

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

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 энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 11

аудиторные занятия

119

самостоятельная работа

25

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	119	119	119	119
Контактная работа	119	119	119	119
Сам. работа	25	25	25	25
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Кропачев Андрей Николаевич*

Рабочая программа

**Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 16.05.2023 г., №14

Руководитель подразделения Тарасов В.П.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также подготовка специалиста к научно-технической и организационно-методической деятельности, ориентированной на производство редкоземельных и радиоактивных металлов из различных видов природного сырья, а также в области маркетинга.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	- сформировать представления об использовании научного подхода при производстве редких редкоземельных и радиоактивных металлов;
1.4	- ознакомить с алгоритмом выбора технологической схемы получения металлов с учётом экологических требований и экономической целесообразности, а также оборудования для основных металлургических процессов в области металлургии редких металлов;
1.5	- сформировать культуру постановки физико-химических экспериментов, необходимых для технологического опробования восстановительных процессов.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.21
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Автоматизация машин и агрегатов ОМД	
2.1.2	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов	
2.1.3	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства	
2.1.4	Компьютерное проектирование и инжиниринг	
2.1.5	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей	
2.1.6	Моделирование технологических процессов	
2.1.7	Основы теории сварки и пайки литых изделий	
2.1.8	Особенности получения высокоточных отливок	
2.1.9	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы	
2.1.10	Производство прямовосстановленного железа	
2.1.11	Промышленная экология и технологии декарбонизации	
2.1.12	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов	
2.1.13	Современные производственные технологии	
2.1.14	Информационные технологии в деформационной обработке металлов	
2.1.15	Комплексное использование сырья и техногенных материалов	
2.1.16	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения	
2.1.17	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов	
2.1.18	Материаловедение неметаллических материалов	
2.1.19	Методы исследования технологических процессов и оборудования	
2.1.20	Моделирование процессов и объектов в металлургии	
2.1.21	Наилучшие доступные технологии в металлургии	
2.1.22	Оборудование литейных цехов	
2.1.23	Основы аддитивных технологий	
2.1.24	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов	
2.1.25	Производство легких металлов	
2.1.26	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.27	Производство редких металлов	
2.1.28	Современные методы исследования металлических материалов	
2.1.29	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования	
2.1.30	Специальные способы литья	
2.1.31	Теория металлургических процессов	
2.1.32	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем	
2.1.33	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.1.34	Экология металлургического производства	
2.1.35	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях	
2.1.36	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.1.37	Логистика вторичных ресурсов	

2.1.38	Металловедение, часть 2
2.1.39	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов
2.1.40	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ
2.1.41	Модельное производство
2.1.42	Огнеупоры металлургического производства
2.1.43	Производство отливок из стали и чугуна
2.1.44	Производство тяжелых цветных металлов
2.1.45	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.1.46	Технологические линии и комплексы ОМД
2.1.47	Физико-механические свойства металлов
2.1.48	Химия окружающей среды
2.1.49	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов
2.1.50	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД
2.1.51	Конструирование литейной оснастки, раздел 1
2.1.52	Металловедение, часть 1
2.1.53	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.1.54	Металлургия тяжелых цветных металлов
2.1.55	Методы анализа структуры металлов и сплавов
2.1.56	Метрология и измерительная техника
2.1.57	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.1.58	Современные методы производства сплошных и полых изделий
2.1.59	Теория и технология производства стали в электропечах
2.1.60	Теплотехника и экодизайн металлургических печей
2.1.61	Технологии и оборудование для модификации поверхности
2.1.62	Технология композиционных материалов
2.1.63	Металлургия алюминия и магния
2.1.64	Производство стали в конвертерах
2.1.65	Процессы формования и спекания металлических порошков
2.1.66	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением
2.1.67	Рециклинг металлов
2.1.68	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента
2.1.69	Технология литейного производства
2.1.70	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов
2.1.71	Инженерные расчеты в металлургии
2.1.72	Методы исследования свойств металлов и сплавов
2.1.73	Организация и математическое планирование эксперимента
2.1.74	Органическая химия в металлургии
2.1.75	Основы пиро- и гидрометаллургического производства
2.1.76	Основы теории литейных процессов
2.1.77	Потребительские свойства металлургической продукции
2.1.78	Процессы получения металлических порошков
2.1.79	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий
2.1.80	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации
2.1.81	Термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.1.82	Технологические измерения и приборы
2.1.83	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.1.84	ARTCAD
2.1.85	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности
2.1.86	Обогащение руд
2.1.87	Оборудование для процессов порошковой металлургии
2.1.88	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов
2.1.89	Основы минералогии и петрографии
2.1.90	Прикладная кристаллография

