

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.10.2023 14:47:43

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.1

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Металлы высоких технологий

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

72

курсовой проект 2

самостоятельная работа

36

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	54	54	54	54
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	36	36	36	36
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Божко Галина Геннадьевна*

Рабочая программа

**Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.1**

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 Металлургия, 22.04.02-ММТ-23-18.plx Металлы высоких технологий, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Металлы высоких технологий, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 14.03.2023 г., №11

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.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Инженерные расчеты	
2.1.2	Процессы и аппараты гидromеталлургического производства	
2.1.3	Процессы и аппараты пирометаллургического производства	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Автогенные процессы цветной металлургии	
2.2.2	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.2.3	Моделирование и оптимизация металлургических процессов	
2.2.4	Новые направления экстрактивной металлургии	
2.2.5	Получение особо чистых веществ	
2.2.6	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.2.7	Ресурсо- и энергосбережение в производстве легких редких металлов, ч.2	
2.2.8	Ресурсо- и энергосбережение в производстве редкоземельных металлов, ч.2	
2.2.9	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.2	
2.2.10	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тяжелых цветных металлов и сопутствующих элементов, ч.2	
2.2.11	Управление проектами	
2.2.12	Цифровизация производства	
2.2.13	Экономика и организация производства	
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика	
2.2.16	Экоаудит металлургических технологий	

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

<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>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 металлов высоких технологий</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 Теоретические и технологические основы процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений
<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>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 технологических решений переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов металлов высоких технологий</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 Теоретические и технологические основы прогрессивных технологий и новейших способов интенсификации металлургических процессов производства цветных металлов
<b>ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 Методы проведения исследований и разработок
<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>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>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-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 Проводить расчет эффективности использования материалов
<b>ПК-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологических решений переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов металлов высоких технологий</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>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>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>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>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве металлов высоких технологий</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 Проводить анализ процессов и/или технологических схем получения цветных металлов и их соединений для выбора направления их совершенствования. Выбирать оборудование для основных металлургических процессов в области производства цветных металлов и их соединений
<b>ПК-3: Способен осуществлять менеджмент ресурсов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Владеть навыком анализа эффективности использования материалов
<b>ПК-4: Способен разрабатывать предложения по повышению эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов в производстве металлов высоких технологий</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навыком обоснованного выбора процесса и/или технологической схемы производства цветных металлов и их соединений с учетом экологических требований и экономической целесообразности
<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>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-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-2: Способен применять профессиональные знания для создания гибких, многоцелевых и/или энергосберегающих прогрессивных металлургических процессов и технологических решений переработки первичных и/или вторичных сырьевых ресурсов металлов высоких технологий</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Навыками в формировании и аргументации собственных суждений и научной позиции в области разработки и исследований процессов 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 Навыками в анализе результатов и наблюдений
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизировать 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

#### 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. /Лек/	2	6	ОПК-5-31 ОПК-2-31 ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.6 Л1.7 Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Л2.13 Л2.14 Л2.15 Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9		КМ2	
1.2	Курсовой проект "Переработка сырья тугоплавких редких металлов с применением ресурсо- и энергосберегающих технологий" /Ср/	2	24	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ОПК-5-В1 ОПК-2-В1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.1 Л1.4 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.5 Л1.1 Л1.6 Л1.7 Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Л2.13 Л2.14 Л2.15 Л2.1Л3.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9		КМ1	Р1
	<b>Раздел 2. Ресурсо- и энергосбережение в производстве вольфрама, молибдена, рения</b>							
2.1	1.1 Производство триоксида вольфрама Динамика производства и потребления вольфрама. Минерально-сырьевая база вольфрама, требования к концентратам и готовой продукции. Обзор промышленных схем переработки вольфрамовых концентратов. Физико-химические основы способов вскрытия вольфрамовых концентратов. Направления совершенствования и интенсификации процессов вскрытия вольфрамовых концентратов. Способы переработки продуктов вскрытия /Лек/	2	10	ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.1Л2.1 Л2.4 Л2.5 Л1.1 Л2.7 Л2.8 Л1.1 Л2.11 Л2.12 Л2.13 Л2.14 Л2.15 Л1.1 Л3.8Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9		КМ2	

