахлорида титана.<br>Новые направления в производстве титана.  |
| P13  | Домашнее задание №1 (по разделу 1).                       | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-У1                  | Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта вольфрама и молибдена в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта |
| P14  | Домашнее задание №2 (по разделу 1)                        | ПК-4-У2   | Расчет основного и вспомогательного оборудования в производстве вольфрама, молибдена, рения   |
| P15  | Домашнее задание №3 (по разделу 2)                        | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1                                 | Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта тантала и ниобия в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта      |
| P16  | Домашнее задание №4 (по разделу 2)                        | ОПК-1-У1;ПК-4-У2  | Расчет основного и вспомогательного оборудования в производстве тантала и ниобия  |
| P17  | Домашнее задание №5 (по разделу 3)                        | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-4-У1 | Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта титана в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта                |
| <b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>                                       |   |   |   |
| В экзаменационных билетах 3 теоретических вопроса и 1 задача, на подготовку ответу отводится 1,5 часа. Билеты хранятся на кафедре. |   |   |   |

#### **5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

Курсовой проект оценивается отдельно.

По результатам защиты курсового проекта выставляется оценка: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется при условии, что:

- проект выполнен самостоятельно, носит творческий характер, возможно содержание элементов научной новизны;
- собран, обобщен и проанализирован достаточный объем литературных источников;
- при написании и защите проекта обучающимся продемонстрирован высокий уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, теоретические знания и наличие практических навыков;
- работа хорошо оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению курсовых проектов;
- на защите освещены все вопросы исследования, ответы обучающихся на вопросы профессионально грамотны, исчерпывающие, результаты исследования подкреплены статистическими критериями;

Оценка «хорошо» ставится, если:

- тема проекта раскрыта, однако выводы и рекомендации не всегда оригинальны и / или не имеют практической значимости, есть неточности при освещении отдельных вопросов темы;
- собран, обобщен и проанализирован необходимый объем литературы, но не по всем аспектам исследуемой темы сделаны выводы и обоснованы практические рекомендации;
- при написании и защите проекта обучающимся продемонстрирован средний уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и достаточных практических навыков;
- проект своевременно представлен на кафедру, есть отдельные недостатки в его оформлении;
- в процессе защиты проекта были неполные ответы на вопросы.

Оценка «удовлетворительно» ставится, когда:

- тема проекта раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов темы;
- в проекте недостаточно полно была использована литература, выводы и практические рекомендации не отражали в достаточной степени содержание работы;
- при написании и защите проекта обучающиеся продемонстрированы удовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций, поверхностный уровень теоретических знаний и практических навыков;
- проект своевременно представлен на кафедру, однако не в полном объеме по содержанию и / или оформлению соответствует предъявляемым требованиям;
- в процессе защиты выпускник недостаточно полно изложил основные положения проекта, испытывал затруднения при ответах на вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:

- содержание проекта не раскрывает тему, вопросы изложены бессистемно и поверхностно, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования;
- проект не оригинален,
- при написании и защите проекта обучающимся продемонстрирован неудовлетворительный уровень развития общекультурных и профессиональных компетенций;
- проект несвоевременно представлена на кафедру, не в полном объеме по содержанию и оформлению соответствует предъявляемым требованиям;
- на защите обучающийся показал поверхностные знания по исследуемой теме, отсутствие представлений об актуальных проблемах по теме работы, плохо отвечал на вопросы.

Оценка «не явка» – проект не сдал и на его защиту не явился.

### **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

#### **6.1. Рекомендуемая литература**

##### **6.1.1. Основная литература**

| Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|---------------------|----------|------------|-------------------|
|---------------------|----------|------------|-------------------|