2.1.91	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.92	Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Научно-исследовательская работа
2.2.2	Научно-исследовательская работа
2.2.3	Научно-исследовательская работа
2.2.4	Научно-исследовательская работа
2.2.5	Научно-исследовательская работа
2.2.6	Научно-исследовательская работа
2.2.7	Научно-исследовательская работа
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.14	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

**ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий**

**Знать:**

ПК-3-31 Способы расчета эффективности использования материалов

**ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов**

**Знать:**

ПК-1-32 Научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок

ПК-1-31 Методы проведения исследований и разработок

**ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий**

**Уметь:**

ПК-3-У1 Проводить расчет эффективности использования материалов

**ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов**

**Уметь:**

ПК-1-У1 Применять методы анализа результатов исследований и разработок

**ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий**

**Владеть:**

ПК-3-В1 Анализом эффективности использования материалов

**ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов**

**Владеть:**

ПК-1-В1 Методами проведения 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. Роль атомной энергетики в 21 столетии</b>							

1.1	Рост потребления энергии в мире – снижение запасов органического топлива. Устройство атомного энергетического реактора. Основные материалы металлургического класса, необходимые для работы ядерного реактора /Лек/	11	2	ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
1.2	Расчёт общего коэффициента опасности ядерных материалов и требования МАГАТЭ /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			Р7
<b>Раздел 2. Мировые урановые ресурсы</b>								
2.1	Месторождения, минералы, руды и концентраты. Основные способы переработки урановых руд. Производство химических соединений, пригодных для получения урана /Лек/	11	14	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
2.2	Металлотермическое получение урана /Пр/	11	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э3 Э5			Р10
2.3	Экстракционная очистка урановых концентратов /Лаб/	11	4	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э5			Р6
2.4	Подготовка к контрольной работе №1 «Современное состояние атомной энергетики, циклы оборота ядерных материалов» /Ср/	11	4	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			Р8
2.5	Контрольная работа 1 /Пр/	11	1	ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1				КМ2
<b>Раздел 3. Мировые ресурсы редкоземельного сырья</b>								

3.1	Месторождения, минералы, руды и концентраты. Основные способы переработки редкоземельного сырья. Производство химических соединений, пригодных для получения РЗМ /Лек/	11	16	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
3.2	Способы получения металлического ниобия. Производство ферросплавов. Аллюминотермическое получение кальция. Маркетинговые исследования по редкоземельным металлам. Восстановительные процессы в технологии РЗМ. /Пр/	11	14	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			Р9
3.3	Лабораторная работа №1. Исследование экстракции неодима ТБФ в режиме противотока /Лаб/	11	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12			Р6
3.4	Лабораторная работа №2. Карботермическое вскрытие перовскитового концентрата /Лаб/	11	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12			Р5
3.5	Подготовка к контрольной работе 2 «Современные перспективные месторождения и способы переработки руд и концентратов» /Ср/	11	4	ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			Р11
3.6	Домашнее задание №1. "Расчёт суточного полного пооперационного материального баланса технологической схемы по теме ВКР" /Ср/	11	9	ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э5			Р4
3.7	Контрольная работа 2 /Пр/	11	1	ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1			КМЗ	
	<b>Раздел 4. Теоретические основы восстановительных процессов</b>							
4.1	Основные способы получения металлов. Расчёт термодинамических функций восстановительных реакций. Сравнительная восстановительная способность двух металлов в координатах ΔG-T /Лек/	11	12	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э5			