2.2	<p>Практические занятия по разделу 1.1. "Производство триоксида вольфрама"          Выбор и обоснование процесса вскрытия вольфрамсодержащего сырья. Расчет материального баланса по технологической схеме.          Сопоставление технологических показателей способов вскрытия вольфрамового сырья          Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия вольфрамового сырья          Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/</p>	2	2	<p>ОПК-5-У1          ОПК-1-У1 ПК-2-В1          ПК-3-У1 ПК-3-В1          ПК-4-У1          ПК-4-В1</p>	<p>Л1.1 Л1.2          Л1.3 Л1.1          Л1.1 Л1.1          Л1.1 Л1.1          Л1.1Л2.1          Л2.4 Л2.5          Л2.7 Л1.1          Л2.11 Л2.12          Л2.13Л3.8</p>			Р2
2.3	<p>1.2 Производство триоксида молибдена и попутное извлечение рения          Динамика производства и потребления молибдена и рения. Минерально-сырьевая база молибдена и рения, требования к концентратам и готовой продукции.          Обзор промышленных схем переработки молибденовых концентратов.          Физико-химические основы окислительного обжига молибденитовых концентратов. Практика обжига и переработка огарков. Направления совершенствования и интенсификации процессов.          Гидрометаллургические способы окислительного выщелачивания молибденитовых концентратов и промпродуктов .          Попутное извлечение рения при переработке молибденового сырья.          /Лек/</p>	2	12	<p>ОПК-4-31          ОПК-5-31          ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-3-31          ПК-4-31</p>	<p>Л1.1 Л1.2          Л1.3 Л1.4          Л1.1 Л1.1          Л1.1Л2.2          Л1.1 Л2.4          Л2.5 Л2.7          Л2.8 Л2.11          Л2.12 Л2.13          Л2.14Л1.1          Э1 Э2 Э3 Э4          Э5 Э6 Э7 Э8          Э9</p>		КМ2	

2.4	<p>Практические занятия по разделу 1.2 "Производство триоксида молибдена и попутное извлечение рения"</p> <p>Исследование процесса окислительного обжига сульфидного молибденсодержащего сырья . Изучение влияния режимов процесса обжига на качество молибденового огарка.</p> <p>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов.</p> <p>Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов.</p> <p>Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/</p>	2	8	<p>ОПК-5-У1 ОПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1Л2.2 Л1.1 Л2.7 Л2.8 Л2.11 Л2.12 Л2.13 Л2.14 Л2.15Л3.8</p>			Р3
2.5	<p>1.3 Производство металлического вольфрама, молибдена и рения</p> <p>Термодинамика и кинетика восстановления триоксида вольфрама, триоксида молибдена и перрената аммония водородом.</p> <p>Практика процессов.</p> <p>Основы производства компактных вольфрама, молибдена, рения методом порошковой металлургии.</p> <p>Направления совершенствования и интенсификации процессов.</p> <p>Электродуговая и электроннолучевая плавки вольфрама и молибдена.</p> <p>/Лек/</p>	2	12	<p>ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-1-31 ПК-1-31 ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-4-31</p>	<p>Л2.1 Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.1Л2.2 Л1.1 Л2.11 Л2.12Л1.1 Л1.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9</p>		КМ2	
2.6	<p>Практические занятия по разделу 1.3 "Производство металлического вольфрама, молибдена и рения"</p> <p>Аппаратура и технология процессов производства вольфрама, молибдена и рения /Пр/</p>	2	4	<p>ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1</p>	<p>Л2.1 Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.2 Л1.1 Л1.1 Л1.1Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л2.11 Л2.12Л3.8 Э1 Э2 Э9</p>			Р4



2.7	<p>Домашнее задание №1. Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта вольфрама и молибдена в зависимости от химического и минералогического состава и заданного конечного продукта</p> <p>Домашнее задание №2. Расчет основного и вспомогательного оборудования в производстве вольфрама, молибдена, рения /Ср/</p>	2	6	<p>ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-4-У1 ПК-4-В1</p>	<p>Л2.1 Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.2 Л1.1 Л1.1 Л2.8 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1Л1.1 Л2.11 Л2.12 Л2.13Л1.1 Э2 Э4 Э7 Э9</p>				P7,P8
	<b>Раздел 3. Ресурс- и энергосбережение в производстве тантала и ниобия</b>								
3.1	<p>2.1 Производство соединений тантала и ниобия из рудного сырья Динамика производства и потребления тантала и ниобия. Минерально-сырьевая база тантала и ниобия, требования к концентратам и готовой продукции. 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 /Лек/</p>	2	14	<p>ОПК-4-31 ОПК-5-31 ОПК-1-31 ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-4-31</p>	<p>Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л1.1 Л2.12 Л2.13 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8 Э9</p>			КМ2	