|      | Авторы, составители   | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год    |
|------|---|---|------------------------|----------------------|
| Л1.1 | Зеликман А. Н.,<br>Меерсон Г. А.  | Металлургия редких металлов: учеб.пособие для студентов вузов по спец. 'Металлургия цвет.металлов'  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1973 |
| Л1.2 | Зеликман А. Н.,<br>Коршунов Б. Г.   | Металлургия редких металлов: Учебник для студ. вузов  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1991 |
| Л1.3 | Зеликман А. Н.  | Металлургия тугоплавких редких металлов: Учебник для вузов  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1986 |
| Л1.4 | Вольдман Г. М.  | Основы экстракционных и ионообменных процессов гидрометаллургии: Учеб.пособие для вузов по спец.'Металлургия цв.металлов' и 'Хим.технология редких и рассеян.элементов' | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1982 |
| Л1.5 | Гармата В. А.,<br>Петрунько А. Н.,<br>Галицкий Н. В., др.,<br>Гармата В. А. | Титан: Свойства, сырьевая база, физико-химические основы и способы получения  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1983 |
| Л1.6 | Зеликман А. Н.,<br>Колчин Ю. О.,<br>Коршунов Б. Г., др.,<br>Коршунов Б. Г.  | Металлургия редких металлов и порошковая металлургия: Пособие по применению ЭВМ при выполнении дом.заданий для студ.спец.11.02  | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1989      |
| Л1.7 | Богатырева Е. В.  | Производство тугоплавких редких металлов. Металлургия титана и его соединений (N 3176): учеб. пособие   | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2019    |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители                                    | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|--|---|------------------------|------------------------|
| Л2.1 | Зеликман А. Н.,<br>Никитина Л. С.                      | Вольфрам  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1978   |
| Л2.2 | Зеликман А. Н.   | Молибден  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1970   |
| Л2.3 | Зеликман А. Н.,<br>Вольдман Г. М.,<br>Беляевская Л. В. | Теория гидрометаллургических процессов: Учебник для вузов по спец. 'Металлургия цв. металлов' и 'Хим. технология редких и рассеян. элементов' | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1983   |
| Л2.4 | Вольдман Г. М.,<br>Зеликман А. Н.                      | Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'                                   | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgy, 1993   |
| Л2.5 | Богатырева Е. В.,<br>Медведев А. С.                    | Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум  | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2009 |

|       | Авторы, составители  | Заглавие  | Библиотека             | Издательство, год      |
|-------|--|---|------------------------|------------------------|
| Л2.6  | Медведев А. С.,<br>Богатырева Е. В.  | Теория гидрометаллургических процессов. Теория и практика гидрометаллургических процессов, лежащих в основе производства цветных и редких металлов: учеб. пособие | Электронная библиотека | М.: Изд-во МИСиС, 2009 |
| Л2.7  | Болотников Л. Е.   | Технологическое проектирование производства редких металлов   | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgia, 1973  |
| Л2.8  | Зеликман А. Н.,<br>Зеликман А. Н.,<br>Медведев А. С.                                       | Теория гидрометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 0402 и 0635  | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1987        |
| Л2.9  | Зеликман А. Н.,<br>Медведев А. С.,<br>Коршунов Б. Г.,<br>Зеликман А. Н.                    | Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 11.02, 01.2, 21.03   | Библиотека МИСиС       | М.: [МИСиС], 1992      |
| Л2.10 | Медведев А. С.,<br>Коршунов Б. Г.,<br>Коршунов Б. Г.                                       | Теория и технология производства редких и цветных металлов: Лаб.практикум для студ. спец. 0405  | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1987        |
| Л2.11 | Крейн О. Е.,<br>Беляевская Л. В.,<br>Вольдман Г. М., др.<br>Б. Г., Коршунов                | Металлургия редких металлов и порошковая металлургия: сб. задач по металлург. расчетам в производстве редких металлов: Учеб. пособие для студ. спец. 0402, 0635   | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1986        |
| Л2.12 | Коршунов Б. Г.,<br>Егорычев К. Н.,<br>Зеликман А. Н.,<br>Кулифеев В. К.,<br>Коршунов Б. Г. | Металлургия тугоплавких металлов и проектирование цехов: пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.02   | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1992        |
| Л2.13 | МИСиС, Коршунов<br>Б. Г.   | Вып.169: Металлургия редких металлов. Порошковая металлургия: Темат. сб. науч. тр.  | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgia, 1987  |
| Л2.14 | МИСиС, Коршунов<br>Б. Г.   | Вып.179: Научные основы процессов получения редких металлов, их соединений и композитов: Темат. сб. науч. тр.   | Библиотека МИСиС       | М.: Metallurgia, 1990  |
| Л2.15 | Болотников Л. Е.   | Основы проектирования и строительного дела: Общие вопросы организации проектирования: курс лекций для студ. спец. 11.02   | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1992        |
| Л2.16 | Медведев А. С.   | Выщелачивание и способы его интенсификации  | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2005 |
| Л2.17 | Болотников Л. Е.,<br>Лексин В. Н.  | Основы проектирования предприятий цветной металлургии. Разд. Основы технологического проектирования: курс лекций  | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1979        |