4.2	Расчёт тепловых условий восстановительных реакций. Расчёт теоретической температуры восстановительных реакций. Выбор металла восстановителя и исходного соединения. /Пр/	11	6	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э5			Р13
4.3	Лабораторная работа №3. Аллюминотермическое получение феррониобия /Лаб/	11	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.4 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.10 Л2.11 Л2.12			Р3
<b>Раздел 5. Термодинамика вакуумных восстановительных реакций</b>								
5.1	Графическая интерпретация поправок на вакуум при окислительных процессах. Графическая интерпретация поправок на вакуум при восстановительных процессах. Термодинамический анализ вакуумных восстановительных процессов /Лек/	11	12	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Э1 Э5			
5.2	Расчёт поправки на вакуум при окислительных процессах. Расчёт поправки на вакуум при восстановительных процессах. /Пр/	11	4	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Э1 Э5			Р13
5.3	Домашнее задание №2. "Расчёт основного и вспомогательного оборудования технологической схемы" /Ср/	11	8	ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.6			Р2
<b>Раздел 6. Выбор и обоснование основных параметров восстановительных процессов при получении металлов для атомной техники</b>								
6.1	Выбор металла-восстановителя. Расчёт тепловых условий восстановительных процессов. Расчёт теоретической температуры восстановления /Лек/	11	12	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.9 Л2.11 Э1 Э5			
6.2	Технологические способы сдвига восстановительных реакций. /Пр/	11	4	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.2 Э1 Э5			Р14
6.3	Лабораторная работа №4. Моделирование процесса металлотермического получения высокоактивных редких металлов на ЭВМ /Лаб/	11	5	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6			Р1



**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	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-3-31;ПК-3-У1	<p>Примерные Экзаменационные вопросы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Предложите способы предварительной подготовки руд (в т.ч. урановых), перечислите цели, достигаемые при этом;</li> <li>2. Предложите способы интенсификации процессов вскрытия урановых руд;</li> <li>3. Укажите источники возможных потерь урана в процессах подготовки и гидрометаллургической переработки, каковы пути снижения таких потерь;</li> <li>4. Для чего вводится окислитель при вскрытии первичных урановых руд; предложите способы снижения расхода окислителя (например, <math>MnO_2</math>) или вообще возможность отказа от использования пиролюзита;</li> <li>5. Укажите основные признаки, которые влияют на выбор кислотного или карбонатного способа вскрытия; отчего зависит расход реагентов; как влияет наличие в руде сульфидных минералов на этот показатель;</li> <li>6. В цепочке аппаратов кислотного вскрытия прибор показал окислительно-восстановительный потенциал пульпы 0.25 вольт; оцените создавшееся положение и дайте указание аппаратчику;</li> <li>7. При карбонатном способе вскрытия резко упало извлечение урана; выяснилось, что в содовую пульпу не добавили бикарбонат-ион; Ваши действия и объяснения создавшегося положения;</li> <li>8. Форма нахождения ионов урана в сернокислотных и карбонатных средах; в каком виде при этом находятся основные примеси;</li> <li>9. Основной критерий выбора ионообменного или экстракционного способов обработки кислых или карбонатных урановых пульп.</li> </ol>
КМ2	Контрольная работа 1	ПК-1-32;ПК-3-31;ПК-3-У1	<p>Современное состояние атомной энергетики, циклы оборота ядерных материалов:</p> <p>АЭС РФ и мира</p> <p>классификация энергетических ресурсов</p> <p>классификация техногенного сырья</p> <p>устройство АЭС</p> <p>типы реакторов на тепловых нейтронах, быстрых нейтронах, термоядерные</p> <p>конструкционные материалы АЭС</p> <p>Замкнутый и незамкнутый циклы оборота ядерных материалов</p>
КМ3	Контрольная работа 2	ПК-1-32;ПК-3-31;ПК-3-В1	<p>Современные перспективные месторождения и способы переработки руд и концентратов:</p> <p>основные месторождения руд, предприятия по их переработке</p> <p>морфология и минерализация</p> <p>основные технологические процессы в зависимости от состава руд и концентратов</p> <p>проблематика месторождений в современных экономических условиях</p> <p>экологические аспекты переработки бедных руд</p>