3.2	Практические занятия по разделу "Производство тантала и ниобия" Сопоставление технологических показателей способов разложения танталит-колумбитовых концентратов. Выбор варианта разделения тантала и ниобия в зависимости от способа переработки сырья и конечного продукта. Сопоставление технологических показателей способов получения металлических тантала и ниобия. Выбор основного и вспомогательного оборудования /Пр/	2	4	ОПК-5-У1 ОПК-1-У1 ПК-1-В1 -1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л1.1 Л2.11 Л1.1 Л1.1Л3.8 Э3 Э4 Э5 Э6			Р6,Р5
3.3	Домашнее задание №2. Выбор и обоснование варианта схемы переработки рудного концентрата или промпродукта тантала и ниобия в зависимости от химического и минералогического состава и качества заданного конечного продукта /Ср/	2	6	ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л1.1 Л1.1 Л2.7Л1.1 Л1.1 Л2.1 Л1.1 Э2 Э4 Э5			Р9

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Защита курсового проекта	ОПК-1-В1;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-2-У1;ОПК-1-31;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-4-В1	<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-2-31;ПК-4-31	<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> </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	Курсовой проект "Переработка сырья тугоплавких редких металлов"	ОПК-5-В1;ОПК-4-В1;ОПК-2-В1;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-4-У1;ПК-4-В1	<p>Рекомендуется наличие следующих разделов: Введение; 1. Техническое описание и критический анализ объекта проектирования; 2. Технология производства/Описание и анализ технологических решений/Технологические расчеты; Выводы; Список литературы. Название и количество разделов может быть изменено с учетом разрабатываемых в проекте вопросов.</p> <p>Темы курсовых проектов 1. Проект отделения разложения шеелитового концентрата 2. Проект отделения разложения вольфрамитового концентрата 3. Проект отделения окислительного обжига молибденитового концентрата 4. Проект отделения производства паравольфрамата аммония 5. Проект отделения производства парамолибдата аммония 6. Проект отделения восстановления вольфрамового ангидрида водородом 7. Проект отделения восстановления молибденового ангидрида водородом 8. Проект получения спеченных молибденовых вольфрамовых штабиков 9. Проект получения спеченных молибденовых штабиков 10. Проект отделения хлорирования лопаритового концентрата 11. Проект отделения переработки плава хлоридов процесса хлорирования лопаритового концентрата или иные темы по согласованию с научным руководителем</p>
P2	Практические занятия по разделу 1.1. "Производство триоксида вольфрама"	ОПК-5-У1;ОПК-4-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-В1;ПК-4-У1	<p>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия вольфрамового сырья Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия вольфрамового сырья Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>
P3	Практические занятия по разделу 1.2 "Производство триоксида молибдена и попутное извлечение рения"	ОПК-5-У1;ОПК-4-У1;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-2-В1	<p>Сопоставление технологических показателей способов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов. Сопоставление технологических показателей способов переработки продуктов вскрытия молибденитовых концентратов и промпродуктов. Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>
P4	Практические занятия по разделу 1.3 "Производство вольфрама, молибдена и рения"	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-3-В1;ПК-3-У1;ПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-2-У1	Аппаратура и технология процессов производства вольфрама, молибдена и рения
P5	Практические занятия по разделу 1 "Производство соединений тантала и ниобия из рудного сырья"	ОПК-1-31;ОПК-5-У1;ПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-2-В1	<p>Сопоставление технологических показателей способов разложения танталит-колумбитовых концентратов. Выбор варианта разделения в зависимости от способа переработки сырья и производства металла. Выбор основного и вспомогательного оборудования</p>
P6	Практические занятия по разделу 2 "Производство тантала и ниобия"	ОПК-1-У1;ОПК-5-У1;ПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-1-У1;ПК-1-31	Сопоставление технологических показателей способов получения тантала и ниобия
P7	Домашнее задание №1 (по разделу 1).	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-5-У1;ПК-4-В1;ПК-4-У1;ПК-3-В1;ПК-3-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

P8	Домашнее задание №2 (по разделу 1)	ОПК-4-В1;ОПК-2-У1;ОПК-1-У1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Расчет основного и вспомогательного оборудования в производстве вольфрама, молибдена, рения
P9	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
<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 ответа 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., Меерсон Г. А.	Металлургия редких металлов: учеб.пособие для студентов вузов по спец. 'Металлургия цвет.металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1973
Л1.2	Зеликман А. Н., Коршунов Б. Г.	Металлургия редких металлов: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1991
Л1.3	Зеликман А. Н.	Металлургия тугоплавких редких металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 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.: Metallurgia, 1982
Л1.5	Зеликман Абрам Наумович, Колчин Юрий Олегович, Коршунов Борис Георгиевич, др., Коршунов Борис Георгиевич	Металлургия редких металлов и порошковая металлургия: Пособие по применению ЭВМ при выполнении дом.заданий для студ. спец.11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989
Л1.6	Болотников Лев Ефимович	Основы проектирования и строительного дела: Общие вопросы организации проектирования: курс лекций для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1992
Л1.7	Болотников Лев Ефимович, Лексин Владимир Николаевич	Основы проектирования предприятий цветной металлургии. Разд. Основы технологического проектирования: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1979