|       | Авторы, составители                                | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год      |
|-------|--|--|------------------------|------------------------|
| Л2.18 | Коршунов Б. Г.                                     | Теория гидрометаллургических процессов. Разд. Термодинамика и кинетика процессов выщелачивания: сб. вопросов и задач, учеб. пособие для домаш. работ | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1979        |
| Л2.19 | Ракова Н. Н.,<br>Кулифеев В. К.,<br>Коршунов Б. Г. | Металлургия редких металлов и порошковая металлургия. Разд.:<br>Металлургия редких металлов: лаб. практикум  | Библиотека МИСиС       | М.: Учеба, 1978        |
| Л2.20 | Богатырева Е. В.                                   | Прогрессивные технологии производства редких металлов: лабораторный практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. Металлургия             | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2013 |
| Л2.21 | Коржуков Н. Г.,<br>Коршунов Б. Г.                  | Химическое сродство и направление химических реакций: учеб. пособие для упражнений, семинар. занятий, коллоквиумов                                   | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 1974 |
| Л2.22 | Медведев А. С.,<br>Александров П. В.               | Современные методы и оборудование металлургии и материаловедения. Оборудование гидрометаллургических процессов (N 2929): учеб. пособие               | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2016      |

### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители   | Заглавие   | Библиотека             | Издательство, год      |
|------|---|--|------------------------|------------------------|
| Л3.1 | Колчин Ю. О.,<br>Миклушевский В. В.,<br>Богатырева Е. В.,<br>Стрижко В. С.,<br>Медведев А. С. | Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчет аппаратов гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. Металлургия цв. металлов | Электронная библиотека | М.: Учеба, 2006        |
| Л3.2 | Богатырева Е. В.,<br>Соколов В. А.,<br>Стрижко Л. С., др.                                     | Инженерные расчеты в металлургии: учеб. пособие  | Библиотека МИСиС       | М.: Изд-во МИСиС, 2015 |
| Л3.3 | Богатырева Е. В.  | Технологические расчеты в металлургии цветных металлов (N 2933): лаб. практикум  | Электронная библиотека | М.: [МИСиС], 2017      |

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |  |   |
|----|--|---|
| Э1 | U.S. Geological Survey (Геологическая служба США)                      | <a href="https://www.usgs.gov">https://www.usgs.gov</a>   |
| Э2 | Государственная публичная научно-техническая библиотека России         | <a href="http://www.gpntb.ru">http://www.gpntb.ru</a>   |
| Э3 | Российская Государственная Библиотека                                  | <a href="https://www.rsl.ru">https://www.rsl.ru</a>   |
| Э4 | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU                             | <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>   |
| Э5 | Наукометрическая база данных Scopus                                    | <a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>                                       |
| Э6 | Наукометрическая база данных Web of Science                            | <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>                     |
| Э7 | База данных патентов США (Ведомство по патентам и товарным знакам США) | <a href="https://www.uspto.gov">https://www.uspto.gov</a>   |
| Э8 | Базы данных Всемирной организации интеллектуальной собственности       | <a href="https://www.wipo.int/portal/en/index.html">https://www.wipo.int/portal/en/index.html</a> |
| Э9 | Esp@cenet (Европейская патентная организация)                          | <a href="https://worldwide.espacenet.com">https://worldwide.espacenet.com</a>                     |

|     |  |                        |
|-----|--|------------------------|
| Э10 | Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» | www1.fips.ru           |
| Э11 | Учебно-методическая литература для студентов   | https://www.studmed.ru |
| Э12 | Электронная библиотека рунета  | https://booksee.org/   |

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |   |
|-----|---|
| П.1 | Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr |
| П.2 | ESET NOD32 Antivirus  |
| П.3 | Win Pro 10 32-bit/64-bit  |
| П.4 | Microsoft Office  |
| П.5 | MS Teams  |

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

|     |   |
|-----|---|
| И.1 | База данных FactSage <a href="http://www.factsage.com">http://www.factsage.com</a>                            |
| И.2 | Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a> |
| И.3 | Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>    |

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд.                                  | Назначение   | Оснащение   |
|---------------------------------------|--|---|
| К-206                                 | Лаборатория "Гидрометаллургических процессов":   | проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная ИКА EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL   |
| Любой корпус<br>Мультимедийная        | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Любой корпус<br>Учебная аудитория     | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест  |
| К-206                                 | Лаборатория "Гидрометаллургических процессов":   | проектор с экраном; сушильная установка SNOL; печь трубчатая CABROLITE - 2шт.; печь муфельная ПТ200 - 2шт.; дистиллятор GFL; мешалка лабораторная ИКА EUROSTAR 20; весы AND GH-200; дистиллятор GFL   |
| Читальный зал №3 (Б)                  |  | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.    |
| Читальный зал №4 (Б)                  |  | комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета   |
| Читальный зал<br>электронных ресурсов |  | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.  |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint и мультимедийных средств.
2. Текущий контроль проводится в часы практических занятий.
3. Курсовой проект выполняется с использованием средств MS Офис.
4. Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты используют специальные базы данных
5. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail и при личной явке.