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Лабораторная работа №4. Моделирование процесса металлотермического получения высокоактивных редких металлов на ЭВМ	ПК-1-32;ПК-3-У1	Исследование процесса металлотермического получения высокоактивных редких металлов на ЭВМ. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР

P2	Домашнее задание №2. "Расчёт основного и вспомогательного оборудования технологической схемы"	ПК-1-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1	По результатам домашнего задания №1 провести расчёт восстановительного процесса с указанием необходимых количественных параметров (тепловой эффект реакции, автогенность процесса, оборудование). Провести расчёт основного и вспомогательного оборудования технологической схемы из ДЗ№1
P3	Лабораторная работа №3. Аллюминотермическое получение феррониобия	ПК-1-32;ПК-3-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-В1	Исследование процесса аллюминотермического получения феррониобия. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P4	Домашнее задание №1. "Расчёт суточного полного пооперационного материального баланса технологической схемы по теме ВКР"	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Расчёт суточного полного пооперационного материального баланса технологической схемы по теме ВКР  Примеры тем домашнего задания 1: 1 Рассчитать суточный материальный баланс схемы вскрытия уранового концентрата (%: $U_3O_8$ – 1,0 ( $UO_2$ – уранинит); $FeO$ – 1,5 ( $FeS_2$ – пирит); $FeO$ - 0,3 ( $FeCO_3$ – сидерит); $Al_2O_3$ – 19,9 ( $Al(OH)_3$ – гидраргилит); $SiO_2$ - 52,5 (в том числе 7,6 в виде $CaO \cdot 2SiO_2$ , остальное – кварц – $SiO_2$ )); 2 Рассчитать суточный материальный баланс схемы вскрытия сподуменового концентрата $Li_2O$ -6,0 (сподумен); $K_2O$ – 0,6 ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ – алюмосиликат калия); $Na_2O$ – 0,5 ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ); остальная окись алюминия связана в $Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$ ; всего $Al_2O_3$ – 29, $FeO$ - 0,5; прочие- до 100% (несколько тем ДЗ)
P5	Лабораторная работа №2. Карботермическое вскрытие перовскитового концентрата	ПК-1-В1;ПК-3-В1	Исследование процесса карботермического вскрытия перовскитового концентрата. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P6	Лабораторная работа №1. Исследование экстракции неодима ТБФ в режиме противотока	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-3-31	Исследование процесса экстракции неодима ТБФ в режиме противотока. Изучение процесса, установление зависимостей, формулирование выводов по поставленной цели ЛР
P7	Практическая работа 1	ПК-1-32;ПК-3-В1	Расчёт общего коэффициента опасности ядерных материалов и требования МАГАТЭ
P8	Самостоятельная работа 1	ПК-1-32;ПК-3-31;ПК-3-В1	Подготовка к контрольной работе №1 «Современное состояние атомной энергетики, циклы оборота ядерных материалов»
P9	Практическая работа 3	ПК-1-У1;ПК-3-У1	Способы получения металлического ниобия. Производство ферросплавов. Аллюминотермическое получение кальция. Маркетинговые исследования по редкоземельным металлам. Восстановительные процессы в технологии РЗМ.
P10	Практическая работа 2	ПК-1-У1;ПК-3-У1	Металлотермическое получение урана. Способы, восстановители, физико-химические основы восстановительных процессов
P11	Самостоятельная работа 2	ПК-1-32;ПК-1-31;ПК-3-31;ПК-3-У1	Подготовка к контрольной работе 2 «Современные перспективные месторождения и способы переработки руд и концентратов»
P12	Практическая работа 3	ПК-1-У1;ПК-3-У1	Расчёт тепловых условий восстановительных реакций. Расчёт теоретической температуры восстановительных реакций. Выбор металла восстановителя и исходного соединения.
P13	Практическая работа 4	ПК-1-У1;ПК-3-У1	Расчёт поправки на вакуум при окислительных процессах. Расчёт поправки на вакуум при восстановительных процессах
P14	Практическая работа 5	ПК-1-У1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Технологические способы сдвига восстановительных реакций