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Зеликман А. Н., Никитина Л. С.	Вольфрам	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1978
Л2.2	Зеликман А. Н.	Молибден	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1970
Л2.3	Колчин Юрий Олегович, Миклушевский Владимир Владимирович, Богатырева Елена Владимировна, Стрижко Владимир Семенович, Медведев Александр Сергеевич	Оборудование гидрометаллургических процессов. Расчет аппаратов гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для студ. вузов спец. Металлургия цв. металлов	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.4	Зеликман А. Н., Вольдман Г. М., Беляевская Л. В.	Теория гидрометаллургических процессов: Учебник для вузов по спец. 'Металлургия цв. металлов' и 'Хим. технология редких и рассеян. элементов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1983

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.5	Вольдман Г. М., Зеликман А. Н.	Теория гидрометаллургических процессов: учебник для вузов по спец. 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993
Л2.6	Богатырева Елена Владимировна, Медведев Александр Сергеевич	Теория гидрометаллургических процессов редких и радиоактивных металлов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л2.7	Зеликман Абрам Наумович, Медведев Александр Сергеевич, Зеликман Абрам Наумович	Теория гидрометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 0402 и 0635	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.8	Зеликман Абрам Наумович, Медведев Александр Сергеевич, Коршунов Борис Георгиевич, Зеликман Абрам Наумович	Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 11.02, 01.2, 21.03	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1992
Л2.9	Медведев Александр Сергеевич, Коршунов Борис Георгиевич, Коршунов Борис Георгиевич	Теория и технология производства редких и цветных металлов: Лаб.практикум для студ.спец.0405	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л2.10	Коршунов Борис Георгиевич, Егорычев Ким Николаевич, Зеликман Абрам Наумович, Кулифеев Владимир Константинович, Коршунов Борис Георгиевич	Металлургия тугоплавких металлов и проектирование цехов: пособие для практ. занятий для студ.спец.11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1992
Л2.11	МИСиС, Коршунов Б. Г.	Вып.169: Металлургия редких металлов. Порошковая металлургия: Темат.сб.науч.тр.	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л2.12	МИСиС, Коршунов Б. Г.	Вып.179: Научные основы процессов получения редких металлов, их соединений и композитов: Темат.сб.науч.тр.	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л2.13	Медведев А. С.	Выщелачивание и способы его интенсификации	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.14	Коршунов Борис Георгиевич	Теория гидрометаллургических процессов. Разд. Термодинамика и кинетика процессов выщелачивания: сб. вопросов и задач, учеб. пособие для домаш. работ	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1979



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.15	Ракова Н. Н., Кулифеев В. К., Коршунов Б. Г.	Металлургия редких металлов и порошковая металлургия. Разд.: Металлургия редких металлов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1978
Л2.16	Медведев Александр Сергеевич, Александров Павел Владимирович	Современные методы и оборудование металлургии и материаловедения. Оборудование гидromеталлургических процессов (N 2929): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Медведев Александр Сергеевич, Богатырева Елена Владимировна	Теория гидromеталлургических процессов. Теория и практика гидromеталлургических процессов, лежащих в основе производства цветных и редких металлов: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л3.2	Болотников Л. Е.	Технологическое проектирование производства редких металлов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1973
Л3.3	Гармата В. А., Петрунько А. Н., Галицкий Н. В., др., Гармата В. А.	Титан: Свойства, сырьевая база, физико-химические основы и способы получения	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1983
Л3.4	Крейн Ольга Ефимовна, Беляевская Людмила Васильевна, Вольдман Григорий Маркович, др., Коршунов Борис Георгиевич	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
Л3.5	Богатырева Елена Владимировна	Прогрессивные технологии производства редких металлов: лабораторный практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. Металлургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л3.6	Богатырева Елена Владимировна, Соколов В. А., Стрижко Леонид Семенович, др.	Инженерные расчеты в металлургии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л3.7	Богатырева Елена Владимировна	Производство тугоплавких редких металлов. Металлургия титана и его соединений (N 3176): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л3.8	Богатырева Елена Владимировна	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	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>
Э8	Esp@cenet (Европейская патентная организация)	<a href="https://worldwide.espacenet.com">https://worldwide.espacenet.com</a>
Э9	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru">https://www.studmed.ru</a>

### 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	Учебная аудитория	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 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 Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
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 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 Office.
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.