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Примерные Экзаменационные вопросы

1. Предложите способы предварительной подготовки руд (в т.ч. урановых), перечислите цели, достигаемые при этом;
2. Предложите способы интенсификации процессов вскрытия урановых руд;
3. Укажите источники возможных потерь урана в процессах подготовки и гидрометаллургической переработки, каковы пути снижения таких потерь;
4. Для чего вводится окислитель при вскрытии первичных урановых руд; предложите способы снижения расхода окислителя (например,  $MnO_2$ ) или вообще возможность отказа от использования пиролюзита;
5. Укажите основные признаки, которые влияют на выбор кислотного или карбонатного способа вскрытия; от чего зависит расход реагентов; как влияет наличие в руде сульфидных минералов на этот показатель;
6. В цепочке аппаратов кислотного вскрытия прибор показал окислительно-восстановительный потенциал пульпы 0.25 вольт; оцените создавшееся положение и дайте указание аппаратчику;
7. При карбонатном способе вскрытия резко упало извлечение урана; выяснилось, что в содовую пульпу не добавили бикарбонат-ион; Ваши действия и объяснения создавшегося положения;
8. Форма нахождения ионов урана в сернокислотных и карбонатных средах; в каком виде при этом находятся основные примеси;
9. Основной критерий выбора ионообменного или экстракционного способов обработки кислых или карбонатных урановых пульп.

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

По курсу предусмотрен экзамен. Экзамен проставляется на основе оценок текущего контроля (двух контрольных работ и докладов по двум домашним заданиям) и сдаваемого экзамена по следующей шкале:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объёме 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 твёрдые и достаточно полные знания в объёме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, чётко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объёме 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, даёт неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на зачёт с оценкой не явился.

Допускается проставление экзамена на основе БРС.

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
Л1.1	Кулифеев Владимир Константинович, Тарасов Вадим Петрович, Кропачев Андрей Николаевич, Миклушевский Владимир Владимирович	Комплексное использование сырья и отходов. Переработка техногенных отходов: курс лекций	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л1.2	Ванюков А. В., Зайцев В. Я.	Теория пирометаллургических процессов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1993
Л1.3	Кулифеев Владимир Константинович, Коршунов Борис Георгиевич	Металлургия радиоактивных и редкоземельных металлов: Разд.: Вскрытие руд и концентратов урана: Курс лекций для студ. спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1980
Л1.4	Кулифеев Владимир Константинович, Медведев Александр Сергеевич	Металлургия редкоземельных и радиоактивных редких металлов и проектирование цехов: Разд.: Аффинажные и разделительные процессы в металлургии редкоземельных и радиоактивных металлов: Курс лекций для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1988
Л1.5	Кулифеев Владимир Константинович	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов и проектирование цехов: Разд.: Вскрытие концентратов тория и редкоземельных металлов. переработка продуктов вскрытия минерального сырья: Учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1984
Л1.6	Кулифеев Владимир Константинович, Тарасов Вадим Петрович, Кропачев Андрей Николаевич	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Физико-химические основы и технология получения редких, редкоземельных и радиоактивных металлов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. Metallurgia	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Коровин С. С., Зими́на Г. В., Резник А. М., др.	Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология	Электронная библиотека	, 1996
Л2.2	Коровин С. С., Дробот Д. В., Федоров П. И.	Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология	Электронная библиотека	, 1999

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Коровин С. С., Букин В. И., Федоров П. И., Резник А. М., Коровин С. С.	Редкие и рассеянные элементы: Химия и технология	Электронная библиотека	, 2003
Л2.4	Кулифеев Владимир Константинович, Леонова Людмила Михайловна, Божко Галина Геннадьевна, Кропачев Андрей Николаевич, Миклушевский Владимир Владимирович	Металлургия редких металлов: лаб. практикум для студ. вузов спец. - Metallurgy цветных металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.5	Рысс М. А.	Производство ферросплавов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1985
Л2.6	Вислогузова Валентина Владимировна, Коршунов Борис Георгиевич, Кулифеев Владимир Константинович, др., Коршунов Борис Георгиевич	Металлургия редких металлов и порошковая металлургия: Раздел: Расчет аппаратуры в технологии редких металлов: пособие для курс. и дипл. проектирования для студ. спец. 0402	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1982
Л2.7	Кулифеев Владимир Константинович, Миклушевский Владимир Владимирович, Подрезов Сергей Владимирович, Божко Галина Геннадьевна, Стрижко Владимир Семенович	Проектирование цехов редкометальной промышленности с использованием системы автоматизированного выполнения курсовых и дипломных проектов: учебно-метод. пособие для студ. спец. 110200	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2004
Л2.8	Кулифеев Владимир Константинович, Миклушевский Владимир Владимирович, Подрезов Сергей Владимирович, Кропачев Андрей Николаевич, Стрижко Владимир Семенович	Разработка строительной части при проектировании цехов редкометальной промышленности с использованием системы автоматизированного выполнения курсовых и дипломных проектов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2006
Л2.9	Кулифеев В. К., Миклушевский В. В., Ватулин И. И.	Литий	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2006
Л2.10	Ракова Н. Н., Кулифеев В. К., Коршунов Б. Г.	Металлургия редких металлов и порошковая металлургия. Разд.: Metallurgy редких металлов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1978
Л2.11	Кулифеев В. К., Кропачев А. Н.	Кальций: монография	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.12	Кропачев Андрей Николаевич, Будин О. Н., Черепов В. В., Кулифеев Владимир Константинович	Металлургия редкоземельных и радиоактивных редких металлов (N 3707): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

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

Э1	Сайт научных публикаций ScienceDirect	www.sciencedirect.com
Э2	Сайт ГК РОСАТОМ	Rosatom.ru
Э3	Сайт ТК "ТВЭЛ"	Tvel.ru
Э4	Сайт Геологической службы США	Usgs.gov.com
Э5	РИНЦ эл.библиотека	elibrary.ru

#### 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	LMS Canvas
П.6	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
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.
К-112	Аудитория для самостоятельной работы	стационарные компьютеры 10 шт., пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования: мультимедийный проектор, доска, экран проекционный; плоттер Roland Camm-1 Servo, комплект учебной мебели
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

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint и мультимедийных средств.
2. Текущий контроль знаний проводится на основе использование специальных компьютерных программ тестирования знаний навыков и умений студентов.
3. Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты используют специальные базы данных (электронные учебники) в среде МИСИС-СИТИ, а также информационные ресурсы, указанные в содержании курса.

Рекомендовано для подготовки к занятиям:

- Патрикеев Ю.Б., Михайличенко А.И. Редкоземельные металлы. - М.:Гиредмет, 1996;
- Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г., Захаров А.Н Ниобий и тантал. - М.: Metallurgy, 1990;
- Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана. - М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2006;
- 5. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, средств МИСИС-СИТИ и при личной явке.
- 6. Текущий контроль проводится в часы практических занятий.